A close-up photograph of a hand holding three fresh carrots. The carrots are orange with some dark spots, and their green tops are still attached. The background is blurred, showing more greenery.

Inovação, Gestão e Sustentabilidade na Agroindústria

ACENINI LIMA BALIEIRO (org.)
ANNY KELLY VASCONCELOS DE OLIVEIRA LIMA (org.)
AYRTON MATHEUS DA SILVA NASCIMENTO (org.)

VOL. 1

**Editora
INDV**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Inovação, gestão e sustentabilidade na
agroindústria [livro eletrônico] /
organização Acenini Lima Balieiro , Anny
Kelly de Oliveira Lima , Ayrton Matheus da
Silva Nascimento. -- 1. ed. -- Recife, PE :
Editora IIDV, 2021.

PDF

Vários colaboradores.

ISBN 978-65-88970-17-1

1. Agricultura 2. Agroindústria 3. Gestão de
negócios 4. Inovação tecnológica 5. Tecnologia I.
Balieiro, Acenini Lima. II. Lima, Anny Kelly de
Oliveira. III. Nascimento, Ayrton Matheus da
Silva.

21-75281

CDD-338.1

Índices para catálogo sistemático:

1. Agroindústria : Gestão 338.1

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

Inovação, Gestão e Sustentabilidade na Agroindústria

VOLUME 01

Recife – PE - Brasil

INSTITUTO INTERNACIONAL DESPERTANDO VOCAÇÕES

2021

**LIVRO DOS TRABALHOS PREMIADOS NO II CONGRESSO INTERNACIONAL
DA AGROINDÚSTRIA – CIAGRO 2021**

iv

TÍTULO: Inovação, Gestão e Sustentabilidade na Agroindústria

ORGANIZADORES: Acenini Lima Balieiro

Anny Kelly de Oliveira Lima

Ayrton Matheus da Silva Nascimento

VOLUME: 01

EDITOR: Ayrton Matheus da Silva Nascimento

DIAGRAMAÇÃO: Ana Beatriz Rocha de Barros David

Luana Negromonte Marinho Capiberibe

Mariana Almeida Ferreira de Lima

ISBN: 978-65-88970-17-1

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1>

EDITORA: Instituto Internacional Despertando Vocações (IIDV)

Edição Digital 2021. Direitos exclusivos reservados para todos os países. Proibida sua reprodução total ou parcial, para uso privado ou coletivo, em qualquer meio impresso ou eletrônico de acordo com as leis de Propriedade Intelectual.

Digitalizado no Brasil / Digitalizado en Brasil/ Digitized in Brazil.

PREFÁCIO

v

Em 2021, ainda em meio à crise social gerada pela pandemia causada pelo Coronavírus, que levou a população a manter um distanciamento social, o CIAGRO foi planejado, conduzido e vivenciado dentro do cenário crescente de temas que envolvem a agroindústria mundial. Com o tema norteador “Inovação Gestão e Sustentabilidade na Agroindústria” o CIAGRO 2021 contemplou o que há de mais moderno para a agroindústria na atualidade.

O Congresso Internacional da Agroindústria - CIAGRO 2021 é um evento, concebido no âmbito das atividades desenvolvidas no Programa Internacional Despertando Vocações para as Ciências Agrárias (PDVAgro) e realizado pelo Instituto Internacional Despertando Vocações (IIDV) que tem compromisso com a democratização do conhecimento e com uma educação de qualidade.

O e-book volume 1 do CIAGRO 2021, está dividido em 26 capítulos que enfatiza os diversos elos da agroindústria, evidenciando alternativas para o desenvolvimento de pesquisas, desafios e expectativas para a cadeia produtiva dos alimentos, dividindo experiências nas áreas de Inovação, Gestão e Planejamento Agroindustrial.

O CIAGRO 2021 teve como objetivo discutir os caminhos e visões referentes à aplicabilidade de toda a cadeia produtiva do alimento, no cenário nacional e internacional, e além disso trouxe a divulgação de conteúdos e resultados de pesquisas; estabelecendo trocas de experiências entre indivíduos do Brasil, de diferentes instituições, e do exterior; estimulando a geração de novas redes de cooperação multicêntricas entre a indústria e a área acadêmica e de pesquisa, contribuindo com o enriquecimento na formação de estudantes e profissionais, que atuam nos diferentes setores da agroindústria em diferentes países.

Dr^a. Anny Kelly Vasconcelos de Oliveira Lima
Presidente da organização do CIAGRO 2021
II Congresso Internacional da Agroindústria – CIAGRO

CONSELHO EDITORIAL

vi

PRESIDÊNCIA

Dr.^a **Kilma da Silva Lima Viana** – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE) | Instituto Internacional Despertando Vocações (IIDV)

CONSELHEIROS

Dr. **Airton José Vinholi Júnior** – Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS)
Dr. **Alexander Patrick Chaves de Sena** – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)
Dr.^a **Ana Patrícia Siqueira Tavares Falcão** – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)
Dr. **Arquimedes José de Araújo Paschoal** – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)
Dr. **Dewson Rocha Pereira** – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Dr. **Edísio Raimundo Silva** – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)
Dr.^a **Francisca da Rocha Barros Batista** – Instituto Federal do Piauí (IFPI)
Dr.^a **Iraneide Pereira da Silva** – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)
Dr. **Jaime Patrício Leiva Nuñez** – Universidad de Playa Ancha (UPLA)
Dr. **Jeymesson Raphael Cardoso Vieira** – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Dr. **José Ângelo Peixoto da Costa** – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)
Dr. **José Ayron Lira dos Anjos** – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Dr. **Jose Cuauhtemoc Ibarra Gamez** – Instituto Tecnológico de Sonora, Ciudad Obregón (ITSON)
Dr.^a **Lastenia Ugalde Meza** – Universidad de Playa Ancha (UPLA)
Dr.^a **Renata Cristine de Sá Pedrosa Dantas** – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)
Dr. **Roberto Gómez Fernández** – Ministério da Educação de Luxemburgo
Dr.^a **Suzana Pedroza da Silva** – Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
Dr.^a **Maria Trinidad Pacherez Velasco** – Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN)
Dr. **Thales Ramon de Queiroz Bezerra** – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)
Dr.^a **Viviane da Silva Medeiros** – Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
Coordenação Executiva
MSc. **Erick Viana da Silva** – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE) | Instituto Internacional Despertando Vocações (IIDV)

COORDENAÇÃO ADMINISTRATIVA

Esp. **Ayrton Matheus da Silva Nascimento** – Instituto Internacional Despertando Vocações (IIDV)
Esp. **Douglas Salgado da Silva** – Instituto Internacional Despertando Vocações (IIDV)

SETOR COMERCIAL/MARKETING

vii

Cynthia Alice Canuto de Oliveira – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)
Heloisa de Barros Dantas – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Kaline Soares da Silva – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)
Larissa Amanda Pereira da Silva – Instituto Internacional Despertando Vocações (IIDV)
Mariana Almeida Ferreira Lima – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)
Misael Tomaz de Araújo – Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

COORDENAÇÃO TÉCNICA EDITORIAL

Vinícius de Barros Monteiro – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)

ASSISTENTES EDITORIAIS

Anderson Soares da Silva – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)
Carlos Augusto Brandão – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Cecília Lima Siqueira – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)
Danielly Francielly dos Santos Silva – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)
Jussara Ricardo da Silva Rodrigues – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)
Karoliny Paula da Silva – Centro Universitário Guararapes (UNIFG)
Palloma Joyce de Aguiar Silva – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)

SUMÁRIO

viii

CAPÍTULO 01

EFEITOS INIBITÓRIOS DO EXTRATO AQUOSO DO CHÁ ROXO (*Camellia sinensis*)
SOBRE A α -AMILASE E A LIPASE PANCREÁTICAS

TAMIRES BARLATI VIEIRA DA SILVA; ISABELLA CRISTINA DE ANGELO DELMIRO; LETÍCIA CAMARGO HASS; ADELAR BRACHT; ROSANE MARINA PERALTA

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.1-15>

CAPÍTULO 02

MINI-REVISÃO SOBRE OS CAROTENOIDES: CONCEITOS, FONTES E ATIVIDADES BIOLÓGICAS

JULYANNE VICTÓRIA DOS SANTOS FERREIRA; JÉSSICA COSTA DA SILVA; NILSON FERNANDO BARBOSA DA SILVA; ANA LÚCIA FIGUEIREDO PORTO; VAGNE MELO OLIVEIRA

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.16-32>

CAPÍTULO 03

VEGAN PRIME: UM APLICATIVO SOBRE BROTO COMESTÍVEIS COM RECEITAS PARA O PÚBLICO VEGANO

GUILHERME NABARRO WEISER; CLAUDINÉIA APARECIDA QUELI GERALDI; GABRIEL SCHARDONG FERRÃO; RAQUEL APARECIDA LOSS; SUMAYA FERREIRA GUEDES

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.33-39>

CAPÍTULO 04

EDUCAÇÃO EM TEMPOS DE PANDEMIA: SABERES DO CURSO DE AGROINDÚSTRIA NAS REDES SOCIAIS.

JADEILMA INÁCIO DÓRIA; MILENY LIMA SANTOS; SIMONE MAZZUTTI

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.40-43>

CAPÍTULO 05

MÉTODOS NÃO CONVENCIONAIS DE OBTENÇÃO DE COMPOSTOS DE INTERESSE DA *Stevia rebaudiana* BERTONI

DJÉSSICA TATIANE RASPE; CAMILA DA SILVA; PAULA GIMENEZ MILANI; SILVIO CLAUDIO DA COSTA

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.44-62>

CAPÍTULO 06

SORO DE LEITE NA PRODUÇÃO DE PRODUTOS CÁRNEOS

VERÔNICA FREIRE QUEIROZ; ANA THAÍS CAMPOS DE OLIVEIRA; ANA PAULA FERREIRA DE ALMEIDA; KERLIANA PAULA AMORIM DE MOURA; ANTONIA LUCIVÂNIA DE SOUSA MONTE

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.63-77>

CAPÍTULO 07

FARINHA DA BANANA VERDE PARA O ENRIQUECIMENTO DE HAMBÚRGUERES: UMA REVISÃO NARRATIVA

KERLIANA PAULA AMORIM DE MOURA; ANA PAULA FERREIRA DE ALMEIDA; ANA THAÍS CAMPOS DE OLIVEIRA; VERÔNICA FREIRE QUEIROZ; ANTONIA LUCIVÂNIA DE SOUSA MONTE

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.78-91>

CAPÍTULO 08**TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO SUPERIOR: DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA O ESTUDO DA AGRONOMIA**

BRUNO ARGENTE DE SOUSA; LAILSON DA CONCEIÇÃO DE BRITO; GABRIEL SCHARDONG FERRÃO; CLAUDINÉIA APARECIDA QUELI GERALDI; SUMAYA FERREIRA GUEDES

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.92-106>

CAPÍTULO 09**DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO “NEMATOIDES APP” COM INFORMAÇÕES SOBRE NEMATOIDES MELOIDOGYNE DE GALHA EM DIFERENTES HORTALIÇAS**
VITÓRIA DE SOUSA AROUCHA; SUMAYA FERREIRA GUEDES; KETHELIN CRISTINE LAURINDO DE OLIVEIRA; GABRIEL SCHARDONG FERRÃO; RAQUEL APARECIDA LOSS

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.107-120>

CAPÍTULO 10**BIOSURFACTANT PRODUCTION FROM FOOD AND AGROINDUSTRIAL WASTE: A BRIEF REVIEW**

LUÍS ANTONIO LOURENÇO; ÉLLEN FRANCINE RODRIGUES; LISANDRO SIMÃO; AFONSO HENRIQUE DA SILVA JÚNIOR; CARLOS RAFAEL SILVA OLIVEIRA

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.121-137>

CAPÍTULO 11**POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO INDUSTRIAL DE ÓLEOS DE CAFÉ PROVENIENTES DE GRÃOS CRUS E TORRADOS**

CLARA MARIANA GONÇALVES LIMA; LUIZA ZAZINI BENEDITO; JORGE PAMPLONA PAGNOSSA; SILVANI VERRUCK; ROSEMARY GUALBERTO FONSECA ALVARENGA PEREIRA

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.138-155>

CAPÍTULO 12**AÇÃO HEPATOPROTETORA DE PLANTAS NATIVAS DO BRASIL**

JÉSSICA AMANDA ANDRADE GARCIA MANIERI; VANESA GESSER CORREA; ADELAR BRACHT; ROSANE MARINA PERALTA

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.156-175>

CAPÍTULO 13**OBTENÇÃO DE FARINHA DE SORGO (SORGHUM BICOLOR L.) PARA UTILIZAÇÃO EM RECEITAS TRADICIONAIS.**

RARIDELBA MELO OLIVEIRA DO CARMO; ALANY ANDRADE DE OLIVEIRA; ANNY KELLY VASCONCELOS DE OLIVEIRA LIMA

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.176-192>

CAPÍTULO 14**AVALIAÇÃO DO EFEITO TECNOLÓGICO DO USO DA MUCILAGEM DE CHIA (SALVIA HISPANICA) NA ELABORAÇÃO DE LINGUIÇA DO PEIXE ARMAU (PTERODORAS GRANULOSUS)**

JALISON BARRETO DOS SANTOS; LILIA CALHEIRO DE OLIVEIRA BARRETTO; POLIANE LIMA SANTOS; THATIANE SANTANA SANTOS; ACENINI LIMA BALIEIRO

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.193-212>

CAPÍTULO 15**A SACARIFICAÇÃO ENZIMÁTICA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR AUMENTA APÓS PRÉ-TRATAMENTO COM DIFERENTES LACASES**

KAMILA C. SPACKI; THAÍS MARQUES UBER; DANIELA L. PASQUARELLI; EMANUELI BACKES; ROSANE M. PERALTA

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.213-226>

CAPÍTULO 16**VALORIZAÇÃO DOS SUBPRODUTOS DE PEIXES, CRUSTÁCEOS E MOLÚSCOS: UMA BREVE REVISÃO**

VAGNE MELO OLIVEIRA; GIL BRAZ DE OLIVEIRA; KLARISSA ALBUQUERQUE LAROCERIE DA SILVA; MARIA FERNANDA DA SILVA MORAIS; ANA LÚCIA FIGUEIREDO PORTO

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.227-242>

CAPÍTULO 17**UTILIZAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS NOS ALIMENTOS: UMA REVISÃO**

CÁSSIA DUARTE OLIVEIRA; GABRIELA FONTES ALVARENGA; ANDERSON HENRIQUE VENÂNCIO; BRUNA AZEVEDO BALDUINO; MARIA DAS GRAÇAS CARDOSO

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.243-259>

CAPÍTULO 18**AVALIAÇÃO DO PROCESSAMENTO NOS COMPOSTOS FENÓLICOS E NA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE EM ALHO NEGRO (ALLIUM SATIVUM)**

DIEGO AIRES DA SILVA; JÉSSICA MOREIRA FERREIRA; BRENDA MOREIRA LIMA; LORENA BEATRIZ FIGUEIREDO VIANA; GISELLE CRISTINE MELO AIRES

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.260-275>

CAPÍTULO 19**ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE HAMBÚRGUERES DE FRANGO ADICIONADOS DE DIFERENTES FARINHAS**

KAMILA L. SANTOS; LARISSA MONIQUE DE SOUSA RODRIGUES; JAMILLY SALUSTIANO FERREIRA CONSTANTINO; DENISE DANTAS DE OLIVEIRA ALENCAR

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.276-290>

CAPÍTULO 20**QUEIJO FRESCO ARTESANAL DE LEITE DE CABRA ADICIONADO DE BETERRABA: VERIFICAÇÃO DO POTENCIAL PROBIÓTICO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA**

GABRIEL CICALSE BEVILAQUA; GRACILIANE NOBRE DA CRUZ XIMENES; NEILA MELLO DOS SANTOS CORTEZ

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.290-306>

CAPÍTULO 21**ELABORAÇÃO DE MANTEIGA SABORIZADA COM PIMENTA BODE ROXO E PIMENTA ROSA**

OSVALDO LUDUVICE NETO; ALANY ANDRADE DE OLIVEIRA; KECIELI MARTINS BRAZ DENISE RIBEIRO DE FREITAS; SIMONE MAZZUTTI

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.307-322>

CAPÍTULO 22

ELABORAÇÃO DE LINGUIÇA TOSCANA COM BAIXO TEOR DE GORDURA ANIMAL E CLORETO DE SÓDIO - UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

LARISSA MYLENA MENDES DIAS; RAIMUNDO BERNADINO FILHO

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.324-336>

CAPÍTULO 23

AGROINDÚSTRIA INTEGRADA A AVICULTURA: UMA MINI-REVISÃO FOCADA NA SUSTENTABILIDADE

FELIPE DE ALBUQUERQUE MATOS; NILSON FERNANDO BARBOSA DA SILVA; BEATRIZ DE AQUINO MARQUES DA COSTA; ANA LÚCIA FIGUEIREDO PORTO; VAGNE MELO OLIVEIRA

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.337-349>

CAPÍTULO 24

PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO EM UMA EMPRESA DE ARMAZENAGEM DE GRÃOS NO MUNICÍPIO DE AMAMBAI MATO GROSSO DO SUL- PREMIADO

DEISIVANI CAROL LIMA DOS SANTOS; ANDRÉ FELIPE QUEIROZ; LESLEY SOARES BOENO; VALÉRIA SUN HWA MAZUCATO

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.350-366>

CAPÍTULO 25

POSSIBILIDADES PROTEICAS DO PROCESSAMENTO AGROINDUSTRIAL DE PEIXES

JESSICA COSTA DA SILVA; SÉRGIO LUCAS NUNES DO NASCIMENTO; BEATRIZ DE AQUINO MARQUES DA COSTA; ANA LÚCIA FIGUEIREDO PORTO; VAGNE MELO OLIVEIRA

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.367-384>

CAPÍTULO 26

DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA PARA A PREDIÇÃO DA PRESSÃO DE VAPOR DE ESPÉCIES QUÍMICAS UTILIZADAS NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

ELYSON JOSÉ NEVES DOS SANTOS; JOÃO PEDRO FERREIRA; THAYNÁ HABECK LUCIO SILVA CAIO VELOSO SÁTIRO; THIBÉRIO PINHO COSTA SOUZA

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.385-402>

CAPÍTULO 01: EFEITOS INIBITÓRIOS DO EXTRATO AQUOSO DO CHÁ ROXO (*Camellia sinensis*) SOBRE A α -AMILASE E A LIPASE PANCREÁTICAS

CAPÍTULO 01: EFECTOS INHIBIDORES DEL EXTRACTO DE TÉ PÚRPURA (*Camellia sinensis*) ACUOSO SOBRE α -AMILASA Y LIPASA PANCREÁTICAS

CHAPTER 01: INHIBITORY EFFECTS OF AQUEOUS PURPLE TEA (*Camellia sinensis*) EXTRACT ON PANCREATIC α -AMYLASE AND LIPASE

Tamires Barlati Vieira da Silva¹; Isabella Cristina de Angelo Delmiro²; Letícia Camargo Hass³; Adelar Bracht⁴; Rosane Marina Peralta⁵.

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.1-15>

RESUMO

Um dos tratamentos mais comuns da obesidade e do diabetes envolve a prescrição de inibidores das amilases e lipases pancreáticas, que reduzem a hidrólise de triglicerídeos e carboidratos complexos com consequente redução de ácidos graxos e glicose disponíveis para absorção pelas células intestinais. Extratos de plantas são possíveis substitutos para inibidores convencionais de amilase e lipase. As folhas de chá (*Camellia sinensis*) são uma valiosa fonte de produtos metabólicos secundários, incluindo flavonóides, alcalóides, polissacarídeos entre outras. Entre esses metabólitos secundários, os flavonóides (que compreendem polifenóis, flavonas, flavanonóis e antocianinas) são micronutrientes com vários efeitos benéficos para a saúde humana, exercendo papéis protetores contra doenças cardiovasculares, doenças inflamatórias e câncer. O chá roxo é uma variedade rara de chá cultivada no Quênia. É elaborado a partir de uma nova variedade mestiça da folha do chá comum, *Camellia sinensis*, da qual derivam os chás preto, branco e verde. Esta nova variedade da planta clássica de chá foi desenvolvida apenas recentemente e é exclusiva do Quênia. Ao contrário das variedades tradicionais, até o momento, nenhum estudo foi realizado para avaliar uma provável ação inibitória do chá roxo sobre as enzimas digestivas. Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar o potencial inibitório do chá roxo sobre as enzimas amilase e lipase pancreáticas. Através dos experimentos realizados, pode-se calcular um valor de IC₅₀ (concentração do extrato de chá roxo que causou uma inibição de 50% da atividade da enzima) de 1,25 mg/mL e 0,17 mg/mL para a amilase e para a lipase, respectivamente. Os dados obtidos sugerem que o extrato de chá roxo, graças às suas atividades inibitórias sobre as enzimas digestivas possa ser um coadjuvante ou mesmo servir de base para um futuro fármaco útil no controle da obesidade e diabetes.

Palavras-chave: Chá roxo, inibição das enzimas digestivas, amilase, lipase

RESUMEN

Uno de los tratamientos más habituales para la obesidad y la diabetes consiste en la prescripción de inhibidores de la amilasa y lipasa pancreáticas, que reducen la hidrólisis de triglicéridos y carbohidratos complejos con la consiguiente reducción de ácidos grasos y glucosa disponibles para ser absorbidos por las células intestinales. Los extractos de plantas son posibles sustitutos de los inhibidores convencionales de amilasa y lipasa. Las hojas de té (*Camellia sinensis*) son una valiosa fuente de productos metabólicos secundarios, que incluyen flavonoides, alcaloides, polisacáridos, entre otros. Entre estos metabolitos secundarios, los flavonoides (que comprenden polifenoles, flavonas, flavanonoles y antocianinas) son micronutrientes con diversos efectos beneficiosos para la salud humana, que desempeñan funciones

¹Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, Universidade Estadual de Maringá, tamiresbarlati93@gmail.com

²Graduação em Engenharia de Alimentos, bolsista PIBIC, Universidade Estadual de Maringá, belladeangelo97@gmail.com

³Graduação em Engenharia de Alimentos, bolsista PIBIC, Universidade Estadual de Maringá, leticiahass98@gmail.com

⁴Departamento de Bioquímica, Universidade Estadual de Maringá, adebracht@uol.com.br

⁵Departament de Bioquímica, Universidade Estadual de Maringá, rosanemperalta@gmail.com

protectoras contra las enfermedades cardiovasculares, las enfermedades inflamatorias y el cáncer. El té púrpura es una variedad rara de té que se cultiva en Kenia. Se elabora a partir de una nueva variedad mestiza de la hoja de té común, *Camellia sinensis*, de la que se derivan los té negro, blanco y verde. Esta nueva variedad de la clásica planta de té se desarrolló recientemente y es exclusiva de Kenia. A diferencia de las variedades tradicionales, hasta la fecha, no se ha realizado ningún estudio para evaluar una probable acción inhibidora del té púrpura sobre las enzimas digestivas. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el potencial inhibidor del té púrpura sobre las enzimas amilasa y lipasa pancreáticas. A través de los experimentos realizados, se obtuvo un valor de IC_{50} (concentración de extracto de té púrpura que provocó una inhibición del 50% de la actividad enzimática) de 1,25 mg/mL y 0,17 mg/mL para amilasa y para lipasa, respectivamente. Los datos obtenidos sugieren que el extracto de té púrpura, gracias a sus actividades inhibidoras sobre las enzimas digestivas, puede ser un coadyuvante o incluso servir de base para un futuro fármaco útil en el control de la obesidad y la diabetes. **Palabras clave:** Té púrpura, inhibición de enzimas digestivas, amilasa, lipasa

ABSTRACT

One of the most common treatments for obesity and diabetes involves the prescription of inhibitors of pancreatic amylases and lipases, which reduce the hydrolysis of triglycerides and complex carbohydrates with a consequent reduction in fatty acids and glucose available for absorption by intestinal cells. Plant extracts are possible substitutes for conventional amylase and lipase inhibitors. Tea leaves (*Camellia sinensis*) are a valuable source of secondary metabolic products, including flavonoids, alkaloids, polysaccharides, among others. Among these secondary metabolites, flavonoids (which comprise polyphenols, flavones, flavanones and anthocyanins) are micronutrients with several beneficial effects on human health, playing protective roles against cardiovascular diseases, inflammatory diseases and cancer. Purple tea is a rare variety of tea grown in Kenya. It is made from a new mestizo variety of the common tea leaf, *Camellia sinensis*, from which black, white and green teas are derived. This new variety of the classic tea plant was developed only recently and is unique to Kenya. Unlike traditional varieties, to date, no study has been carried out to assess a likely inhibitory action of purple tea on digestive enzymes. Thus, the aim of this study was to evaluate the inhibitory potential of purple tea on pancreatic amylase and lipase enzymes. Through the experiments carried out, an IC_{50} value (concentration of purple tea extract that caused a 50% inhibition of the enzyme activity) of 1.25 mg/mL and 0.17 mg/mL for amylase and for lipase, respectively. The data obtained suggest that the purple tea extract, thanks to its inhibitory activities on digestive enzymes, may be an adjunct or even serve as a basis for a future drug useful in the control of obesity and diabetes.

Key words: Purple tea, inhibition of digestive enzymes, lipase, amylase.

INTRODUÇÃO

A obesidade e o diabetes são problemas de saúde pública mundial, com custos sociais incalculáveis (GAMBOA-GÓMEZ et al., 2015). Muitos medicamentos tem sido utilizados para controlar tanto a obesidade quanto o diabetes ao longo dos anos. Muitos destes medicamentos causam sérios efeitos adversos, como dor abdominal, flatulência, diarreia e diminuição da absorção de vitaminas (KANG; PARK, 2012). Por esta razão, compostos naturais têm sido explorados como potenciais ferramentas seguras no tratamento da obesidade e do diabetes. Alimentos ricos em compostos fenólicos da dieta têm atraído muito interesse devido às suas propriedades biológicas benéficas, que podem desempenhar um papel importante na manutenção da saúde humana. Diversos estudos demonstraram que extratos vegetais ricos em compostos fenólicos, como ácidos fenólicos, flavonoides e antocianinas, têm efeitos inibitórios

contra lipases e amilases e poderiam, em tese, serem utilizados para redução da absorção de lipídeos e carboidratos complexos, respectivamente (CHIOU et al., 2018).

Os chás provenientes das folhas de *Camellia sinensis* são ricos em compostos fenólicos e antioxidantes. O chá verde, obtido das folhas secas não fermentadas da planta é o mais conhecido deles, e muitos estudos associam o seu consumo a diversos benefícios à saúde como prevenção de ganho de peso corporal, controle e prevenção de diabetes, doenças cardiovasculares, câncer e outras doenças (YANG; WANG; SHERIDAN, 2018).

O chá roxo é obtido de uma nova variedade da planta *Camellia sinensis* desenvolvida no Quênia. A coloração do chá roxo é devida ao seu mais elevado teor em antocianinas, que podem estar associadas às suas múltiplas propriedades funcionais, incluindo propriedades antioxidantes, quimiopreventivas, antibacterianas, antiangiogênicas, anti-inflamatórias e anti-ateroscleróticas, podendo ainda ser utilizado como corante natural (KERIO et al., 2012). Até o momento, nenhum estudo foi realizado para avaliar uma provável ação inibitória do chá roxo sobre as enzimas digestivas o que poderia torná-lo um coadjuvante ou mesmo servir de base para um futuro fármaco útil no controle da obesidade e diabetes. Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar o potencial inibitório do chá roxo (*Camellia sinensis*) sobre as enzimas amilase e lipase pancreáticas.

REFERENCIAL TEÓRICO

Nos últimos anos a obesidade e o diabetes estão cada vez mais comuns, tornando-se desafios clínicos e de saúde pública em todo o mundo. A urbanização, sedentarismo e ingestão excedente de energia e alimentos industrializados são algumas das causas do aumento de casos (KAUR; JAYASEKERA; MOUGHAN, 2014). Um dos tratamentos mais comuns da obesidade e do diabetes envolve a prescrição de inibidores enzimáticos, que reduzam a absorção de ácidos graxos e glicose pelas células intestinais. Isso ocorre devido às enzimas digestivas amilases e lipases serem responsáveis pela hidrólise dos carboidratos complexos e lipídios da dieta (AWOSIKA; ALUKO, 2019). Alguns exemplos de fármacos utilizados nesta abordagem farmacológica são a acarbose, inibidor das amilases e orlistat, inibidor da lipase pancreática. Tais medicamentos provocam efeitos colaterais negativos como, desconforto gastrointestinal, flatulência, cólicas abdominais e diarreia (AWOSIKA; ALUKO, 2019; GUTIÉRREZ-GRIJALVA et al., 2019).

Acredita-se que diferentes moléculas encontradas em partes de plantas (folhas, frutos, cascas, etc) possam ser úteis na prevenção e no tratamento da obesidade e diabetes. Tal

possibilidade, muito explorada nos últimos anos, demonstra grande potencial para o desenvolvimento de novos fármacos seguros e eficazes (ERCAN; EL, 2016; AWOSIKA; ALUKO, 2019). Os chás são ótimas alternativas no controle da obesidade e diabetes devido à ligação de seus polifenóis e da cafeína aos lipídios e proteínas (incluindo inibições das enzimas digestivas) resultando em uma menor absorção de macronutrientes (YANG et al., 2018).

As principais enzimas envolvidas na hidrólise de carboidratos e gorduras, são: alfa-amilases e alfa-glicosidase e a lipase, respectivamente (ERCAN; EL, 2016). A alfa-amilase (EC 3.2.1.1) juntamente com a alfa-glicosidase (EC 3.2.1.20) são as principais enzimas envolvidas na hidrólise de polissacarídeos complexos. A alfa-amilase hidrolisa os polissacarídeos em oligossacarídeos e a alfa-glicosidase catalisa a etapa final da hidrólise liberando os monossacarídeos absorvíveis para entrar na corrente sanguínea (TRINH; STAERK; JÄGER, 2016). Potenciais inibidores das enzimas α -amilase e α -glucosidase podem ser usados clinicamente como agentes quimioterapêuticos para o tratamento do diabetes e da obesidade, pois os mesmos causam uma redução da absorção de glicose e impedem a elevação da glicemia pós-prandial (XU et al., 2018; HAMEED et al., 2019).

A lipase pancreática (EC 3.1.1.3) é uma enzima essencial para a digestão de gorduras alimentares no lúmen intestinal. Essa enzima é secretada pelo pâncreas e catalisa rapidamente a hidrólise do triglicerídeo (TAG) em um 2-monoglicerídeo e dois ácidos graxos livres (MUKHERJEE, 2003). Portanto, a inibição da lipase pancreática diminui os ácidos graxos livres e os monoacilgliceróis no lúmen intestinal, resultando em menor absorção dos TAG da dieta (SOSNOWSKA et al., 2015).

As folhas de chá (*Camellia sinensis*) são uma valiosa fonte de produtos metabólicos secundários, incluindo flavonóides, alcalóides, polissacarídeos entre outras. Entre esses metabólitos secundários, os flavonóides (que compreendem polifenóis, flavonas, flavanonóis e antocianinas) são micronutrientes com vários efeitos benéficos para a saúde humana, exercendo papéis protetores contra doenças cardiovasculares, doenças inflamatórias e câncer (SINGH; AKHTAR; HAQQI, 2010; NAMAL SENANAYAKE, 2013).

O chá roxo é uma variedade rara de chá cultivada no Quênia. É elaborado a partir de uma nova variedade mestiça da folha do chá comum, *Camellia sinensis*, da qual derivam os chás preto, branco e verde. Esta nova variedade da planta clássica de chá foi desenvolvida apenas recentemente e é exclusiva do Quênia. Comparado com o chá convencional, o chá roxo é rico em antocianinas que tem múltiplas propriedades funcionais, incluindo propriedades antioxidantes, quimiopreventivas, antibacterianas, antiangiogênicas, anti-inflamatórias e anti-ateroscleróticas, podendo ainda ser utilizado como corante natural (KERIO et al., 2012). Apesar

de a ação inibitória do chá verde sobre as amilases e lipases já terem sido relatadas, nenhum estudo foi realizado com o chá roxo, o que justifica este trabalho.

METODOLOGIA

A pesquisa realizada foi de natureza quantitativa experimental. Folhas do chá roxo do Quênia foram adquiridas da empresa em Justea.com, Vancouver, Canadá. Os extratos foram preparados de acordo com o protocolo descrito previamente (LOCHOCKA et al., 2015). As folhas de chá (100 g) foram moídas, fervidas em água destilada (1 L) e subsequentemente agitadas durante 15 minutos a 70 °C (repetido 3 vezes). Os extratos coletados foram filtrados, congelados, liofilizados e guardados a –20 °C. A α -amilase pancreática suína (tipo IV-B), lipase pancreática suína (tipo II), amido de batata e *p*-nitro-fenil-palmitato (substrato sintético da lipase) foram adquiridos da Sigma-Aldrich.

Para avaliação da inibição da amilase pancreática, medidas de velocidade de reação foram realizadas a 37°C em tampão fosfato 20 mM, pH 6,9 com 6.7 mM de NaCl (KATO et al., 2017). Amido de batata a diferentes concentrações foi utilizado como substrato. Experimentos foram conduzidos na ausência (controle) e na presença de duas diferentes concentrações do extrato de chá roxo. Os açúcares redutores produzidos a partir da hidrólise do amido foram quantificados pelo método do ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS), usando glicose como padrão (MILLER, 1959). O grupo aldeído do açúcar redutor converte 3,5 dinitrosalicilato em 3- amino 5-nitrosalicilato, forma reduzida do DNS. Este absorve luz em 540nm. A absorbância determinada é diretamente proporcional a quantidade de açúcar redutor.

Para avaliação da inibição da lipase pancreática, as velocidades de reação foram determinadas espectrofotometricamente a 410nm, usando *p*-nitrofenil-palmitato como substrato (OLIVEIRA et al., 2015). O substrato foi preparado em isopropanol e sonificado até completa solubilização. No momento do uso, a solução estoque foi diluída com isopropanol até a concentração de 0,5mg/mL. A lipase pancreática de porco foi solubilizada em tampão Tris-HCl (pH 8.0) na concentração de 2 mg/mL. Após a centrifugação da suspensão (2.000g, 15 min.), o sobrenadante foi usado como fonte enzimática. O meio de reação que continha 100 mM tampão Tris-HCl (pH 8.2) e diferentes concentrações de substrato *p*-nitrofenil palmitato foi incubado a 37 °C. Um volume de 0,1 mL da lipase foi adicionado e a reação foi permitida ocorrer por 10 minutos na mesma temperatura. A reação foi interrompida por fervura. Após centrifugação, a absorbância do sobrenadante, que contém o íon *p*-nitrofenolato liberado do substrato *p*-nitrofenil-palmitato, foi lida a 410 nm contra uma solução de branco contendo

enzima desnaturada. Para avaliar a inibição do extrato de chá roxo, a enzima foi previamente incubada por 10 min. com duas diferentes concentrações do extrato e em seguida, a reação foi desenvolvida como descrito para o controle.

O software *Scientist* da MicroMath Scientific Software (Salt Lake City, UT) foi usado para ajustar as equações de velocidade às velocidades iniciais experimentais através de um ajuste iterativo não-linear de mínimos quadrados. A decisão sobre o modelo cinético mais adequado (equação) foi baseada no critério de seleção modelar (MSC, *model selection criterium*) e nos desvios padrões dos parâmetros otimizados. O MSC, que corresponde ao critério de informação normalizado de Akaike, é definido como (AKAIKE, 1974):

$$MSC = \ln \left[\frac{\sum_{i=1}^n w_i (Y_{obs_i} - \bar{Y}_{obs})^2}{\sum_{i=1}^n w_i (Y_{obs_i} - Y_{cal_i})^2} \right] - \frac{2p}{n} \quad (1)$$

Y_{obs} são as velocidades experimentais de reação, $\bar{Y}_{obs}$ a velocidade de reação experimental média, Y_{cal} as velocidades de reação calculadas, w o peso de cada ponto experimental, n o número de observações, e p o número de parâmetros da equação.

No presente trabalho, o modelo com o maior valor de MSC foi considerado o mais apropriado, desde que os parâmetros estimados tenham apresentado sinal positivo. Quando os valores de MSC diferiram em menos de 5%, o modelo com os menores desvios padrões dos parâmetros estimados foi considerado como o mais apropriado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para investigar a influência da concentração do substrato na ação inibitória do extrato de chá roxo, as velocidades iniciais de reação foram medidas variando simultaneamente as concentrações do substrato e do inibidor (extrato de chá roxo). Os resultados estão mostrados na Figura 1.

Figura 1. Efeitos do extrato do chá roxo sobre as velocidades iniciais de hidrólise do amido catalisada pela α -amilase pancreática suína a diferentes concentrações de amido e do extrato de chá roxo. Cada ponto experimental é a média de três determinações. As linhas que percorrem os pontos experimentais foram calculadas usando os parâmetros otimizados obtidos pelo ajuste da equação (2) aos dados experimentais por meio de um procedimento não linear de mínimos quadrados.

Fonte: Própria (2021)

A dependência da atividade da α -amilase pancreática da concentração do substrato mostra a curva de saturação usual, conforme relatado previamente (DA SILVA et al., 2014). As duas curvas de saturação obtidas com as duas concentrações de extrato de chá roxo correm abaixo da curva-controle, denotando inibição. Foram feitas tentativas para ajustar várias equações cinéticas que descrevem a inibição não competitiva, mista ou competitiva para todo o conjunto de dados por meio de um procedimento de mínimos quadrados não linear. Com base nos critérios estatísticos delineados na seção Materiais e Métodos, a equação que deu o melhor ajuste aos dados experimentais foi a seguinte:

$$v = \frac{V_{\max} [S]}{K_M \left(1 + \frac{[I]^2}{(\bar{K}_{il})^2} \right) + [S]} \quad (2)$$

Na equação acima, K_M é a constante de Michaelis, $V_{\max}$ corresponde à velocidade máxima e $\bar{K}_{il}$ é a constante média de inibição.

A equação descreve uma inibição competitiva parabólica em que IEI é o complexo enzima-inibidor predominante (DA SILVA et al., 2014). Os valores dos parâmetros otimizados e indicadores de qualidade de ajuste são: K_M , $0,270 \pm 0,047$ g/100 mL; $V_{\max}$, $0,782 \pm 0,046$

$\mu\text{mol}/\text{min}$; $\bar{K}_{i1}$, $0,589 \pm 0,242 \text{ mg}/\text{mL}$; soma dos quadrados dos desvios, 0,0185; MSC, 3,402; correlação, 0,98. A formação dos complexos IES ou IESI não pôde ser detectada com os dados mostrados na Figura 1 porque todas as tentativas de ajustar as equações de velocidade pertinentes produziram valores tendendo ao infinito para as constantes de inibição correspondentes.

A ampla predominância do componente competitivo na inibição causada pelo extrato de chá roxo implica em que o grau de inibição deverá variar com a concentração do substrato. Isso pode ser demonstrado usando os parâmetros cinéticos otimizados para calcular os valores de IC_{50} (concentração de inibidor que causa 50% de inibição) em função da concentração de substrato (amido) por meio da equação:

$$\text{IC}_{50} = \left[(\bar{K}_{i1})^2 \left(1 + \frac{[\text{S}]}{\text{K}_M} \right) \right]^{1/2} \quad (3)$$

Os resultados desses cálculos são mostrados na Figura 2 e revelam que em altas concentrações de amido o valor de IC_{50} é $1,25 \text{ mg}/\text{mL}$, mas se aproxima do valor da constante de inibição do composto ($\bar{K}_{i1} = 0,59 \text{ mg}/\text{mL}$), quando a concentração de substrato é diminuída. Em outras palavras, o grau de inibição aumenta à medida que a concentração de substrato diminui.

Quando comparamos os valores obtidos deste estudo com o chá roxo com trabalhos já realizados com o chá verde (IC_{50} de $4,02 \text{ mg}/\text{mL}$, GAO et al., 2013), podemos notar que o chá roxo exerce um efeito inibidor maior. Alguns estudos consideram as antocianinas como potenciais inibidoras da α -amilase, além de melhorar a sensibilidade das células à insulina (GUO et al., 2008; HOMOKI et al., 2016; CHEN et al., 2019). Também já foi sugerido a existência de uma correlação significativa entre as antocianinas do chá roxo e a sua atividade antioxidante (LV et al., 2015).

Figura 2. Valores calculados de IC₅₀ do extrato de chá roxo em função da concentração do substrato (amido). Os valores de IC₅₀ foram computados através da equação (3), usando os parâmetros otimizados.

Fonte: Própria (2021)

A atividade inibidora do extrato de chá roxo sobre a lipase pancreática está ilustrada pela Figura 3. De forma análoga ao que foi feito com a α -amilase, as velocidades iniciais de reação foram medidas variando simultaneamente as concentrações do substrato (*p*-nitrofenil-palmitato) e do extrato de chá roxo. A curva de saturação da enzima para com o substrato utilizado apresentou o já relatado indício de uma inibição por substrato (ALVES CASTILHO et al., 2021). Cada uma das duas concentrações do extrato de chá roxo utilizadas comprimiu a curva de saturação, sendo que este efeito intensificou-se quando a concentração foi aumentada de 50 para 200 μ g/mL.

Para extrair das curvas de concentração parâmetros quantitativos, foram feitas tentativas de ajuste a diferentes modelos cinéticos, conforme delineado na seção de materiais e métodos. A equação que melhor descreve o conjunto de dados da Figura 3 é uma função que incluir a inibição por substrato e a formação dos complexos IEI e IESI:

$$v = \frac{V_{\max} [S]}{K_M \left(1 + \frac{[I]^2}{(K_{i1})^2} \right) + [S] \left(1 + \frac{[I]^2}{(K_{i2})^2} \right) \left(1 + \frac{[S]}{(K_{is})} \right)} \quad (4)$$

Figura 3. Efeitos do extrato do chá roxo sobre as velocidades iniciais de hidrólise do *p*-fenil palmitato catalisada pela lipase pancreática suína a diferentes concentrações do substrato. Cada ponto experimental é a média de duas determinações. As linhas que percorrem os pontos experimentais foram calculadas usando os parâmetros otimizados obtidos pelo ajuste da equação (4) aos dados experimentais por meio de um procedimento não linear de mínimos quadrados.

K_{IS} é a constante de inibição pelo substrato, $\bar{K}_{ii}$ reflete uma média das constantes de dissociação do complexo IEI e $\bar{K}_{i2}$ representa a média das constantes de dissociação do complexo IESI. A Figura 3 permite comparar as curvas experimentais (pontos experimentais) com as curvas calculadas utilizando a equação (4) e os parâmetros otimizados. Embora haja uma certa dispersão dos dados, as curvas calculadas não mostram nenhum desvio sistemático das curvas experimentais. É preciso notar que o valor de $\bar{K}_{i2}$ é bem maior do que $\bar{K}_{ii}$, o que denota que o complexo IEI forma-se mais facilmente do que o complexo IESI. O componente competitivo, portanto, é mais acentuado que o componente não-competitivo. Mas foi possível detectá-lo, ao contrário do que ocorreu com a inibição da α -amilase IESI não pôde ser detectada. Os valores dos parâmetros otimizados e indicadores de qualidade de ajuste são: K_M , $61,17 \pm 18,59 \mu M$; $V_{m\acute{a}x}$, $1,79 \pm 0,30 \mu mol/min$; $K_{IS} = 468,65 \pm 215,62$; $\bar{K}_{ii}$, $67,39 \pm 33,0 \mu g/mL$; $\bar{K}_{i2}$, $317,31 \pm 324,86 \mu g/mL$; soma dos quadrados dos desvios, 0,0512; MSC, 3,54; correlação, 0,99.

A exemplo do que foi feito com a α -amilase é de interesse verificar também para a lipase como se comporta o IC_{50} em função da concentração do substrato. A equação correspondente será mais complexa, devido ao fato de que a equação de velocidade também é mais complexa. A seguinte equação é válida:

$$IC_{50} = \left[\frac{K_M + [S] + \frac{[S]^2}{K_{IS}}}{\frac{K_M}{(\bar{K}_{i1})^2} + \frac{[S]}{(\bar{K}_{i2})^2} + \frac{[S]^2}{K_{IS}(\bar{K}_{i2})^2}} \right]^{1/2} \quad (5)$$

A equação (5) converge para a equação (3), no entanto, se não houver inibição por substrato ($K_{IS} \rightarrow \infty$) e não houver a formação do complexo IESI ($\bar{K}_{i2} \rightarrow \infty$). No gráfico da Figura 4 foram representados os valores calculados de IC_{50} em função da concentração do substrato utilizando a equação (5) e os valores otimizados dos parâmetros cinéticos. É bem nítido o fato de que o valor do IC_{50} aumenta com incrementos na concentração do substrato, o que se deve em boa parte ao fato de que o componente competitivo predomina amplamente sobre o componente não-competitivo. Note-se que quando $[S]$ tende a zero o valor do IC_{50} tende a um valor limite que corresponde ao valor de $\bar{K}_{i1}$ (67,39 $\mu\text{g/mL}$), enquanto o IC_{50} é 170 $\mu\text{g/mL}$ para concentração saturante de substrato

Figura 4. Valores calculados de IC_{50} para a inibição da lipela pelo extrato de chá roxo em função da concentração do substrato (*p*-nitrofenil-palmitato). Os valores de IC_{50} foram computados através da equação (5), usando os parâmetros otimizados.

Fonte: Própria (2021)

Agora que os dados cinéticos para a lipase e a α -amilase estão disponíveis pode-se comparar as ações inibidoras do extrato do chá roxo sobre as duas enzimas. Os componentes do chá roxo formam o complexo IEI com as duas enzimas. No caso da α -amilase, a constante

de dissociação correspondente ($\overline{K}_{i1}$) foi igual a 0,59 mg/mL enquanto que para a lipase o valor foi 0,067 mg/mL. Portanto, os inibidores do chá roxo ligam-se 8,8 vezes mais fortemente à lipase do que à α -amilase. Isto reflete-se também nos valores de IC_{50} , que são bem menores no caso da lipase em comparação com os valores encontrados para a α -amilase. A previsão que pode ser feita em relação aos possíveis efeitos dos extratos do chá roxo sobre a absorção (digestão) do amido e dos triglicerídeos, é que a ação sobre esta última deverá ser bem mais potente. Ação bem mais potente, por sua vez, significa doses menores. A diferença de 8,8 vezes na potência inibidora permite vislumbrar que seja possível inibir fortemente a absorção de gorduras com uma determinada dose a par de uma absorção pequena ou moderada da absorção do amido.

Vários estudos tem sugerido o uso de extratos naturais que possuem alto potencial para inibir a atividade da lipase pancreática, e minimizar os efeitos colaterais normalmente provocados por fármacos usuais (SEYEDAN et al., 2015; VIJAYARAJ; NAKAGAWA; YAMAKI, 2019). Quando se trata da relação dos chás provenientes da *Camellia sinensis* alguns estudos também sugerem seu potencial uso como inibidores da lipase. Os chás preto, verde e branco e seus polifenólicos já tiveram suas atividades inibidoras de lipases comparadas (HE; LV; YAO, 2007; GONDOIN et al., 2010). Em um estudo utilizando diferentes plantas mediterrâneas, os autores avaliaram a atividade inibitória da lipase pancreática *in vitro* de extratos liofilizados e correlacionaram esta inibição ao teor em antocianinas dos materiais (FABRONI et al., 2016). Mais recentemente, Castilho et al (2021), avaliaram o efeito inibitório da casca jabuticaba sobre a amilase e lipase pancreáticas. Entretanto neste estudo, os efeitos inibitórios não puderam ser correlacionados com os teores de cianidina-3-*O*-glucosídeo composto presente em maior quantidade na casca.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O extrato de chá roxo demonstrou ser inibidor das enzimas digestivas, α -amilase e lipase pancreáticas. O efeito inibidor foi muito mais potente para a lipase pancreática. Os dados obtidos sugerem que o extrato de chá roxo pode ser útil no tratamento da obesidade e da diabetes. Futuros estudos usando modelos animais e humanos são necessários para confirmar os resultados obtidos a partir desta inibição *in vitro*.

REFERÊNCIAS

AKAIKE, H. A new look at statistical model identification. *IEEE Transactions Automatic Control* v. 19, p. 716–723, 1973. AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, v. 19, n. 6, p. 716–723, dez. 1974. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/1100705/>>.

ALVES CASTILHO, P. et al. Effects of a *Myrciaria jaboticaba* peel extract on starch and triglyceride absorption and the role of cyanidin-3- O -glucoside. *Food & Function*, v. 12, n. 6, p. 2644–2659, 2021. Disponível em: <<http://xlink.rsc.org/?DOI=D0FO02927K>>.

AWOSIKA, T. O.; ALUKO, R. E. Inhibition of the in vitro activities of α -amylase, α -glucosidase and pancreatic lipase by yellow field pea (*Pisum sativum* L.) protein hydrolysates. *International Journal of Food Science & Technology*, v. 54, n. 6, p. 2021–2034, 4 jun. 2019. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ijfs.14087>>.

CHEN, X. et al. Wheat gluten protein inhibits α -amylase activity more strongly than a soy protein isolate based on kinetic analysis. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 129, p. 433–441, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.01.215>>.

CHIOU, S. et al. In vitro inhibition of lipase, α -amylase, α -glucosidase, and angiotensin-converting enzyme by defatted rice bran extracts of red-pericarp rice mutant. *Cereal Chemistry*, v. 95, n. 1, p. 167–176, 25 jan. 2018. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cche.10025>>.

DA SILVA, S. M. et al. Inhibition of salivary and pancreatic α -amylases by a pinhão coat (*Araucaria angustifolia*) extract rich in condensed tannin. *Food Research International*, v. 56, p. 1–8, fev. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2013.12.004>>.

ERCAN, P.; EL, S. N. Inhibitory effects of chickpea and *Tribulus terrestris* on lipase, α -amylase and α -glucosidase. *Food Chemistry*, v. 205, p. 163–169, ago. 2016. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814616303545>>.

FABRONI, S. et al. Screening of the anthocyanin profile and in vitro pancreatic lipase inhibition by anthocyanin-containing extracts of fruits, vegetables, legumes and cereals. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 96, n. 14, p. 4713–4723, nov. 2016. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/jsfa.7708>>.

GAMBOA-GÓMEZ, C. I. et al. Review article: PLANTS WITH POTENTIAL USE ON OBESITY AND ITS COMPLICATIONS. *EXCLI Journal*, v. 14, p. 809–831, 2015.

GAO, J. et al. Combined effects of green tea extracts, green tea polyphenols or epigallocatechin gallate with acarbose on inhibition against α -amylase and α -glucosidase in vitro. *Molecules*, v. 18, n. 9, p. 11614–11623, 2013.

GONDOIN, A. et al. White and green tea polyphenols inhibit pancreatic lipase in vitro. *Food*

Research International, v. 43, n. 5, p. 1537–1544, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2010.04.029>>.

GUO, H. et al. Cyanidin 3-glucoside protects 3T3-L1 adipocytes against H₂O₂- or TNF- α -induced insulin resistance by inhibiting c-Jun NH₂-terminal kinase activation. **Biochemical Pharmacology**, v. 75, n. 6, p. 1393–1401, mar. 2008. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0006295207007757>>.

GUTIÉRREZ-GRIJALVA, E. P. et al. Cellular antioxidant activity and in vitro inhibition of α -glucosidase, α -amylase and pancreatic lipase of oregano polyphenols under simulated gastrointestinal digestion. **Food Research International**, v. 116, n. August 2018, p. 676–686, fev. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.096>>.

HAMEED, S. et al. Synthesis of benzotriazoles derivatives and their dual potential as α -amylase and α -glucosidase inhibitors in vitro: Structure-activity relationship, molecular docking, and kinetic studies. **European Journal of Medicinal Chemistry**, v. 183, p. 111677, dez. 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0223523419308219>>.

HE, Q.; LV, Y.; YAO, K. Effects of tea polyphenols on the activities of α -amylase, pepsin, trypsin and lipase. **Food Chemistry**, v. 101, n. 3, p. 1178–1182, jan. 2007. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030881460600238X>>.

HOMOKI, J. R. et al. Anthocyanin composition, antioxidant efficiency, and α -amylase inhibitor activity of different Hungarian sour cherry varieties (*Prunus cerasus* L.). **Food Chemistry**, v. 194, p. 222–229, mar. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.07.130>>.

KANG, J. G.; PARK, C. Anti-Obesity Drugs: A Review about Their Effects and Safety. **Diabetes & Metabolism Journal**, v. 36, n. 1, p. 13, 2012. Disponível em: <<http://e-dmj.org/journal/view.php?doi=10.4093/dmj.2012.36.1.13>>.

KATO, C. G. et al. Inhibition of α -Amylases by Condensed and Hydrolysable Tannins: Focus on Kinetics and Hypoglycemic Actions. **Enzyme Research**, v. 2017, p. 1–12, 14 maio 2017. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/er/2017/5724902/>>.

KAUR, L.; JAYASEKERA, S.; MOUGHAN, P. J. Antioxidant Quality of Tea (*Camellia sinensis*) as Affected by Environmental Factors. In: **Processing and Impact on Antioxidants in Beverages**. [s.l.] Elsevier, 2014. p. 121–129.

KERIO, L. C. et al. Characterization of anthocyanins in Kenyan teas: Extraction and identification. **Food Chemistry**, v. 131, n. 1, p. 31–38, mar. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.005>>.

LOCHOCKA, K. et al. Green tea extract decreases starch digestion and absorption from a test meal in humans: a randomized, placebo-controlled crossover study. **Scientific Reports**, v. 5, n. 1, p. 12015, 30 dez. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/srep12015>>.

LV, H.-P. et al. Identification of the anthocyanins from the purple leaf coloured tea cultivar Zijuan (*Camellia sinensis* var. *assamica*) and characterization of their antioxidant activities. **Journal of Functional Foods**, v. 17, p. 449–458, ago. 2015. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2015.05.043>>.

MILLER, G. L. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426–428, mar. 1959. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ac60147a030>>.

MUKHERJEE, M. Human digestive and metabolic lipases — a brief review. **Journal of Molecular catalysis**, v. 22, p. 369–376, 2003.

NAMAL SENANAYAKE, S. P. J. Green tea extract: Chemistry, antioxidant properties and food applications – A review. **Journal of Functional Foods**, v. 5, n. 4, p. 1529–1541, out. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2013.08.011>>.

OLIVEIRA, R. et al. Inhibition of Pancreatic Lipase and Triacylglycerol Intestinal Absorption by a Pinhão Coat (*Araucaria angustifolia*) Extract Rich in Condensed Tannin. **Nutrients**, v. 7, n. 7, p. 5601–5614, 9 jul. 2015. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2072-6643/7/7/5242>>.

SEYEDAN, A. et al. Medicinal Plants and Their Inhibitory Activities against Pancreatic Lipase : A Review. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, p. 13, 2015.

SINGH, R.; AKHTAR, N.; HAQQL, T. M. Green tea polyphenol epigallocatechi3-gallate: Inflammation and arthritis. **Life Sciences**, v. 86, n. 25–26, p. 907–918, jun. 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.lfs.2010.04.013>>.

SOSNOWSKA, D. et al. Effects of Fruit Extracts on Pancreatic Lipase Activity in Lipid Emulsions. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 70, n. 3, p. 344–350, 23 set. 2015. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s11130-015-0501-x>>.

TRINH, B. T. D.; STAERK, D.; JÄGER, A. K. Screening for potential α -glucosidase and α -amylase inhibitory constituents from selected Vietnamese plants used to treat type 2 diabetes. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 186, p. 189–195, jun. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2016.03.060>>.

VIJAYARAJ, P.; NAKAGAWA, H.; YAMAKI, K. Cyanidin and cyanidin - 3 - glucoside derived from *Vigna unguiculata* act as noncompetitive inhibitors of pancreatic lipase. **Journal of food biochemistry**, n. October 2018, p. 1–10, 2019.

XU, Y. et al. Separation, characterization and inhibition on α -glucosidase, α -amylase and glycation of a polysaccharide from blackcurrant fruits. **LWT**, v. 93, n. September 2017, p. 16–23, jul. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.023>>.

YANG, C. S.; WANG, H.; SHERIDAN, Z. P. Studies on prevention of obesity, metabolic syndrome, diabetes, cardiovascular diseases and cancer by tea. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 26, n. 1, p. 1–13, jan. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jfda.2017.10.010>>.

CAPÍTULO 02: MINI-REVISÃO SOBRE OS CAROTENOIDES: CONCEITOS, FONTES E ATIVIDADES BIOLÓGICAS

CAPÍTULO 02: MINI-REVISIÓN SOBRE CAROTENOIDES: CONCEPTOS, FUENTES Y ACTIVIDADES BIOLÓGICAS

CHAPTER 02: MINI-REVIEW ON CAROTENOIDS: CONCEPTS, SOURCES AND BIOLOGICAL ACTIVITIES

Julyanne Victória dos Santos Ferreira¹; Jéssica Costa da Silva²; Nilson Fernando Barbosa da Silva³, Ana Lúcia Figueiredo Porto⁴; Vagne Melo Oliveira⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.16-32>

RESUMO

Os carotenoides são pigmentos tetraterpênicos presentes na natureza em organismos fotossintetizantes e não fotossintetizantes, sendo eles: animais, algas, microrganismos (fungos e bactérias) e vegetais. Nos alimentos, os carotenoides apresentam-se como corantes naturais, com coloração variando do amarelo ao vermelho, além de proporcionar benefícios à saúde com potencial para a ação antioxidante, anti-inflamatória, antitumoral, entre outras, contribuindo, assim, para a prevenção de doenças degenerativas e cardiovasculares. Esta mini-revisão objetivou investigar o aproveitamento dos carotenoides de origem animal e vegetal, como também de suas aplicações biológicas. Para o desenvolvimento desta mini-revisão, foi realizado um levantamento bibliográfico, utilizando plataformas eletrônicas científicas, tais como: ScienceDirect, Scielo, Elsevier, Google Scholar, Springer e PubMed (no período de 2005 a 2021), utilizando-se como descritores as seguintes palavras e frases: “carotenoides”, “carotenoides animais e vegetais”, “aplicação dos carotenoides”, “fontes de carotenoides”. Após a catalogação dos dados, foi identificado a grande visibilidade dos carotenoides no mercado comercial de produtos naturais. Os carotenoides têm sido considerados excelentes fontes naturais de compostos biológicos que podem ser adquiridos por meio da alimentação. Também, podem ser produzidos por síntese química, compostos estes que dominam o mercado global, porém aqueles obtidos a partir de fontes naturais vêm se destacando devido aos benefícios associados à saúde, estimulando a realização de investimentos para viabilizar a sua obtenção a partir de fontes residuais, tais como as provenientes da agroindústria. Agro-resíduos, como a carapaça de camarão e pele de espécies de peixes vermelhos, considerados de baixo custo, pode ser uma alternativa viável para extração de compostos bioativos, como os carotenoides, contribuindo com a melhora nos impactos econômicos e ambientais.

Palavras-Chave: Carotenoides, Hidrocarbonetos, Pigmentos, Resíduos.

RESUMEN

Los carotenoides son pigmentos tetraterpénicos presentes en la naturaleza en organismos fotosintéticos y no fotosintéticos, que son: animales, algas, microorganismos (hongos y bacterias) y vegetales. En los alimentos, los carotenoides se presentan como colorantes naturales, con color que va del amarillo al rojo, además de brindar beneficios para la salud con potencial de acción antioxidante, antiinflamatoria, antitumoral, entre otros, contribuyendo así a la prevención de enfermedades degenerativas y degenerativas. enfermedades cardiovasculares. Esta mini revisión tuvo como objetivo investigar el uso de carotenoides animales y vegetales, así como sus aplicaciones biológicas. Para el desarrollo de esta mini-revisión se realizó un relevamiento bibliográfico, utilizando plataformas científicas electrónicas, tales como: ScienceDirect, Scielo, Elsevier, Google Scholar, Springer y PubMed (en el período de 2005 a 2021), utilizando como descriptores las siguientes palabras y frases: "carotenoides", "carotenoides animales y vegetales", "aplicación de carotenoides", "fuentes de carotenoides". Luego de catalogar los

¹Graduanda em Ciência Biológicas, Universidade Federal Rural de Pernambuco, julyanne.marculino@gmail.com

²Doutoranda em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, jess.cost15@gmail.com

³Graduando em Engenharia de Pesca, Universidade Federal Rural de Pernambuco, nilsons.fernando@gmail.com

⁴Professora, Universidade Federal Rural de Pernambuco, analuporto@yahoo.com.br

⁵Professor, Universidade Federal Rural de Pernambuco, vagne_melo@hotmail.com

datos, se identificó la alta visibilidad de los carotenoides en el mercado comercial de productos naturales. Los carotenoides se han considerado excelentes fuentes naturales de compuestos biológicos que se pueden adquirir a través de los alimentos. Asimismo, pueden ser producidos por síntesis química, compuestos que dominan el mercado global, sin embargo los obtenidos de fuentes naturales se han destacado por los beneficios asociados a la salud, estimulando inversiones para posibilitar su obtención de fuentes residuales., Tales como los de la agroindustria. Los agro-residuos, como el caparazón de camarón y la piel de especies de peces rojos, considerados de bajo costo, pueden ser una alternativa viable para la extracción de compuestos bioactivos, como los carotenoides, contribuyendo a la mejora de los impactos económicos y ambientales.

Palabras Clave: Carotenoides, Hidrocarburos, Pigmentos, Desechos.

ABSTRACT

Carotenoids are tetraterpenic pigments present in nature in photosynthetic and non-photosynthetic organisms, which are: animals, algae, microorganisms (fungi and bacteria) and vegetables. In foods, carotenoids are presented as natural dyes, with color ranging from yellow to red, in addition to providing health benefits with the potential for antioxidant, anti-inflammatory, anti-tumor action, among others, thus contributing to the prevention of degenerative and cardiovascular diseases. This mini-review aimed to investigate the use of animal and vegetable carotenoid, as well as their biological applications. For the development of this mini-review, a bibliographical survey was carried out, using electronic scientific platforms, such as: ScienceDirect, Scielo, Elsevier, Google Scholar, Springer and PubMed (in the period 2005-2021), using as descriptors the following words and phrases: “carotenoids”, “animal and vegetable carotenoids”, “application of carotenoids”, “sources of carotenoids”. After cataloging the data, the high visibility of carotenoids in the commercial market for natural products was identified. Carotenoids have been considered excellent natural sources of biological compounds that can be acquired through food. Also, they can be produced by chemical synthesis, compounds that dominate the global market, however those obtained from natural sources have stood out due to the benefits associated with health, stimulating investments to make it possible to obtain them from residual sources. Such as those from agribusiness. Agro-residues, such as the shrimp shell and skin of red fish species, considered to be low cost, can be a viable alternative for the extraction of bioactive compounds, such as carotenoids, contributing to the improvement in economic and environmental impacts.

Keywords: Carotenoids, Hydrocarbons, Pigments, Waste.

INTRODUÇÃO

A agroindústria é uma fonte vasta de matéria-prima residual com real aplicação biotecnológica, tais como: enzimas, lipídios, proteínas (colágeno) e pigmentos (carotenoides), sendo obtidos através de métodos de extração por solventes orgânicos, extração de fluído supercrítico, extração assistida por ultrassom, extração assistida por micro-ondas, extração mecânica e extração de líquido pressurizado (MARTINS; FERREIRRA, 2017). A matéria-prima agro residual tem sido potencializada para atender novos nichos de mercado (alimentos mais saudáveis). A utilização dos agros resíduos é uma alternativa promissora para valorizar recursos renováveis de baixo custo e fornecer impactos econômicos e ambientais positivos (GÓMEZ; CARAVACA, 2020).

A busca por uma alimentação saudável e de qualidade tem sido um grande desafio para quem pretende chegar à terceira idade sem comorbidades. Para atender essa demanda de consumidores, uma alternativa para auxiliar a longevidade saudável, é a utilização de

compostos biológicos naturais, como os carotenoides. Os carotenoides são pigmentos tetraterpênicos que podem ser utilizados em inúmeros processos industriais, sendo as suas principais fontes: fermentação microbiana, extração vegetal, extração a partir de animais, ou ainda, por síntese química (RAM *et al.*, 2020). Os animais não podem sintetizar carotenoides de novo e, portanto, aqueles encontrados nos animais são diretamente acumulados a partir dos alimentos ou parcialmente modificados por meio de reações metabólicas, apresentando uma grande diversidade estrutural e com papéis biológicos importantes, como precursores da vitamina A, fotoprotetores, antioxidantes, intensificadores da imunidade e contribuintes para a reprodução (MAOKA, 2020), o que tem contribuído para sua valorização dentro do mercado de compostos bioativos.

O mercado global de carotenoides foi estimado em US\$ 1,5 bilhões em 2017, podendo atingir a marca de US \$ 2,0 bilhões ainda em 2020 (MC WILLIAMS, 2018). Nele, os carotenoides produzidos por síntese química representam até 90% do montante comercializado, sendo restante proveniente de fontes naturais (SAINI; KEUM, 2019). A busca por fontes naturais está pautada, principalmente, na sua capacidade biológica de atuar como promotores da saúde, precursores de vitamina A, capacidades antioxidante e anti-inflamatória (BILAL *et al.*, 2017; CENTELLA *et al.*, 2017). Dessa forma, esta mini-revisão objetivou revisar sobre os carotenoides, enfocando nos conceitos, fontes (origem animal e vegetal) e nas suas aplicações biotecnológicas.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os corantes naturais surgiram como uma alternativa aos seus homólogos sintéticos devido a um problema de saúde existente destes mais tarde. Além disso, os corantes naturais para alimentos são uma opção renovável, proporcionando benefícios à saúde e atributos tecnológicos e sensoriais interessantes para os sistemas alimentares que os contêm. Diversas fontes de corantes naturais foram exploradas com o objetivo de fornecer a ampla gama de cores exigida pelos consumidores (LUZARDO-OCAMPO *et al.*, 2017).

A cor dos alimentos geralmente está associada ao sabor, segurança e valor nutricional do produto. Corantes alimentícios sintéticos têm sido usados devido à sua alta estabilidade e baixo custo. Entretanto, a percepção e demanda do consumidor têm impulsionado a substituição de corantes sintéticos por alternativas de origem natural. As aplicações de pigmentos naturais podem ser limitadas por menor estabilidade, força tintorial mais fraca, interações com ingredientes alimentícios e incapacidade de combinar os tons desejados.

Portanto, nenhum corante derivado naturalmente pode servir como uma alternativa universal para um corante sintético específico em todas as aplicações (SIGURDSON; TANG; GIUSTI, 2017).

Os carotenoides têm apresentado excelentes vantagens em aplicações biotecnológicas, principalmente, quando adquiridos a partir de resíduos e subprodutos, o que se torna um grande desafio para as indústrias, além de oferecer excelentes oportunidades em diversas áreas de aplicação (MARTINS *et al.*, 2016), farmacêutico, nutracêutico e alimentício (BERMAN *et al.*, 2015). Em geral, os corantes artificiais apresentam menor custo e melhor estabilidade do que os naturais. No entanto, estudos relatam sua associação com alguns distúrbios de saúde. Além disso, os consumidores têm dado maior atenção aos produtos alimentícios com efeitos benéficos à saúde, o que abre uma nova perspectiva para o uso de corantes naturais (ALBUQUERQUE *et al.*, 2021). Os carotenóides isomerizam e oxidam, tendo sido os pigmentos mais estudados em termos de efeitos à saúde, envolvendo estudos epidemiológicos, de intervenção celular animal e humana (RODRIGUEZ-AMAYA, 2019).

O mercado de carotenoides é segmentado em astaxantina, betacaroteno, luteína, licopeno, cantaxantina e zeaxantina, além dos outros tipos (capsantina, urucum, alfacaroteno e apocarotenal), tendo como principal a astaxantina (SILVA *et al.*, 2020). Na indústria de alimentos, os pigmentos mais utilizados estão na escala do amarelo ao vermelho para substituir, parcialmente ou integralmente, os corantes artificiais que vem sendo utilizados em bebidas e produtos alimentícios processados, devido a sua alta estabilidade e solubilidade (LI *et al.*, 2016). Além disso, os carotenoides têm desempenhado um excelente papel na dieta humana, principalmente pelas suas ações antitumorais, antioxidantes e mutagênicas (SAINI *et al.*, 2018).

METODOLOGIA

Esta mini-revisão foi desenvolvida a partir de levantamento bibliográfico, fazendo uso de plataformas científicas, tais como: ScienceDirect (<http://www.sciencedirect.com/>), Scielo (<http://www.scielo.com/>), Elsevier (<https://www.elsevier.com/pt-br>), Google Scholar (<https://scholar.google.com.br/>), Springer (<http://www.springer.com/>) e PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>), utilizando-se descritores em inglês, a saber: “Carotenoids”, “animal and vegetable carotenoids”, “application of carotenoids”, “sources of carotenoids”, no período de 2016 a 2021, sem haver nenhuma restrição quanto ao tipo de pesquisa (artigo original, artigo de revisão, dissertação e/ou teses) e/ou análise quantitativa e/ou qualitativa, tendo os conceitos, definições e exemplos utilizados de acordo com o interesse dos autores,

tendo sido formulado os seguintes tópicos a serem elucidados: 1) conceito, estrutura e composição química dos carotenoides; 2) Carotenoides de origem vegetal; 3) Carotenoides de origem animal; e, por fim, sobre as 4) Atividades biológicas dos carotenoides.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aumento da demanda de carotenóides no mercado global tem sido cada vez mais consistente. No momento, a produção de carotenoides naturais é mais cara do que a obtenção de suas formas sintéticas, contudo, várias novas abordagens tem sido relatadas usando fontes naturais (RAPOPORT *et al.*, 2021), uma vez que os resíduos agroindustriais são um recurso natural inexplorado de compostos bioativos, incluindo carotenóides (NAGARAJAN *et al.*, 2020). Dentro desse contexto, a partir da busca científica, foram selecionados 67 trabalhos publicados entre os anos de 2005 à 2021. O quantitativo selecionado foi devido ao alto volume de produção científica sobre o respectivo tema. Os trabalhos selecionados foram conferidos e os conceitos e discussões formuladas a partir destes, como descritos adiante.

Conceito, estrutura e composição química dos carotenoides

Conceitualmente, os carotenoides são pigmentos naturais classificados como terpenóides, pertencente à classe dos tetraterpenos (DEL-MAR; GÓMEZ-CARAVACA, 2020), formados por isoprenóides (RAM *et al.*, 2020), amplamente distribuídos na natureza, sendo encontrados em vegetais, animais e microrganismos, nas cores amarelo, laranja e vermelho, sendo, portanto, capazes de absorver a luz na faixa de 400 a 500nm (HUANG *et al.*, 2017; REHMAN *et al.*, 2019). Organismos aquáticos também tem sido objeto de fonte de carotenoides, tais como: peixes, camarões, caranguejos e algumas aves como o flamingo podem sintetizar esses pigmentos a partir de uma dieta de organismos produtores e expressá-los em seu fenótipo. Vários autores descrevem a clivagem oxidativa dos carotenóides em compostos aromatizantes que ocorrem por meio de degradações químicas ou fotoquímicas ou por meio de processos biotecnológicos (LIRA *et al.*, 2017; UENOJO *et al.*, 2007).

Os carotenoides consistem basicamente em uma estrutura formada por 40 moléculas de carbono ou hidrocarboneto C_{40} (RIVERA-MADRID *et al.*, 2020), apresentando como característica duplas ligações, sendo uma cadeia conjugada e prolongada, possuindo cromatóforos em sua constituição, determinando assim a cor desses pigmentos, além de fornecer aspecto nítido para sua identificação e quantificação. Embora mais de 750 formas de

carotenoides tenham sido encontradas e isoladas de várias fontes naturais, esses pigmentos estão divididos em apenas dois grupos: carotenoides e xantófilas (BEZERRA *et al.*, 2019).

Os principais grupos são formados com base em suas estruturas: (a) carotenos ou hidrocarboneto puro, por exemplo, licopeno, α -caroteno e β -caroteno (Figura 1A); e xantófilas ou carotenoides oxigenados, por exemplo, astaxantina, luteína, neoxantina, violaxantina e zeaxantina (Figura 1B) (NGAMWONGLUMLERT; DEVAHASTIN; CHIEWCHAN, 2017).

Licopeno, β -caroteno, luteína e zeaxantina são os principais carotenoides encontrados em vegetais. O β -caroteno possui o retinol em sua estrutura sendo o retinol uma estrutura composta por um anel cetônico de β -ionona e uma cadeia de isopreno, também conhecido como vitamina A, tem bastante atuação no crescimento e desenvolvimento do sistema imune e da visão. Além disso, estudos indicam uma boa efetividade do retinol na prevenção contra o câncer e a hipovitaminose A (AMBRÓSIO *et al.*, 2006).

Figura 01: Estrutura química dos carotenos (A) e dos das xantófilas (B).

Fonte: <https://www.sigmaaldrich.com/> com adaptações.

Carotenoides de origem vegetal

Entre os mais de 750 carotenóides identificados na natureza, apenas luteína, zeaxantina, meso-zeaxantina e seus metabólitos oxidativos são seletivamente acumulados na região da mácula lútea da retina humana. Esses carotenóides da retina são chamados coletivamente de pigmento macular (MP) e são obtidos apenas por meio de fontes dietéticas, como vegetais de

folhas verdes e frutas e vegetais amarelos e laranja (ARUNKUMAR; GORUSUPUDI; BERNSTEIN, 2020).

A maioria dos genes carotenogênicos identificado em plantas (SATHASIVAM *et al.*, 2020), apresentam funções primárias (essenciais) e secundárias (especializadas) (RODRIGUEZ-CONCEPCION *et al.*, 2018), estando presentes nos tecidos verde das plantas, localizado nos cloroplastos, sendo sintetizados em plantas, algas, bactérias e algumas leveduras, desempenhando um papel fundamental durante o processo de fotossíntese, fotoproteção e produção de fitohormônios (ácido abscísico e estrigolactona) em células vegetais, fisiologicamente, os carotenoides fazem parte do foto proteção em plantas, pois atuam como necrófagos de espécies reativas de oxigênio (SATHASIVAM *et al.*, 2020).

Todavia, o interesse científico em carotenoides não ocorre somente por suas numerosas funções fisiológicas nas plantas, mas sim porque eles desempenham um papel importante como fonte natural de substâncias antioxidantes, que são capazes de se ligar a radicais livres em células animais (FIEDOR; BURDA, 2014) dentre outras funções específicas para cada tipo de carotenoide, como por exemplo Luteína e zeaxantina são conhecido por seu efeito de promoção da saúde por doenças oculares, degeneração macular relacionada à idade e catarata pois promovem a prevenção através da absorção de luz azul e o caroteno deve ter um grande potencial na prevenção cânceres de boca, faringe e laringe (ABDEL-AAL *et al.*, 2013; GOMES; 2007).

Os carotenoides de origem vegetal quando aplicado através do encapsulamento desempenham funções de aumentar a sua solubilidade e desenvolver resistência contra o estresse durante o processo de digestão (HORUZ; BELIBAĞLI, 2018). No entanto, um fator que delimita a aplicação industrial desses carotenoides sintetizados a partir de organismos de origem vegetal é a sua degradação devido ao estresse ambiental ocasionado pelo calor, baixa solubilidade da água, exposição ao oxigênio e pH desfavorável em ambiente digestivo (CHUYEN *et al.*, 2019).

Dams *et al.* (2021) analisaram um concentrado de suco de frutas, frutas silvestres, frutas e vegetais à base de alimentos inteiros com carotenóides biodisponíveis e observaram que após 8 semanas de suplementação, a concentração plasmática dos carotenóides aumentou significativamente, tendo o α -caroteno aumentou de $59,6 \pm 22,4$ nmol/L para $85,7 \pm 24,2$ nmol/L, β -criptoxantina de $106,7 \pm 39,8$ nmol/L para $151,9 \pm 57,9$ nmol/L e licopeno de $1,2 \pm 0,5$ μ mol/L a $1,7 \pm 0,5$ μ mol/L. Em seus estudos, Zhou *et al.* (2020) analisaram os carotenoides da casca e da polpa de 41 cultivos de damasco de forma qualitativa e quantitativa por UHPLC-APCI-MS/MS foram 13 carotenoides detectados, os principais componentes dos frutos do

damasco foram β -caroteno e (E/Z)-fitoeno, seguido por β -criptoxantina e luteína comprovando a grande diversidade metabólica de carotenoides em frutos de damasco. Pena *et al.* (2021) ao avaliarem o potencial antioxidante dos carotenoides da Mamey (*Pouteria sapota*) e os compararem aos carotenóides da cenoura (*Daucus carota*) por meio de testes *in vivo* (resistência ao estresse oxidativo em *Caenorhabditis elegans*), os autores encontraram teores de carotenoides em mamey e cenoura de $4,42 \pm 0,12$ e $5,47 \pm 0,04$ mg β -caroteno/100g, respectivamente. Comprovou-se ainda em seu estudo que os extratos de carotenoide mamey e cenoura diminuíram o dano oxidativo em *C. elegans* em 20-30% e 30-40%, respectivamente.

Nagarajan *et al.* (2020) extraíram carotenoides a partir de resíduos agroindustriais de bagaço de tomate via complexação hidrocoloidal induzida por água (9,43 mg de frações carotenóides/100 g de bagaço de tomate). Os frutos da pimenta malagueta têm abundantes constituintes bioquímicos e minerais de valor nutricional, sendo abundantes pimentas em compostos bioativos, como carotenóides (luteína, β -caroteno, β -criptoxantina, zeaxantina, violaxantina, capsantina e capsorubina) (VILLA-RIVERA; OCHOA-ALEJO, 2020), corroborando com essa potencialidade, Vulić *et al.* (2019) reportaram a biodisponibilidade e bioatividade de carotenóides isolados de resíduos de pimenta vermelha. Outra fonte importante desses pigmentos. Stranti *et al.* (2012) usaram para descrever a composição de carotenoides de resíduos de tomate um método de eluição de gradiente modificado de HPLC comum a coluna de fase reversa C30 para a separação e análise eficientes de carotenoides e seus isômeros *cis*, eles encontraram 7 tipos de carotenoides em resíduos de tomate, sendo o licopeno totalmente trans predominante, confirmando que os resíduos de tomate são uma excelente fonte de recuperação de carotenoides, para uso comercial.

Carotenoides de origem animal

O mercado de carotenoides de origem vegetal é mais abrangente do que o de origem animal, por um bom tempo acreditou-se que os animais eram incapazes de sintetizar carotenoides, porém através da codificação de seus genes, os animais mostraram que são capazes de produzir esses pigmentos, podendo ser encontrados em mamíferos, aves, artrópodes (RODRIGUEZ-CONCEPCION *et al.*, 2018) e organismos aquáticos, sobretudo os crustáceos, peixes e moluscos (KAUR; SHAH, 2017). No entanto, a presença de carotenoide sem animais reflete bem sua cadeia alimentar e vida ambientes (MAOKA *et al.*, 2020)

A coloração muscular de peixes, crustáceos e moluscos dá-se pelo acúmulo de carotenoides em depósitos de gordura intramuscular ou abaixo do exoesqueleto, embora os

carotenoides naturais sejam um ótimo pigmento para a aquicultura, os peixes não são capazes de sintetizar carotenoides naturalmente, fazendo com que sejam sintetizados através da sua dieta (MENG *et al.*, 2017). Estudo realizado por Liu *et al.* (2019), mostra os efeitos dos carotenoides também possuem grande influência no desempenho de crescimento, respostas imunológicas e doenças associadas a uma espécie bagre-amarelo (*Pelteobagrus fulvidraco*), sob estresse de temperatura.

Além de peixes, crustáceos tem sido alvo para a extração de pigmentos carotenoides, como os obtidos por Pattanaik *et al.* (2019) ao extraíram esse pigmento de *Peneaus monodon*, *Parapenaeopsis stylifera*, *Metapenaeus affinis* e *Nematopalemon tenuipes*. Assim, sinalizando que animais aquáticos são fontes potenciais e renováveis de compostos bioativos amplamente requeridos no mercado biotecnológico (THOMSON *et al.*, 2018).

Em um estudo 47 espécies de insetos pertencentes a Hemiptera, incluindo 16 espécies de Sternorrhyncha (pulgões e uma mosca-branca), 11 espécies de Auchenorrhyncha (cigarrinhas, cigarrinhas e cigarras) e 20 espécies de Heteroptera (percevejos, percevejos assassinos, peregrinos escorpiões aquáticos, insetos aquáticos e nadadores retrógrados), foram investigados do ponto de vista da quimio-sistemática e da ecologia química, sendo encontrados carotenoides pertencentes à via biossintética do toruleno, como β -zeacaroteno, β , ψ -caroteno e toruleno, e carotenoides com um grupo de extremidade γ , como β , γ -caroteno e γ , γ -caroteno foram identificados, além desses β -caroteno, β -criptoxantina e luteína, originários de plantas dietéticas, estavam presentes tanto em percevejos quanto em cigarrinhas. Os insetos assassinos também acumulavam carotenóides de insetos dietéticos. Traços de carotenóides foram detectados nas cigarras. Confirmando mais uma vez que Carotenóides de insetos pertencentes a Hemiptera refletem bem suas histórias de vida ecológica (MAOKA *et al.*, 2021)

Em sua pesquisa, Maoka *et al.* (2020) constataram que Xantofilas amarelas, 3'-epiluteína, luteína, zeaxantina e diatoxantina eram os principais carotenoides no Amago selvagem (*Oncorhynchus masou ishikawae* é uma espécie endêmica de salmão) segundo os autores esses carotenoides eram originados de insetos aquáticos, dos quais o Amago selvagem se alimentava. Strati *et al.* (2012) utilizaram o camarão *Penaeus kerathurus* como fonte de carotenoides (zeaxantina, trans-luteína, cantaxantina, criptoxantina, isômeros ópticos e geométricos de astaxantina) e identificaram quantidades consideráveis, sendo luteína totalmente trans e zeaxantina totalmente trans, os principais carotenoides encontrados na gema de ovo de pato e ganso, respectivamente.

Pigmentos encontrados na maioria das frutas e vegetais, plantas, algas e bactérias fotossintéticas, os carotenóides têm sido relatados como compostos com várias atividades biológicas de interesse para a saúde humana (EGGERSDORFER; WYSS, 2018), tais como propriedades antioxidantes, a inibição do crescimento de tumores malignos e a indução de apoptose. Todavia, a suplementação com carotenóides pode afetar o crescimento celular e modular a expressão gênica e as respostas imunológicas. A quimioprevenção do câncer por carotenóides dietéticos envolve vários mecanismos, incluindo efeitos na comunicação intercelular das junções de hiato, sinalização do fator de crescimento, progressão do ciclo celular; além de estimular a proliferação de linfócitos B e T, a atividade de macrófagos e células T citotóxicas, a função de células T efectoras e a produção de citocinas (MILANI *et al.*, 2017).

Os carotenóides de origem vegetal podem atuar como fotoprotetores, antioxidantes, atrativos de cor e precursores de hormônios vegetais em órgãos não fotossintéticos das plantas (MAOKA, 2020). Lima *et al.* (2019) detectaram atividade biológica de carotenoides extraídos através de fluido supercrítico a partir de vários resíduos de frutas e vegetais, incluindo polpa e cascas de batata-doce, tomate, damasco, abóbora e pêsego, bem como polpa e resíduos de pimentão verde, amarelo e vermelho. Os efeitos benéficos de vegetais e frutas ricos em carotenóides na saúde e na redução do risco de certas doenças foram atribuídos aos principais carotenóides, β -caroteno, licopeno, luteína, zeaxantina e curcumina, devido a seus efeitos antioxidantes. Acredita-se que os carotenóides atuem de maneira dependente do tempo e da dose (MILANI *et al.*, 2017).

Os carotenoides extraídos a partir de fontes de origem animal, geralmente, apresentam atividades biológicas benéficas, tanto quanto os obtidos de origem vegetal, incluindo ações antioxidantes, antiinflamatórias, antitumorais, anti-obesidade e anti-diabetes (SILVA *et al.*, 2020). Há evidências que sugerem que os carotenóides têm efeitos benéficos em modelos animais de doença hepática gordurosa não alcoólica e na doença hepática alcoólica. Mecanicamente, esses benefícios podem ocorrer por meio de três modos de ação possíveis: 1) melhora do estado antioxidante hepático amplamente atribuído aos carotenóides em geral; 2) a geração de vitamina A a partir de β -caroteno e β -criptoxantina, levando a uma sinalização retinóide hepática melhorada; e 3) a geração de metabólitos apocarotenóides a partir do β -caroteno e licopeno, que podem regular as vias de sinalização hepática (CLUGSTON, 2020).

Ainda, dentre outras atividades relatadas para carotenoides, podem ser incluídas: ativação da autofagia e inibição da apoptose em célula gástrica infectada por *Helicobacter*

pylori (LEE; LIM; KIM, 2020), inibição da disfunção mitocondrial e a expressão de interleucina-8 em células epiteliais gástricas infectadas por *Helicobacter pylori* (KIM; LIM; KIM, 2018), combate a doença do fígado gordo (LIU *et al.*, 2018), prevenção e reversão da resistência a insulina (NI *et al.*, 2015), proteção do músculo liso vascular (CHEN *et al.*, 2020), agente neuroprotetor contra a isquemia do nervo óptico (LIN *et al.*, 2020), homeostase mitocondrial do cálcio (SZTRETYE *et al.*, 2020), prevenção da osteoartrite (SUN *et al.*, 2019), antioxidante e anti-envelhecimento (EREN *et al.*, 2019), proliferação e migração de células cancerosas da mama *in vitro* (McCall *et al.*, 2018), pigmentação do leite (MEZQUITA *et al.*, 2015), tratamento da dermatite de contato (KIM *et al.*, 2015), supressão de enfisema pulmonar (KUBO *et al.*, 2019), proteção contra danos à retina (OTSUKA *et al.*, 2016), prevenção de lesão pulmonar (CAI *et al.*, 2019), além do uso como aditivos em cosméticos (TOMINAGA *et al.*, 2012).

CONCLUSÕES

O levantamento bibliográfico sinalizou a ampla abrangência de fontes de origem vegetal e animal, e de suas possíveis aplicações desde uso em alimentos, passando por aplicações nutraceuticas, biomédicas, terapêuticas e cosméticas. Com a prospecção científica realizada também foi possível constatar que o mercado vem almejando cada vez mais por fontes alternativas, principalmente as provenientes da reutilização dos resíduos descartados da agroindústria, como forma de reduzir custos e destinar esses materiais para fins mais nobres que o lixo. A tendência global do mercado de carotenoides é buscar cada vez mais por fontes naturais em detrimento das sintéticas. No concernente a esta questão, o grande desafio é a mão de obra qualificada e o custo elevado das técnicas atuais de extração e purificação, e quando necessários, de encapsulamento. Uma possibilidade viável para redução de custos é a utilização da matéria-prima residual, além de ser ecologicamente benigna e sustentáveis, com potencial para aplicações biotecnológicas equivalentes as sintéticas nos segmentos industriais mais variados (adicionados em alimentos e bebidas, como aditivos em cosméticos, para fins terapêuticos devido suas funcionalidades biológicas, entre outros).

REFERÊNCIAS

ABDEL-AAL, E.-S. M.; AKHTAR, H.; ZAHEER, K.; ALI, R. Dietary sources of lutein and zeaxanthin carotenoids and their role in eye health. **Nutrients**. v. 5, 1169–1185, 2013.

ALBUQUERQUE, B.R.; OLIVEIRA, M.; BARROS, L.; FERREIRA, I. Could fruits be a reliable source of food colorants? Pros and cons of these natural additives. **Critical reviews in food science and nutrition**, v.61, n.5, p.805–835, 2021.

AMBRÓSIO C.L.B.; CAMPOS F.A.C.S.; FARO Z.P. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. **Revista de Nutrição**, v.19, n.2, p.233-243, 2006.

ARUNKUMAR, R.; GORUSUPUDI, A.; BERNSTEIN, P.S. The macular carotenoids: A biochemical overview. **Biochimica et biophysica acta. Molecular and cell biology of lipids**, v.1865, n.11, p.158617, 2020.

BERMAN, J.; ZORRILLA-LÓPEZ, U.; FARRÉ, G.; ZHU, C.; SANDMANN, G.; TWYMAN, R. M.; CARPELL, T.; CHRISTOU, P. Nutritionally important carotenoids as consumer products. **Phytochemistry Reviews**, v. 14, n. 5, p. 727–743, 2014. doi:10.1007/s11101-014-9373-1.

BEZERRA, P. Q. M.; DE MATOS, M. F. R.; RAMOS, I. G.; MAGALHÃES-GUEDES, K. T.; DRUZIAN, J. I.; COSTA, J. A. V.; NUNES, I. L. Innovative functional nanodispersion: Combination of carotenoid from Spirulina and yellow passion fruit albedo. **Food Chemistry**, v. 285, p. 397-405, 2019.

BILAL, M.; RASHEED, T.; AHMED, I.; IQBAL, H. M.; SADA, E. High value compounds from microalgae with industrial exploitability - A review. **Front Biosci (Schol Ed)**, v. 9, p. 319-342, 2017.

CAI, X.; CHEN, Y.; XIE, X.; YAO, D.; DING, C.; CHEN, M. Astaxanthin prevents against lipopolysaccharide-induced acute lung injury and sepsis via inhibiting activation of MAPK/NF- κ B. **American journal of translational research**, v.11, n.3, p.1884–1894, 2019.

CENTELLA, M. H.; ARÉVALO-GALLEGOS, A.; PARRA-SALDIVAR, R.; IQBAL, H. M. Marine derived bioactive compounds for value added applications in bio and non bio sectors. **Journal of cleaner production**, v.168, p.1559-1565, 2017.

CHENG, S. H.; KHOO, H. E.; KONG, K. W.; PRASAD, K. N.; GALANAKIS, C. M. Extraction of carotenoids and applications. **Carotenoids: Properties, Processing and Applications**, p. 259–288, 2020.

CHEN, Y.; LI, S.; GUO, Y.; YU, H.; BAO, Y.; XIN, X.; YANG, H.; NI, X.; WU, N.; JIA, D. Astaxanthin Attenuates Hypertensive Vascular Remodeling by Protecting Vascular Smooth Muscle Cells from Oxidative Stress-Induced Mitochondrial Dysfunction. **Oxidative medicine and cellular longevity**, v.2020,4629189, 2020.

CHENG, D.; ZHANG, Y.; LIU, H.; ZHANG, H.; TAN, K.; MA, H.; LI, S.; ZHENG, H. An improving method for extracting total carotenoids in an aquatic animal Chlamys nobilis. **Food Chemistry**, v. 280, p. 45–50, 2019.

CLUGSTON, R.D. Carotenoids and fatty liver disease: Current knowledge and research gaps. **Biochimica et biophysica acta. Molecular and cell biology of lipids**, v.1865, n.11, 158597, 2020.

DAMS, S.; HOLASEK, S.; TSIOUNTSIOURA, M.; MALLIGA, D.E.; MEIER-ALLARD, N.; PONCZA, B.; LACKNER, S.; JANSENBERGER, Y.; LAMPRECHT, M. An encapsulated fruit, vegetable and berry juice powder concentrate increases plasma values of specific carotenoids and vitamins. *International journal for vitamin and nutrition research. Internationale Zeitschrift für Vitamin- und Ernährungsforschung. Journal international de vitaminologie et de nutrition*, v.91, n.1-2, p.77–86, 2021.

DEL MAR CONTRERAS-GÁMEZ, M., & GÓMEZ-CARAVACA, A. M. Underutilized sources of carotenoids. **Carotenoids: Properties, Processing and Applications**, p. 107–147, 2020.

EGGERSDORFER, M.; WYSS, A. Carotenoids in human nutrition and health. **Archives of biochemistry and biophysics**, v.652, p.18–26, 2018.

ELVIRA-TORALES, L. I.; GARCIA-ALONSON, J.; PERIAGO-CASTÓN, M. J. Nutritional Importance of Carotenoids and Their effect on Liver Health: A Review. **Antioxidants**, v. 8, n. 7, 229, 2019.

EREN, B.; TUNCAY TANRIVERDI, S.; AYDIN KÖSE, F.; ÖZER, Ö. Antioxidant properties evaluation of topical astaxanthin formulations as anti-aging products. **Journal of cosmetic dermatology**, v.18, n.1, p.242–250, 2019.

FIEDOR, J.; BURDA, K. Potential role of carotenoids as antioxidants in human health and disease. **Nutrients**, v. 6, p. 466–488, 2014.

GOMES, F. S. Carotenóides: uma possível proteção contra o desenvolvimento de câncer. **Rev.Nutrição**. v, 20, n.5, p. 1-4, 2007.

HORUZ, T. İ.; BELİBAĞLI, K. B. Nanoencapsulation by electrospinning to improve stability and water solubility of carotenoids extracted from tomato peels. **Food chemistry**, v. 268, p. 86–93, 2018.

HUANG, J. J.; LIN, S.; XU, W.; CHEUNG, P. C. K. Occurrence and biosynthesis of carotenoids in phytoplankton. **Biotechnology advances**, v. 35, n. 5, p. 597–618, 2017.

KIM, H.; AHN, Y.T.; LEE, G.S.; CHO, S.I.; KIM, J.M.; LEE, C.; LIM, B.K.; JU, S.A.; AN, W.G. Effects of astaxanthin on dinitrofluorobenzene-induced contact dermatitis in mice. **Molecular medicine reports**, v.12, n.3, p.3632–3638, 2015.

KHALID, M.; BILAL, M.; IQBAL, H. M.; HUANG, D. Biosynthesis and biomedical perspectives of carotenoids with special reference to human health related applications. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, 2018.

KUBO, H.; ASAI, K.; KOJIMA, K.; SUGITANI, A.; KYOMOTO, Y.; OKAMOTO, A.; YAMADA, K.; IJIRI, N.; WATANABE, T.; HIRATA, K.; KAWAGUCHI, T. Astaxanthin Suppresses Cigarette Smoke-Induced Emphysema through Nrf2 Activation in Mice. **Marine drugs**, v.17, n.12, 2019.

LEE, H.; LIM, J.W.; KIM, H. Effect of Astaxanthin on Activation of Autophagy and Inhibition of Apoptosis in *Helicobacter pylori*-Infected Gastric Epithelial Cell Line AGS. **Nutrients**, v.12, n.6, p.1750, 2020.

LI, M.; ZAH, M.R.; YUAN, Q.; TIAN, F.; LIANG, H. Preparation and stability of astaxanthin solid lipid nanoparticles based on stearic acid. **European Journal of Lipid Science and Technology**, n. 118, p. 592–602, 2016.

LIMA, M.A.; KESTEKOGLOU, I.; CHARALAMPOPOULOS, D.; CHATZIFRAGKOU, A. Supercritical Fluid Extraction of Carotenoids from Vegetable Waste Matrices. **Molecules (Basel, Switzerland)**, v.24, n.3, 466, 2019.

LIN, W.N.; KAPUPARA, K.; WEN, Y.T.; CHEN, Y.H.; PAN, I.H.; TSAI, R.K. Haematococcus pluvialis-derived astaxanthin is a potential neuroprotective agent against optic nerve ischemia. **Marine drugs**, v.18, n.2, 2020.

LIRA, G.M.; LOPEZ, A.M.Q.; FIRMINO, G.O.; SANTOS, S.D.; BEZERRA, R.S. Total carotenoids and antioxidant activity of fillets and shells (in natura or cooked) of “Vila Franca” shrimp (*Litopenaeus Schmitti*) in different intervals of storage under freezing. **Ciência e Agrotecnologia**, v.41, n.1, p.94-103, 2017.

LIU, F.; QU, Y. K.; WANG, A. M.; YU, Y. B.; YANG, W. P.; LV, F.; NIE, Q. Effects of carotenoids on the growth performance, biochemical parameters, immune responses and disease resistance of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) under high-temperature stress. **Aquaculture**, n. 503, p. 293-303, 2019.

LIU, H.; LIU, M.; FU, X.; ZHANG, Z.; ZHU, L.; ZHENG, X.; LIU, J. Astaxanthin Prevents Alcoholic Fatty Liver Disease by Modulating Mouse Gut Microbiota. **Nutrients**, v.10, n.9, 1298, 2018.

LUZARDO-OCAMPO, I.; RAMÍREZ-JIMÉNEZ, A.K.; YAÑEZ, J.; MOJICA, L.; LUNA-VITAL, D.A. Technological Applications of Natural Colorants in Food Systems: A Review. **Foods (Basel, Switzerland)**, v.10, n.3, 634, 2021.

MAOKA, T. Carotenoids as natural functional pigments. **Journal of natural medicines**, v.74, n.1, p.1–16, 2020.

MAOKA, T.; NAKAMURA, S.; HARA, H. Carotenoids of land-locked and sea-run types of masu salmon *Oncorhynchus masou ishikawae* inhabiting in the Nagara River, Japan, from the perspective of chemical ecological study. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 93, 104181, 2020.

MAOKA, T.; KAWASE, N.; HIRONAKA, M.; NISHIDA, R. Carotenoids of hemipteran insects, from the perspective of chemo-systematic and chemical ecological studies. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 95, 104241, 2021.

MARTINS, N.; RORIZ, C. L.; MORALES, P.; BARROS, L.; FERREIRA, I. C. F. R. Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices. Trends in **Food Science & Technology**, v. 52, p. 1-15, 2016.

MARTINS, N.; FERREIRA, I. C. F. R. Wastes and by-products: Upcoming sources of carotenoids for biotechnological purposes and health-related applications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 62, p. 33–48, 2017.

MCCALL, B.; MCPARTLAND, C.K.; MOORE, R.; FRANK-KAMENETSKII, A.; BOOTH, B.W. Effects of Astaxanthin on the Proliferation and Migration of Breast Cancer Cells In Vitro. **Antioxidants**, v.7, n.10, 2018.

MC WILLIAMS, A. The global market for carotenoids. **BBC Research**: Wellesley, MA, USA, 2018. Market Research Report. Carotenoids Market by Type (Astaxanthin, Beta-Carotene, Canthaxanthin, Lutein, Lycopene, & Zeaxanthin), Source (Synthetic and Natural), Application (Supplements, Food, Feed, and Cosmetics), & by Region - Global Trends & Forecasts to 2021. (2016)

<<https://www.marketsandmarkets.com/MarketReports/carotenoidmarket158421566.html/>>

MENG, Z.; ZHANG, B.; LIU, B.; LI, H.; FAN, S.; YU, D. HIGH. Carotenoids content can enhance resistance of selected *Pinctada fucata* families to high temperature stress. **Fish & Shellfish Immunology**, n. 61, p. 211–218, 2017.

MEZQUITA, P.C.; HUERTA, B.E.; RAMÍREZ, J.C.; HINOJOSA, C.P. Milks pigmentation with astaxanthin and determination of colour stability during short period cold storage. **Journal of Food Science and Technology**, v.52, n.3, p.1634–1641, 2015.

MILANI, A.; BASIRNEJAD, M.; SHAHBAZI, S.; BOLHASSANI, A. Carotenoids: biochemistry, pharmacology and treatment. **British journal of pharmacology**, v.17, n.11, p.1290–1324, 2017.

NAGARAJAN, J.; PUI KAY, H.; KRISHNAMURTHY, N.P.; RAMAKRISHNAN, N.R.; ALDAWOU, T.; GALANAKIS, C.M.; WEI, O.C. Extraction of Carotenoids from Tomato Pomace via Water-Induced Hydrocolloidal Complexation. **Biomolecules**, v.10, n.7, p.1019, 2020.

NGAMWONGLUMLERT, L.; DEVAHASTIN, S.; CHIEWCHAN, N. Natural colorants: Pigment stability and extraction yield enhancement via utilization of appropriate pretreatment and extraction methods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, p. 3243-3259, 2017.

NI, Y.; NAGASHIMADA, M.; ZHUGE, F.; ZHAN, L.; NAGATA, N.; TSUTSUI, A.; NAKANUMA, Y.; KANEKO, S.; OTA, T. Astaxanthin prevents and reverses diet-induced insulin resistance and steatohepatitis in mice: A comparison with vitamin E. **Scientific reports**, v.5,17192, 2015.

OLMEDILLA-ALONSO, B.; PALOU, A.; RIBOT, J.; RODRIGO, M. J.; ZACARIAS, L.; ZHU, C. A global perspective on carotenoids: Metabolism, biotechnology, and benefits for nutrition and health. **Progress in Lipid Research**, n. 70, p. 62–93, 2018.

OTSUKA, T.; SHIMAZAWA, M.; INOUE, Y.; NAKANO, Y.; OJINO, K.; IZAWA, H.; TSURUMA, K.; ISHIBASHI, T.; HARA, H. Astaxanthin Protects Against Retinal Damage:

Evidence from In Vivo and In Vitro Retinal Ischemia and Reperfusion Models. **Current eye research**, v.41, n.11, p.1465–1472, 2016.

PATTANAIK, S. S.; SAWANT, P. B.; XAVIER, K. A. M.; DUBE, K.; SRIVASTAVA, P. P.; DHANABALAN, V.; CHADHA, N. K. Characterization of carotenoprotein from different shrimp shell waste for possible use as supplementary nutritive feed ingredient in animal diets. **Aquaculture**, p.1-27, 734594, 2019.

PENA, M. A. G.; RAMÍREZ, J. D. L.; REGULES, E. O. Carotenoids from mamey (*Pouteria sapota*) and carrot (*Daucus carota*) increase the oxidative stress resistance of *Caenorhabditis elegans*. **Biochemistry and Biophysics Reports**, v.26, 100969, 2021.

RAM, S.; MITRA, M.; SHAH, F.; TIRKEY, S. R.; MISHA, S. Bacteria as an alternate biofactory for carotenoid production: A review of its applications, opportunities and challenges. **Journal of Functional Foods**, v.67, 103867, 2020.

RAPOPORT, A.; GUZHOVA, I.; BERNETTI, L.; BUZZINI, P.; KIELISZEK, M.; KOT, A.M. Carotenoids and Some Other Pigments from Fungi and Yeasts. **Metabolites**, v.11, n.2, p.92, 2021.

REHMAN, A.; TONG, Q.; JAFARI, S. M.; ASSADPOUR, E.; SHEHZAD, Q.; AADIL, R. M.; IQBAL, M. W.; RASHED, M. M. A.; MUSHTAQ, B. S.; ASHRAF, W. Carotenoid-loaded nanocarriers: A comprehensive review. **Advances in Colloid and Interface Science**, 2019. 102048.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Update on natural food pigments - A mini-review on carotenoids, anthocyanins, and betalains. **Food research international** (Ottawa, Ont.), v.124, p.200–205, 2019.

RODRIGUEZ-CONCEPCION, M.; AVALOS, J.; BONET, M. L.; BORONAT, A.; GOMEZ-GOMEZ, L.; HORNERO-MENDEZ, D.; LIMON M. C.; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; ROJAS-GARBANZO, C.; GLEICHENHAGEN, M.; HELLER, A.; ESQUIVEL, P.; SCHULZE-KAYSERS, N.; SCHIEBER, A. Carotenoid profile, antioxidant capacity, and chromoplasts of pink guava (*Psidium guajava* L. Cv. 'Criolla') during fruit ripening. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 65, n. 18, p. 3737–3747, 2017.

SATHASIVAM, R.; RADHAKRISHNAN, R.; KIM, J. K.; PARK, S. U. An update on biosynthesis and regulation of carotenoids in plants. **South African Journal of Botany**, v. 7, n. 30, p. 1-13, 2020.

SAINI, R. K.; KEUM, Y. S. Microbial platforms to produce commercially vital carotenoids at industrial scale: An updated review of critical issues. **Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology**, v. 46, n. 5, p. 657–674, 2018.

SIGURDSON, G.T.; TANG, P.; GIUSTI, M.M. Natural Colorants: Food Colorants from Natural Sources. **Annual review of food science and technology**, v.8, p.261–280, 2017.

SILVA, N. F. B.; FERREIRA, J. V. S. F.; COSTA, B. A. M.; PORTO, A. L F.; OLIVEIRA, V. M. Carotenoides e suas bioatividades: Uma mini-revisão focada nas fontes aquáticas. In: I

STRATI, I. F.; SINANOGLU, V. J.; KORA, L.; MINIADIS-MEIMAROGLOU, S.; OREOPOULOU, V. Carotenoids from Foods of Plant, Animal and Marine Origin: An Efficient HPLC-DAD Separation Method. **Jornal foods**, v. 1, p. 52-65, 2012.

SZTRETYYE, M.; SINGLÁR, Z.; SZABÓ, L.; ANGYAL, Á.; BALOGH, N.; VAKILZADEH, F.; SZENTESI, P.; DIENES, B.; CSERNOCH, L. Improved Tetanic Force and Mitochondrial Calcium Homeostasis by Astaxanthin Treatment in Mouse Skeletal Muscle. **Antioxidants** (Basel, Switzerland), v.9, n.2, 2020.

TOMINAGA, K.; HONGO, N.; KARATO, M.; YAMASHITA, E. Cosmetic benefits of astaxanthin on humans subjects. **Acta biochimica Polonica**, v.59, n.1, p.43–47, 2012.

UENOJO, M.; JÚNIOR, M. R. M.; PASTORE, G. M. Carotenóides: propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma. **Química Nova**, v. 30, p. 616-622, 2007

VILLA-RIVERA, M.G.; OCHOA-ALEJO, N. Chili Pepper Carotenoids: Nutraceutical Properties and Mechanisms of Action. **Molecules (Basel, Switzerland)**, v.25, n.23, p.5573, 2020.

VULIĆ, J.; ŠEREGELJ, V.; KALUŠEVIĆ, A.; LEVIĆ, S.; NEDOVIĆ, V.; TUMBAS ŠAPONJAC, V.; ČANADANOVIĆ-BRUNET, J.; ČETKOVIĆ, G. Bioavailability and Bioactivity of Encapsulated Phenolics and Carotenoids Isolated from Red Pepper Waste. **Molecules (Basel, Switzerland)**, v.24, n.15, p.2837, 2019.

YEŞILAYER, N.; MUTLU, G.; YILDIRIM, A. Effect of nettle (*Urtica* spp.), marigold (*Tagetes erecta*), alfalfa (*Medicago sativa*) extracts and synthetic xanthophyll (*zeaxanthin*) carotenoid supplementations into diets on skin pigmentation and growth parameters of electric yellow cichlid (*Labidochromis caeruleus*). **Aquaculture**, 734964, 2020.

ZHOU, W.; NIU, Y.; DING, X.; ZHAO, S.; LI, Y.; FAN, G.; ZHANG, S.; LIAOA, K. Analysis of carotenoid content and diversity in apricots (*Prunus armeniaca* L.) grown in China. **FoodChemistry**, v. 330, 127223, 2020.

CAPÍTULO 03: VEGAN PRIME: UM APLICATIVO SOBRE BROTO COMESTÍVEIS COM RECEITAS PARA O PÚBLICO VEGANO

CAPÍTULO 03: VEGAN PRIME: UNA APLICACIÓN SOBRE HERMANOS COMESTIBLES CON RECETAS PARA EL PÚBLICO VEGANO

CHAPTER 03: VEGAN PRIME: AN APPLICATION ON EDIBLE BROTHERS WITH RECIPES FOR THE VEGAN PUBLIC

Guilherme Nabarro Weiser¹; Claudinéia Aparecida Queli Geraldi²; Gabriel Schardong Ferrão³; Raquel Aparecida Loss⁴; Sumaya Ferreira Guedes⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.33-39>

INTRODUÇÃO

A população tem aumentado a procura por produtos naturais e nutritivos e com menor índice de produtos industrializados. O aumento desta demanda por uma alimentação saudável pode contribuir para um novo meio de produção de brotos no cenário brasileiro atual (G1 MOGI DAS CRUZES E SUZANO, 2020).

Além disso, tem aumentado o número de pessoas que aderem a dieta vegana, com a procura de alimentos saudáveis sem origem animal. Portanto, uma dieta vegana é aquela que exclui toda e qualquer forma de alimentação de origem animal e seus derivados (MENALPUEY, MARTÍNEZ-BIARGE e MARQUES-LOPES, 2018). Uma população que também pode ser considerada um potencial público para o consumo de brotos e seus derivados são os vegetarianos. No ano de 2018, uma pesquisa do Ibope apontou que cerca de 14% dos brasileiros se declaram vegetarianos, o que corresponde a 29,2 milhões de vegetarianos (CHAVES, 2018).

Diante do aumento procura de alimentos minimamente processados, orgânicos e alimentos que de origem exclusivamente vegetal, e tendo em vista o aumento da população de veganos, vegetarianos e ovolactovegetarianos, é fundamental a busca por fontes nutricionais diversificadas, como é o caso de brotos comestíveis. Portanto, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um aplicativo para aparelho móvel voltado ao público vegano com receitas utilizando brotos comestíveis.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

¹ Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, weiserguilherme@gmail.com

² Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, claugeraldi.onda.com.br

³ Ciência da Computação, Universidade do Estado de Mato Grosso gabrielferrao@unemat.br

⁴ Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, sumayaguedes@unemat.br

⁵ Doutorado, Universidade do Estado de Mato Grosso, raquelloss@unemat.br

O veganismo é um estilo de vida onde as pessoas não consomem qualquer tipo de produto de origem animal e seus derivados, como produtos, cosméticos, vestimenta, atividades de lazer que incluam o uso de animais e nem abdicam de artigos que em meio a sua linha de produção tiveram animais para teste. Portanto, é bom salientar que o veganismo não adere nada que envolva exploração e sofrimento, independente da área (TEICHGRÄF E CAÑETE, 2020).

O estilo de vida dos vegetarianos inclui basicamente uma dieta que reclus tudo que é de origem animal da alimentação, desse modo não aderindo ao seu dia a dia o consumo de carnes, ovos, leite ou mel. Desta maneira, é de extrema importância ressaltar que o vegetarianismo é referido a uma dieta sem carne. Já o ovolactovegetarianismo é subdividido em ovovegetarianismo e lactovegetarianismo, sendo que o ovovegetarianismo dentro da sua dieta o único produto de origem animal que consomem é os ovos, e os lactovegetarianismo que dentro da sua dieta o único produto de origem animal que consomem é o leite. Com isso, constata-se que o ovolactovegetarianismo é um ponto de partida para as demais dietas como o veganismo e os vegetarianos (ARAVENA et al, 2020).

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizado inicialmente uma pesquisa teórica sobre brotos comestíveis e receitas que poderiam ser adaptadas com a inclusão dos brotos destinado ao público vegano. Na sequência, foi esquematizado o formato que as telas serão apresentadas para programação no programa AppInventor devido a simplicidade no processo de programação para iniciantes. O aplicativo está em fase de protótipo mas se mostra com potencial para atender um público de veganos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse tópico será descrito sobre as seções, subseções e descrições que formará o aplicativo.

Tela Inicial

Ao abrir o aplicativo, na tela inicial ou tela de abertura é apresentado rapidamente a marca do Programa Uniciências, um programa de extensão institucionalizado pela Universidade do Estado de Mato Grosso. A Figura 1 apresenta o logo do programa UniCiências

que aparecerá para o usuário.

Figura 1: Logo das telas de aberturas

Fonte: Própria (2019).

Após a abertura do aplicativo, o usuário será direcionado para uma tela Menu. Nessa tela conterá as seções do aplicativo, sendo dividida em quatro opções 1) O que são brotos comestíveis?; 2) Vantagens no consumo de brotos comestíveis; 3) Como cultivar brotos em casa e; 4) Receitas veganas com brotos comestíveis.

Seção “O que são brotos comestíveis?”

Nessa Seção será apresentada informação sobre a definição do que são os brotos comestíveis. As informações dessa parte estão fundamentadas nos autores Le et al., (2020) e Zanzini (2020).

Dessa forma, será apresentado o texto abaixo em formato de balões de conversa com o avatar da turminha do Uniciências.

- **Subseção 1:** Você sabe o que são brotos?
- **Subseção 2:** Quando uma semente é germinada em contato com ar, água e calor
- **Subseção 3:** Possui caule e folhas, mas os cotilédones ainda se encontram subdesenvolvidos e as folhas verdadeiras ainda não expandiram
- **Subseção 4:** e possuem comprimento de dois a sete centímetros, chamamos de brotos.
- **Subseção 5:** Os brotos são diferentes dos *microgreens*, que são plântulas jovens e frescas, que são colhidos para consumo entre 7 e 21 dias após a germinação.

Seção “Vantagens no consumo de brotos comestíveis”

Nessa seção será apresentada informação sobre o valor nutricional dos brotos comestíveis. As informações dessa parte estão fundamentadas nos autores Le et al., (2020) e Zanzini (2020).

Dessa forma, será apresentado o texto abaixo em formato de balões de conversa com o avatar da turminha do Uniciências.

- **Subseção 1:** Os brotos em geral são altamente nutritivos, totalmente naturais, utilizam

apenas as reservas nutricionais armazenado na semente.

- **Subseção 2:** Os brotos possuem diversas fontes de vitaminas, minerais ácidos, aminoácidos e enzimas.
- **Subseção 3:** Isso faz com que pessoas que não possui alimentação de carnes no seu dia-a-dia consigam suprir eventuais deficiências nutricionais.

No final, será apresentado sobre a importância do consumo dos nutrientes e de alimentação balanceada. Nesse momento, será dado destaque para os brotos de feijão, milho e agrião.

Seção “Como cultivar brotos em casa”

Nessa Seção será apresentada informação sobre como cultivar brotos em casa. As informações dessa parte estão fundamentadas nos autores Le et al., (2020) e Zanzini (2020). Dessa forma, será apresentado o texto abaixo em formato de balões de conversa com o avatar da turminha do Uniciências.

- **Subseção 1:** Deve-se analisar a semente se ela possui algum tipo de rachadura ou se ela acaba boiando na água. Isso indicará que a semente não possui um nível adequado de germinação, desse modo se tornando descartável para essa prática.
- **Subseção 2:** Deve-se deixar as sementes de molho em um pote, com água suficiente para cobrir as sementes, em temperatura ambiente por volta de seis a doze horas e tampado com um pano ou uma tela fina, para que possa drenar a água do pote sem machucar as sementes.
- **Subseção 3:** Drene a água por completo do pote sem remover as sementes de dentro e lave as sementes pelo menos duas vezes ao dia, para que possa manter as sementes úmidas e sem mau odor.
- **Subseção 4:** Mantenha o ambiente sempre úmido, assim tornando o meio apropriado para a germinação. É muito importante manter uma temperatura equilibrada de 10 a 21 graus para que incentive o desenvolvimento dos brotos.
- **Subseção 5:** Assim que alcançar de 7cm a 10cm, já pode ser realizado o consumo, porém é necessário lavar bem os brotos em água corrente antes do consumo.
- **Subseção 6:** Os brotos podem ser consumidos em saladas, sanduiches, sopas e até mesmo refogado.
- **Subseção 7:** É importante ressaltar que os brotos armazenados em geladeira dura em torno de cinco dias dependendo da variedade cultivada, a partir do momento que estejam

pegajosos e com mal cheiro não é recomendado o consumo.

Seção “Receitas veganas com brotos comestíveis”

Nessa Seção será apresentada informação com algumas receitas para produção de brotos em casa.

Dessa forma, será apresentado o texto abaixo em formato de balões de conversa com o avatar da turminha do Uniciências.

Subseção 1: Vamos para a primeira Receita. **Subseção 1.1:** Ingredientes: Separe aproximadamente 250 gramas de brotos; 1/4 de xícara de chá de cebolinha cortada em pedaços pequenos (3 cm aproximado); 1/2 de colher de sopa de óleo vegetal de preferência; 1 colher e meia de sopa de molho de soja; 1 colher de sopa de molho barbecue; 1 colher e meia de sopa de água filtrada de preferência. **Subseção 1.2:** Modo de preparo: 1º passo: Em um copo adicione o molho de soja, água, molho barbecue e misture (reserve). 2º passo: aqueça o óleo em uma frigideira de preferência, vamos juntar os brotos e a cebolinha já cortada e deixa dar uma refogada em fogo médio por uns 5 minutos mais ou menos. 3º passo: adiciona o molho já preparado na frigideira e deixa cozinhar aproximadamente por 5 a 8 minutos, até que os brotos estiverem macios. 4º passo: agora é só servir como complemento.

Subseção 2: Vamos para a segunda Receita. **Subseção 2.1:** Ingredientes: Separe aproximadamente 250 gramas de brotos; 1/4 de xícara de chá de cebolinha cortada em pedaços pequenos (3 cm aproximado); 1/2 de colher de sopa de óleo vegetal de preferência; 1 colher e meia de sopa de molho de soja; 1 colher de sopa de molho barbecue; 1 colher e meia de sopa de água filtrada de preferência. **Subseção 2.2:** Modo de preparo: 1º passo: Em um copo adicione o molho de soja, água, molho barbecue e misture (reserve). 2º passo: aqueça o óleo em uma frigideira de preferência, vamos juntar os brotos e a cebolinha já cortada e deixa dar uma refogada em fogo médio por uns 5 minutos mais ou menos. 3º passo: adiciona o molho já preparado na frigideira e deixa cozinhar aproximadamente por 5 a 8 minutos, até que os brotos estiverem macios. 4º passo: agora é só servir como complemento.

Subseção 3: Vamos para a terceira Receita. **Subseção 3.1:** Ingredientes: Separe aproximadamente 250 gramas de brotos; 1/2 de cebola média picada e 1/2 de xícara de café de shoyu. **Subseção 3.2:** Modo de preparo: 1º passo: ferver 1 litro de água e jogar sobre os brotos e deixar escorrer completamente; 2º passo; em uma panela fritar a cebola até começar a dourar; 3º passo: acrescentar os brotos e deixar ele até começar a amolecer; 4º passo: acrescentar o café shoyu e deixar por mais quatro minutos; 5º passo: Depois de pronto se quiser adicionar uma cebolinha por cima fica a critério de cada um.

Subseção 4: Vamos para a quarta Receita. **Subseção 4.1:** Ingredientes: 250 gramas de broto; 1 dente de alho; 1 cebolinha; uma colher de sopa de chá de molho de peixe; 1/2 de colher de sal; 1/2 de colher de óleo de gergelim; 1/2 de colher de semente de gergelim. **Subseção 4.2:** Modo de preparo: Ferva aproximadamente 1 litro de água e adicione os brotos e deixe de molho por aproximadamente 4 minutos, logo em seguida escorra toda a água e espere entrar em temperatura ambiente e adicione 1 dente de alho (cru); 1 cebolinha (cru); 1 colher de sopa de chá de molho de peixe; 1/4 colher de sal; 1/2 de colher de óleo de gergelim e 1/2 colher de semente de gergelim. Pronto, agora só servir.

A divulgação do aplicativo contendo as receitas e respectivas formas de aplicação de brotos poderá incentivar a procura de brotos comestíveis pela população, auxiliando o setor agroindustrial na comercialização desse produto, em específico os pequenos produtores rurais.

CONCLUSÕES

O aplicativo Vegan Prime apresenta receitas importantes utilizando brotos comestíveis, produtos ricos nutricionalmente e que pode ser utilizado na cozinha vegana de diferentes formas. No aplicativo também são apresentadas informações sobre definição, importância e modo de produção de brotos comestíveis, tornando-o o aplicativo completo aos indivíduos que gostam desses alimentos.

Com a difusão do aplicativo para o público vegano, será possível divulgar a importância do consumo de brotos e dessa forma, incentivar a produção e comercialização de brotos comestíveis pelo setor agroindustrial.

REFERÊNCIAS

ARAVENA, Javiera et al . Dietas vegetarianas en alumnos universitarios. Rev. chil. pediatr. Santiago, v.91, n.5, p.705-710, oct.2020.

CHAVES, F. IBOPE: número de vegetarianos no Brasil quase dobra em 6 anos e chega a 29 milhões de pessoas. Site Vista-se, 2018. Link: <https://www.vista-se.com.br/ibope-numero-de-vegetarianos-no-brasil-quase-dobra-em-6-anos-e-chega-a-29-milhoes-de-pessoas/>.

G1- MOGI DAS CRUZES E SUZANO. Aumento do número de vegetarianos e veganos muda mercado no Alto Tietê. Link: <https://g1.globo.com/sp/mogi-das-cruzes-suzano/noticia/2020/01/27/aumento-do-numero-de-vegetarianos-e-veganos-muda-mercado-no-alto-tiete.ghtml>.

LE, T. N.; CHIU-HSIA, C.; PAO-CHUAN, H. Bioactive Compounds and Bioactivities of Brassica oleracea L. var. Italica Sprouts and Microgreens: Na Updated Overview from a Nutraceutical Perspective. Journal Plants. [online]. 2020; 9 (8), 946: 2-23.

MENAL-PUEY S, MARTÍNEZ-BIARGE M, MARQUES-LOPES I. Nutritional composition of common vegetarian food portions. *Nutrients*. 11(1):43, 2018.

PENNER TEICHGRAF, Meliessa; GONZALEZ CANETE, Natalia Elizabeth. Estado nutricional, hábitos de alimentación y de estilo de vida en vegetarianos de Asunción y Gran Asunción, Paraguay. *Rev. chil. nutr.*, Santiago, v. 47, n. 5, p. 782-791, sept. 2020.

ZANZINI, A. P. Composição Química de Couve (*Brassica oleracea* L.) em Diferentes estágios de Desenvolvimento e Avaliação da Aceitabilidade de Microgreens [Dissertação]. Lavras-MG: Universidade Federal de Lavras; 2020. [acesso 20 jun 2020].

CAPÍTULO 04: EDUCAÇÃO EM TEMPOS DE PANDEMIA: SABERES DO CURSO DE AGROINDÚSTRIA NAS REDES SOCIAIS.

CAPÍTULO 04: EDUCATION IN PANDEMIC TIMES: AGRO-INDUSTRY COURSE KNOWLEDGE IN THE SOCIAL NETWORK EXPOSURE.

CHAPTER 04: EDUCACIÓN EN TIEMPOS PANDEMICOS: CONOCIMIENTO DEL CURSO DE AGROINDUSTRIA EN EXHIBICIÓN EN LAS REDES SOCIALES.

Jadeilma Inácio Dória¹; Mileny Lima Santos²; Simone Mazzutti³

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.40-43>

INTRODUÇÃO

A agroindústria é um dos principais setores produtivos responsáveis pelo beneficiamento de *commodities* no país, sendo que ela representa, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), em torno de 5,6 % do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro. Como o Brasil apresenta um dos potenciais naturais mais ricos do mundo, ao longo dos anos o país se consolidou como um dos principais produtores agrícolas, com a agroindústria sendo um dos seus pilares (ESTADÃO, 2020).

Em janeiro de 2020, casos de pneumonia identificados em Wuhan, na China, foram associados a uma nova variante do coronavírus, sendo o coronavírus uma síndrome respiratória aguda grave 2 (SARS-CoV-2019) que se não cuidada pode levar a morte. O Coronavírus é uma doença infecciosa que pode afetar pessoas ou animais, causando doenças do trato respiratório. Nesse contexto, foi preciso evitar o contato físico com outras pessoas através do distanciamento e isolamento social (BRASIL, 2020).

A Internet é, de uma vez e, ao mesmo tempo, um mecanismo de disseminação da informação e divulgação mundial e um meio para colaboração e interação entre indivíduos e seus computadores, independentemente de suas localizações geográficas (CASTELLS, 2003). Com a necessidade do distanciamento social para diminuir a transmissão do novo Coronavírus, instituições educacionais precisaram suspender as aulas presenciais e a maioria das instituições de ensino deu continuidade aos processos educativos por meio do ensino remoto ou não presencial (BRASIL, 2020).

Devido ao isolamento social em virtude da Covid-19, foi preciso pensar em meios que aproximassem a comunidade acadêmica, alunos, professores e a sociedade durante os primeiros meses de pandemia. Sabe-se que no Brasil, a utilização dos artefatos tecnológicos na educação básica ganhou força com a pandemia de Covid-19, do *bom dia* ao *boa noite*, as táticas de comunicação foram diversas

¹ Bacharelado em Agroindústria, Universidade Federal de Sergipe, deilmainacio20@gmail.com

² Bacharelado em Agroindústria, Universidade Federal de Sergipe, milenylimaag@gmail.com

³ Bacharelado em Agroindústria, Universidade Federal de Sergipe, simonemazzutti@academico.ufs.br

e intensas: mensagens de texto, áudios, chamadas de vídeo, *lives*, reuniões on-line, videoaulas, defesas de teses e dissertações transmitidas em redes sociais (MARTINS et al, 2020). Foi pensando nisso, que o curso de Agroindústria da Universidade Federal de Sergipe, Campus do Sertão, localizado em Nossa Senhora da Glória/SE, realizou uma série de *lives* em suas redes sociais por meio do projeto de extensão intitulado Mais Agroindústria. O projeto teve como objetivo levar mais conhecimentos sobre o curso de agroindústria aos discentes e população em geral, demonstrando sua importância, áreas de atuação e integração com demais cursos.

RELATO DE EXPERIÊNCIA

Diante da pandemia do Covid-19, que levou a obrigatoriedade do isolamento social e o afastamento da comunidade acadêmica das aulas presenciais, o núcleo de graduação em Bacharelado em Agroindústria da Universidade Federal de Sergipe, Campus do Sertão em conjunto com discentes do mesmo curso, promoveram uma ação de extensão intitulada de projeto Mais Agroindústria. O projeto visou conectar a comunidade acadêmica a sociedade com o objetivo de levar a agroindústria e suas faces de forma conceituada e divertida as pessoas que estavam em casa através da rede social Instagram, por meio de uma série de *lives*.

Entre os meses de junho e setembro de 2020 foram realizados seis eventos. As *lives* foram realizadas com diversos profissionais que contribuíram com temas interdisciplinares mostrando como os bacharéis em Agroindústria podem atuar no futuro, ressaltando o quanto a área de alimentos é e está sendo necessária nesse momento delicado que vivemos.

As *lives* contaram com a participação profissionais com formações distintas, sendo eles: Lucas Chaves, Bacharel em Agroindústria e atualmente doutorando pelo UNICAMP; Rafaela Hall, Engenheira de Alimentos e colaboradora na empresa Peccin; Estefânia Prates Rodrigues, Tecnóloga em Agroindústria atualmente Mestranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos na UNICAMP; Lisiane Franken, Engenheira de Alimentos, empreendedora na área de confeitaria; Paloma Naziázeno, jornalista, pesquisadora de memórias, cultura e gastronomia, autora do livro Panela Sergipana: sabores da terra de araras e cajus e Viviane Castro, turismóloga da Secretaria Municipal da Indústria, Comércio e Turismo de Aracaju.

Cada *live* teve duração de aproximadamente uma hora, sendo dividido entre o tema abordado e as perguntas dos ouvintes. O perfil utilizado para a realização das *lives* foi o @mais_agroindustria, que pode ser observado na Figura 1. Os cartazes de divulgação utilizados estão apresentados na Figura 2, onde pode ser observado o tema abordado e os participantes.

Figura 01: Perfil do Projeto Mais Agroindústria na rede social o Instagram.

Fonte: Própria (2020).

Figura 02: Cartazes de divulgação das *lives* realizadas através do Instagram do projeto Mais Agroindústria.

Fonte: Própria (2020).

A pandemia da Covid-19 escancarou as desigualdades sociais no Brasil. Não sem demora, as vulnerabilidades sociais e econômicas de aproximadamente cem milhões de habitantes se tornaram visíveis e fez com que muitas pessoas não pudessem acatar as orientações do isolamento social. As desigualdades sociais também são acompanhadas de exclusão digital. No Brasil, praticamente metade da população não tem acesso à Internet ou tem acesso limitado e instável. As desigualdades no acesso e usos da Internet em muitas áreas urbanas periféricas e zonas rurais reforçam as diferenças marcadas por vulnerabilidades sociais. Com tantas limitações para acessar e usar a Internet, estudantes de baixa renda e localizados em zonas rurais acabaram sendo prejudicados (SABÓIA, 2020). Durante a execução do projeto, foi verificado que os estudantes do curso de agroindústria também tinham problemas com o acesso à internet, dificultando um pouco a participação nas *lives*. Mesmo assim, professores, discentes

e comunidade em geral participaram ativamente do projeto, gerando novos conhecimentos e saber sobre o curso de agroindústria.

CONCLUSÕES

Concluimos, que era preciso se pensar em algo para manter o contato entre alunos e professores da agroindústria, sendo assim, o ambiente remoto seria o mais provável e possível para esse atual momento da pandemia, tivemos algumas dificuldades de acesso à internet, mas, que não foi empecilho para nós, pois conseguimos compartilhar muitos momentos de conhecimentos de maneira remota entre a comunidade acadêmica por meio das *lives*.

REFERÊNCIAS

BRASIL. REORGANIZAÇÃO DO CALENDÁRIO ESCOLAR E DA POSSIBILIDADE DE CÔMPUTO DE ATIVIDADES NÃO PRESENCIAIS PARA FINS DE CUMPRIMENTO DA CARGA HORÁRIA MÍNIMA ANUAL, EM RAZÃO DA PANDEMIA DA COVID-19. Ministério da Educação - Conselho Nacional de Educação. BRASÍLIA- DF.28.04. 2020.

BRASIL. CORONAVÍRUS. CFF- Conselho Federal de Farmácia e CEABRIM- Centro de Informações Sobre medicamentos. BRASÍLIA- DF.2020.

CASTELLS, M. A ERA DA INFORMAÇÃO: ECONÔMICA, SOCIEDADE E CULTURA. 5. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2003.

MARTINS, V. ALMEINDA, J. EDUCAÇÃO EM TEMPOS DE PANDEMIA NO BRASIL: SABERESFAZERES ESCOLARES EM EXPOSIÇÃO NAS REDES E A EDUCAÇÃO ON-LINE COMO PERSPECTIVA. REDOC-Revista Docência e Ciberultura. 2020.

O ESTADÃO. AGROINDÚSTRIA NO BRASIL: HISTÓRIA E NOVOS RUMOS. 2020. Acesso em 23 de abril de 2021.

SABÓIA, G. SEM INTERNET, ESTUDANTES DE FAVELAS NÃO CONSEGUEM SE PREPARAR PARA O ENEM. UOL, 28/04/2020. Disponível em <<https://educacao.uol.com.br/noticias/2020/04/28/sem-internet-estudantes-de-favelas-sofrem-com-preparacao-online-para-enem.htm?cmpid=copiaecola>> Acesso em: 28 de abril de 2021.

CAPÍTULO 05: MÉTODOS NÃO CONVENCIONAIS DE OBTENÇÃO DE COMPOSTOS DE INTERESSE DA *Stevia rebaudiana* BERTONI**CAPÍTULO 05: MÉTODOS NO CONVENCIONALES DE OBTENCIÓN DE COMPUESTOS DE INTERÉS PARA *Stevia rebaudiana* BERTONI****CHAPTER 05: NON-CONVENTIONAL METHODS OF OBTAINING COMPOUNDS OF INTEREST TO *Stevia rebaudiana* BERTONI**

Djéssica Tatiane Raspe¹; Camila da Silva²; Paula Gimenez Milani³; Silvio Claudio da Costa⁴

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.44-62>

RESUMO

Nesta revisão, a obtenção de compostos de interesse da *Stevia rebaudiana* Bertoni utilizando métodos de extração não convencionais foram considerados. Os compostos obtidos dessa matriz vegetal vêm sendo amplamente reportados por exibirem benefícios terapêuticos em virtude de suas propriedades antioxidantes, antimicrobianas, antifúngicas, antitumorais e principalmente, antidiabéticas. As folhas dessa planta são utilizadas como adoçante natural e seu extrato possui constituintes com propriedades fitoterápicas, alavancando o interesse em sua investigação. Embora os métodos de extração convencionais de prensagem, maceração ou infusão sejam comumente aplicados para a obtenção destes compostos, estes processos estão associados a alguns inconvenientes, como a necessidade de longos períodos de tempo e energia, demandam o uso de solventes quentes em grandes quantidades, apresentando como consequência alguns pontos indesejáveis, como deterioração da qualidade e degradação de alguns de seus compostos. Para suprir as limitações dos métodos convencionais de extração, novas técnicas têm sido introduzidas. Essas técnicas, conhecidas como técnicas de extração não convencionais, surgem como alternativa na obtenção de compostos de interesse através de métodos como a extração assistida por ultrassom, extração assistida por micro-ondas, extração por eletrotecnologias, extração por fluido supercrítico e líquido pressurizado. Estes processos apresentam como constatações positivas o aumento no rendimento dos teores de compostos obtidos em pureza considerável, o que reduz a complexidade das etapas posteriores de purificação, oferecendo um processo mais simples, demandando de menor quantidade de energia e permitindo o uso de solventes biodegradáveis, além da diminuição dos custos envolvidos ao processo, o que promove e impulsiona a “extração verde” dos compostos de interesse desta matriz vegetal.

Palavras-Chave: Adoçantes, extração verde, métodos de extração, *Stevia rebaudiana* Bertoni.

RESUMEN

En esta revisión se consideró la obtención de compuestos de interés para *Stevia rebaudiana* Bertoni mediante métodos de extracción no convencionales. Los compuestos obtenidos de esta matriz vegetal han sido ampliamente reportados por exhibir beneficios terapéuticos debido a sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antifúngicas, antitumorales y, sobre todo, antidiabéticas. Las hojas de esta planta se utilizan como edulcorante natural y su extracto tiene constituyentes con propiedades fitoterápicas, potenciando el interés en su investigación. Si bien para la obtención de estos compuestos se suelen aplicar métodos convencionales de extracción de prensado, maceración o infusión, estos procesos están asociados a algunos inconvenientes, como la necesidad de largos periodos de tiempo y energía, que requieren el uso de disolventes calientes en grandes cantidades, como consecuencia, algunos puntos indeseables, como el deterioro de la calidad y la degradación de algunos de sus

¹ Discente do Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos (PPC), Universidade Estadual de Maringá (UEM), djessicaraspe@hotmail.com

² Docente do Departamento de Tecnologia (DTC), Universidade Estadual de Maringá (UEM), camiladasilva.eq@gmail.com

³ Docente do Departamento de Bioquímica (DBQ), Universidade Estadual de Maringá (UEM), pgmfernandes2@uem.br

⁴ Docente do Departamento de Bioquímica (DBQ), Universidade Estadual de Maringá (UEM), sccosta@uem.br

compuestos. Para superar las limitaciones de los métodos de extracción convencionales, se han introducido nuevas técnicas. Estas técnicas, conocidas como técnicas de extracción no convencionales, aparecen como una alternativa en la obtención de compuestos de interés mediante métodos como extracción asistida por ultrasonidos, extracción asistida por microondas, extracción por electrotecnologías, extracción por fluido supercrítico y líquido presurizado. Estos procesos tienen como hallazgos positivos el aumento en el rendimiento de los contenidos de compuestos obtenidos en una pureza considerable, lo que reduce la complejidad de las etapas posteriores de depuración, ofreciendo un proceso más sencillo, requiriendo menos energía y permitiendo el uso de disolventes biodegradables, además a la reducción de costos involucrados en el proceso, que promueve e impulsa la “extracción verde” de los compuestos de interés en esta matriz vegetal.

Palabras Clave: Edulcorantes, extracción verde, métodos de extracción, *Stevia rebaudiana* Bertoni.

ABSTRACT

In this review, obtaining compounds of interest to *Stevia rebaudiana* Bertoni using unconventional extraction methods were considered. The compounds obtained from this plant matrix have been widely reported for exhibiting therapeutic benefits due to their antioxidant, antimicrobial, antifungal, antitumor and, above all, antidiabetic properties. The leaves of this plant are used as a natural sweetener and its extract has constituents with phytotherapeutic properties, leveraging the interest in its investigation. Although conventional extraction methods of pressing, maceration or infusion are commonly applied to obtain these compounds, these processes are associated with some drawbacks, such as the need for long periods of time and energy, which require the use of hot solvents in large quantities, as a consequence, some undesirable points, such as quality deterioration and degradation of some of its compounds. To overcome the limitations of conventional extraction methods, new techniques have been introduced. These techniques, known as unconventional extraction techniques, appear as an alternative in obtaining compounds of interest through methods such as extraction assisted by ultrasound, extraction assisted by microwave, extraction by electrotechnologies, extraction by supercritical fluid and pressurized liquid. These processes have as positive findings the increase in the yield of the contents of compounds obtained in considerable purity, which reduces the complexity of the later stages of purification, offering a simpler process, requiring less energy and allowing the use of biodegradable solvents, in addition to the reduction of costs involved in the process, which promotes and drives the “green extraction” of the compounds of interest in this plant matrix.

Keywords: Sweeteners, green extraction, extraction methods, *Stevia rebaudiana* Bertoni.

INTRODUÇÃO

As plantas constituem uma das fontes mais importantes de recursos terapêuticos e alimentares para uso humano. A demanda por produtos funcionais ricos em fibras, antioxidantes naturais e de baixo teor calórico tem aumentado consideravelmente na última década, devido seus efeitos benéficos à saúde (KOVACEVIC et al., 2018). Vários derivados de cereais, vegetais e inclusive subprodutos advindos de frutas, ricos em antioxidantes e fibras alimentares, têm sido propostos como aditivos funcionais para suplementação de gordura e açúcar em alimentos, vislumbrando aumento na qualidade nutricional e no valor agregado dos produtos (CARBONELL-CAPELLA et al., 2013). A stevia surge nesse contexto, não somente como um mero adoçante não calórico, mas também como um valioso item de suplementação nutricional (YU et al., 2017).

Stevia rebaudiana Bertoni pertence à família *Asteraceae*, é nativa do Paraguai e

cultivada em muitos países, incluindo Brasil, Argentina, Japão, China, Estados Unidos e países europeus (DACOME et al., 2005). É importante na indústria alimentícia por suas folhas possuírem os glicosídeos de esteviol (GS) de sabor adocicado, dentre os quais está principalmente o esteviosídeo (Stv) e rebaudiosídeo A (Reb A) (CARAKOSTAS et al., 2008). Estes glicosídeos são até 450 vezes mais doces que a sacarose (WILLIAMS; BURDOCK, 2009), o que eleva seu interesse comercial. Este composto químico é termicamente estável e vêm sendo amplamente usado na indústria alimentícia de alguns países como agente edulcorante, modificador de sabor e substituto do açúcar (CARAKOSTAS et al., 2008; BRAHMACHARI et al., 2011). Não exibe toxicidade nem ação mutagênica e é uma substância de baixa caloria, não havendo efeitos adversos relatados em seu uso por seres humanos.

O valor terapêutico dos GS consiste na capacidade destes compostos estimularem a secreção de insulina no pâncreas no tratamento do diabetes e controlar outros distúrbios do metabolismo (JEPPESEN et al., 2000), além de propriedades adjuvantes no diabetes, como a redução da hiperglicemia (MILANI et al., 2017). Reporta-se que o extrato da stevia possui propriedades antivirais e produz um efeito terapêutico positivo nos tratamentos de neuralgia, anemia, lombalgia, reumatismo, eczema e dermatite (TAKAHASHI et al., 2001; CHATSUDTHIPONG; MUANPRASAT, 2009). Propriedades antibacterianas e anti-âmnéicas também foram constatadas (SHARMA et al., 2010; PURI; SHARMA, 2011), e seu extrato lhe confere fonte de compostos bioativos, com propriedades antimicrobianas e antioxidantes (WOLWER-RIECK, 2012; CRIADO et al., 2014; KOUBA et al., 2015). Propriedades funcionais foram reportadas tendo-o como um composto anti-hiperglicêmico, anti-hipertensivo, anti-inflamatório, antitumoral, antidiarreico, diurético e imunomodulador (FERRAZZANO et al., 2016).

Métodos convencionais de extração de esteviosídeo das folhas da *Stevia rebaudiana* envolvem extração aquosa ou alcoólica, seguida de precipitação, coagulação e cristalização (PURI et al., 2011). Adicionalmente, estes processos geralmente requerem maior tempo, energia e uso de solventes orgânicos, podendo ocorrer consequências indesejáveis, como deterioração da qualidade e degradação de compostos valiosos (ŽLABUR et al., 2014; BARBA et al., 2015a). Técnicas modernas de extração, como a extração assistida por ultrassom, extração assistida por microondas, eletrotecnologias, fluido supercrítico e líquido pressurizado têm sido reportadas com destaque no processo de obtenção de produtos de interesse (KOVYLYAEVA et al., 2007; POL et al., 2007; PURI et al., 2011; CARBONELL-CAPELLA et al., 2016; GASMALLA et al., 2017; GÖRGÜÇ et al., 2019), visando evitar essas consequências na qualidade do produto e, paralelamente, desenvolver novos métodos que sejam capazes de

melhorar o rendimento dos compostos biologicamente ativos, de modo que sejam totalmente compatíveis com o conceito de “extração verde” (CHEMAT et al., 2017).

Tendo em vista o que foi apresentado, o presente estudo visa apresentar uma abordagem sobre o aspecto atual da obtenção de compostos de interesse, como os adoçantes e bioativos, da *Stevia rebaudiana* Bertoni, associada à aplicação de métodos não convencionais de extração, levando em conta estudos recentes que vêm avaliando o uso destas técnicas.

METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se por uma revisão, pois trata-se de uma forma de pesquisa que utiliza como fonte de dados a literatura sobre determinado tema. A pesquisa de artigos com informações a respeito da “extração dos glicosídeos e compostos bioativos da stevia” analisados, consistiu-se nos bancos de dados disponíveis em serviços *online*, como *Scopus*, *Scielo*, *Science Direct*, Periódicos Capes e Google Acadêmico. As palavras-chave utilizadas foram: “*Stevia rebaudiana* Bertoni”, “extração verde”, “extração não convencional”, “extração alternativa”, “uso de tecnologia”, “glicosídeos” e “compostos bioativos”, alternando o conjunto de palavras-chave de 2 a 4 por vez. Partindo disto, os critérios de inclusão e exclusão de artigos delimitou o estudo nos quesitos relevância do tema, trabalhos recentes e em inglês, bem como os que possuem disponibilidade de acesso *online*. Os resumos obtidos nos bancos de dados foram comparados entre si para a verificação de superposição de artigos e posteriormente, foram analisados para selecionar, ainda preliminarmente, trabalhos que atendessem aos temas propostos nesta pesquisa. Para a coleta de dados, foram selecionados resumos, os quais foram numerados sequencialmente, e uma nova etapa de busca dos artigos completos permitiu chegar à definição final dos textos que efetivamente foram analisados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A extração de compostos de interesse da *Stevia rebaudiana* Bertoni

Em virtude da crescente conscientização dos consumidores sobre os efeitos benéficos à saúde provenientes dos alimentos, esforços têm sido desenvolvidos em prol de métodos que sejam capazes de melhorar o rendimento dos compostos biologicamente ativos e, paralelamente, compatibiliza-los ao conceito de “extração verde” (CHEMAT et al., 2017). Uma vez que estes compostos geralmente estão presentes nas plantas em baixas concentrações, métodos de extração eficientes e seletivos são necessários para a obtenção destes a partir de

materiais vegetais. O primeiro passo para a obtenção de compostos bioativos a partir de matérias-primas vegetais é a extração.

A obtenção de compostos de interesse provenientes de matrizes vegetais é procedida por meio da extração sólido-líquido (ESL), cuja qual consiste em um processo de separação de um ou vários compostos presentes em uma matriz sólida e que são solúveis em um determinado solvente (MILIĆ et al., 2013). O mecanismo da ESL envolve basicamente o umedecimento da superfície do sólido com o solvente, penetração do solvente no interior do sólido, solubilização das substâncias extraíveis, transporte dos solutos do interior para a superfície do sólido e dispersão dos solutos no solvente circundante às partículas sólidas por difusão (TZIA et al., 2003; BERK, 2013).

Muitos fatores podem influenciar o rendimento da ESL, que, em métodos convencionais de extração como a prensagem, infusão, maceração, percolação, arraste por vapor e contínuo quente (Soxhlet), resumem-se na natureza química dos compostos à serem extraídos, pelo método de extração empregado, pelo solvente, pelo tamanho da partícula do material vegetal, pelo pH do meio extrator, pelo tempo de extração e temperatura utilizados, atrelado ao emprego de agitação, assim como pela presença de substâncias interferentes (DENG et al., 2015; PUTNIK et al., 2016; LOVRIC et al., 2017). Ademais, os métodos clássicos apresentam algumas desvantagens, como a produção de resíduos indesejáveis e a necessidade de remoção do solvente no final do processo de extração (PASSOS et al., 2010; FORMIGONI et al., 2020). Além disto, a utilização de solventes orgânicos apresenta inconvenientes relacionados à qualidade dos produtos gerados, principalmente quando correlacionados à sua pureza, bem como, a periculosidade no ambiente de produção, o impacto ambiental e custos de processamento.

Uma metodologia estudada e reportada especialmente para a stevia, que vislumbra a redução de custos e promove alternativas viáveis por meio da extração convencional, incitando facilitar e aumentar o rendimento da extração dos glicosídeos e bioativos, melhora a qualidade do adoçante obtido, além de contribuir para a redução do sabor residual amargo do esteviosídeo, envolve a utilização de pré-tratamentos químicos ou enzimáticos (PURI et al., 2012; BARBA et al., 2014; FORMIGONI et al., 2018a; FORMIGONI et al., 2018b). Porém, embora se saliente vantagens destas técnicas, o volume considerável de solvente, o custo da enzima e o destino ainda incerto para o resíduo, tornam este processo dependente de maiores avaliações. Vale ressaltar, adicionalmente, que são escassos os estudos na literatura que abordem este tema, ademais quando correlacionados aos processos de extração não convencionais.

Métodos não convencionais de extração

Visando contribuir para o cumprimento dos requisitos para o desenvolvimento de metodologias analíticas mais rápidas, eficientes, baratas, de alto rendimento e que tenham certificação GRAS (geralmente reconhecido como seguro), outras técnicas de extração vêm sendo estudadas. Essas técnicas, conhecidas como não convencionais, ditas e reportadas adicionalmente como alternativas ou modernas, são produto dos avanços dos métodos convencionais de extração ou da aplicação de novas tecnologias. A utilização da sonicação do ultrassom (ZLABUR et al., 2015; GASMALLA et al., 2017), as radiações não ionizantes do microondas (JAITAK et al., 2009; GÖRGÜÇ et al., 2019), os pulsos elétricos das eletrotecnologias (BARBA et al., 2015a; CARBONELL-CAPELLA et al., 2016), os líquidos pressurizados (YILDIZ-OZTURK et al., 2014) e fluidos supercríticos (ERKUCUK et al., 2009) têm sido reportadas com considerável destaque.

Nestes métodos, este processo é intensificado por meio do uso da tecnologia, onde cada processo apresenta sua particularidade e fatores estes que determinam sua viabilidade. Há processos que consideram a variação da temperatura, uma vez que esta variável influencia na penetração e viscosidade do solvente e solubilidade dos solutos; a aplicação de pressão, que normalmente é requerida quando se aplica alta temperatura para manter o solvente em estado líquido; o tamanho da partícula da matriz vegetal, uma vez que a redução de tamanho facilita a transferência de massa e aumenta a área de contato com o solvente; a agitação, que atua acelerando a transferência de massa; e a ruptura ou desintegração da parede celular ou dos poros das membranas celulares por influência de energia, facilitando a extração de solutos intracelulares, que geralmente são de difícil acesso por meio das técnicas convencionais (BERK, 2013; MAHNIC-KALAMIZA et al., 2014; VINATORU et al., 2017).

Extração assistida por ultrassom

A extração assistida por ultrassom (EAU) é uma tecnologia baseada em princípios sustentáveis, aplicada amplamente em processos de extração de componentes vegetais. A aplicação desta técnica permite a extração rápida de produtos naturais, que geralmente levaria horas utilizando técnicas convencionais como Soxhlet e maceração, com alta reprodutibilidade, menor consumo de solvente e facilidade de manipulação (CHEMAT et al., 2011; CHEMAT et al., 2017). Além disso, reporta-se que o equipamento de EAU possui facilidade de instalação, alta eficiência energética e requer pouca manutenção (PRADO et al., 2017).

A sonicação, efeito causado pelo ultrassom, é baseada na produção de ondas sonoras acima da faixa audível (>20 kHz), que criam bolhas de cavitação perto do tecido da amostra

(KOUBAA et al., 2015). Quando uma grande pressão é aplicada em um líquido, as forças intermoleculares são rompidas e pequenas cavidades ou microbolhas cheias de gás são formadas. O crescimento e colapso destas microbolhas constituem no fenômeno de cavitação acústica. A implosão das bolhas de cavitação causa um impacto na superfície da matriz sólida submersa no solvente, o que ocasiona a ruptura dessa superfície. Este dano aumenta a turbulência, a penetração do solvente na matriz vegetal e causa a liberação do conteúdo intracelular (MCDONNELL; TIWARI, 2017; PRADO et al., 2017).

Uma visão geral das novas tecnologias para extrair compostos de materiais vegetais foi abortada por Heng et al. (2013), que reportam a EAU como uma técnica promissora com vários benefícios, como a aplicação em pequenos volumes de solventes à pressão atmosférica, uso de temperaturas brandas e reduzido tempo de extração, em comparação à extração convencional. É um dos sistemas de extração mais simples e baratos, podendo ser operado facilmente sob uma ampla gama de solventes (KHODDAMI et al., 2013; BARBA et al., 2015).

Neste contexto, Zlabur et al. (2015) compararam a EAU (400 W), sob diferentes diâmetros (7 e 22 mm) e tempos de tratamento (2, 4, 6, 8 e 10 min), à extração aquosa convencional (100 °C, 24 h) e hidroalcoólica (etanol 70%, 70 °C, 30 min), visando maximizar o rendimento em glicosídeos de esteviol, compostos fenólicos totais, flavonoides e atividade antioxidante em extratos de stevia. Desta avaliação, rendimentos na ordem de 72,7 mg/g⁻¹, 22,2 mg/g⁻¹, 53,9 mg/g⁻¹, 35,8 mg/g⁻¹ e 2,1 mg/g⁻¹ foram obtidos por meio da extração convencional com água, e 82,6 mg/g⁻¹, 24,3 mg/g⁻¹, 56,7 mg/g⁻¹, 37,9 mg/g⁻¹ e 2,2 mg/g⁻¹ por meio da extração convencional com etanol 70%, em esteviosídeo, reb A, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante respectivamente. Em paralelo, quando aplicado o ultrassom por 10 min à 22 mm, rendimentos na ordem de 96,4 mg/g⁻¹, 36,9 mg/g⁻¹, 77,8 mg/g⁻¹, 62,5 mg/g⁻¹ e 2,5 mg/g⁻¹ foram obtidos para os mesmos compostos, comprovando a eficiência desta tecnologia por meio da maximização do processo em um tempo de tratamento significativamente inferior.

Outros autores que constatarem esta mesma vantagem, realizaram uma avaliação com ênfase especial no rendimento da extração das folhas de *Stevia rebaudiana* Bertoni em termos de reb A. Gasmalla et al. (2017) avaliaram diferentes concentrações (10-60%) de 3 diferentes solventes (água, etanol e álcool isopropílico) sob influência da EAU, e sob condições ótimas de extração (24 kHz, 18 min, 30 °C, 480 W e 24 kHz), a recuperação de 37,10 g/100 g de reb A foi possível sob um percentual de 60% de álcool isopropílico. Este rendimento obtido foi superior à técnica convencional de extração por maceração, em que rendimentos máximos de 24,21% foram obtidos (LIU et al. 2010).

A possível implantação em escala industrial da EAU foi relatada como alternativa relevante, por se tratar de um processo rápido e sustentável ao processo convencional (VIROT et al., 2010; PINGRET et al., 2012a). Entretanto, a exposição do produto à ultrassonografia pode envolver a degradação de compostos (PINGRET et al., 2012b). Para a stevia, especificadamente, não há relatos de uma escala piloto desse tipo de tecnologia, apesar dos resultados apreciáveis de sua aplicação terem sido esboçados.

Extração assistida por microondas

Sistema de extração inovador para extrair compostos de interesse da matriz, a extração assistida por microondas (EAM) fornece alto rendimento em menor tempo, menor consumo de solvente e energia. A alta capacidade da EAM em aumentar o rendimento da extração deve-se às interações moleculares entre o componente elétrico do campo das microondas com as moléculas dipolares e as espécies iônicas presentes na mistura da extração (amostra/solvente) (MIRZADEH et al., 2020).

Essa tecnologia atua através da penetração de energia nos materiais sólidos por meio da radiação não ionizante, onde uma frequência espectral de 300-300.000 MHz gera aquecimento e dissipa-se volumetricamente no meio, devido ao atrito molecular (RODRIGUEZ-JASSO et al., 2011). Esse mecanismo se origina da rotação dipolar de solventes polares e da migração condutora de íons dissolvidos, aumentando o coeficiente de transferência de massa dos ingredientes-alvo (PANDIT et al., 2015). Assim, o efeito direto das microondas nas moléculas através da ocorrência simultânea de polarização dipolar e condução iônica pode transformar a energia do microondas em térmica, levando a um aquecimento quase imediato da amostra e à extração dos compostos de dentro da matriz do material, em direção à solução (MIRZADEH et al., 2020).

Tal fato, resulta na extração mais eficiente dos compostos intracelulares e em comparação aos métodos convencionais (como maceração e refluxo), destacando-se a redução do uso de solventes orgânicos, menores tempos de extração e aumento dos rendimentos obtidos (CHEMAT; CRAVOTTO, 2013). Ademais, este método pode ser aplicado a uma ampla gama de matrizes vegetais, não sendo reportada a degradação de seus compostos funcionais (TEO et al., 2009).

Vislumbrando avaliar a eficiência do processo de EAM do esteviosídeo e reb A da *Stevia rebaudiana* Bertoni, Jaitak et al. (2009) compararam-na às técnicas de extração convencional e EAU, usando metanol, etanol e água como solventes simples, bem como em misturas binárias. As extrações foram conduzidas, convencionalmente à 25 °C por 12h, por ultrassom à

35±5 °C por 30 min e microondas, à 80 W, 50 °C por 1 min, onde rendimentos na ordem de 4,20 e 1,98%, 6,54 e 1,20% e 8,64 e 2,34% em esteviosídeo e reb A foram obtidos, respectivamente.

Recentemente, rendimentos apreciáveis também foram relatados quando realizada a extração por meio de processos combinados. Görgüç et al. (2019) avaliou a extração enzimática assistida por microondas dos glicosídeos de esteviol e compostos fenólicos das folhas de *Stevia rebaudiana* Bertoni por meio da metodologia de superfície de resposta (RSM), considerando os efeitos da concentração enzimática da Viscozyme L (1,2-60 FBG unidade g⁻¹), temperatura (25-60 °C) e tempo (1-20 min) na otimização das condições e do processo. Os rendimentos máximos em esteviosídeo, reb A e compostos fenólicos totais obtidos foram determinados como 62,5, 25,6 e 20,7 mg/g⁻¹, respectivamente, em condições ótimas estimadas em 10,9 unidades FBG g⁻¹, 53 °C e 16 min de processamento.

Corroborando com as informações contidas na maioria dos trabalhos da literatura, o método de extração por microondas apresenta como vantagem uma taxa de extração mais alta, o que promove uma eficiência maior do processo em menores tempos de extração, em comparação com outras tecnologias como EAU, extração por líquido pressurizado (ELP) e extração por fluido supercrítico (EFS), principalmente devido ao aquecimento rápido que ocorre no sistema (ZENG et al., 2012). Entretanto, apesar de haverem relatos sobre a possível industrialização dos processos envolvendo esta tecnologia, principalmente atrelando-a a propriedades antimicrobianas efetivas para pasteurização e esterilização, esta técnica enfrenta a limitação do alto custo do equipamento industrial e da energia necessária para aquecimento necessário pelo microondas (BOYE; ARCAND, 2012).

Extração por eletrotecnologias

Nos últimos anos, o uso de tecnologias elétricas pulsadas, especialmente campos elétricos pulsados (CEP) e descargas elétricas de alta voltagem (DEAV), têm se mostrado uma ferramenta potencial para recuperação de compostos de matrizes vegetais, principalmente no âmbito de extrações “verdes” e sustentáveis (PARNIAKOV et al., 2014; BARBA et al., 2015a). O CEP consiste em um tratamento elétrico por um curto período de tempo (de nano à milissegundos), com amplitude de pulso de 100-300 V/cm a 20-80 kV/cm, onde a membrana biológica da matriz vegetal é perfurada eletricamente e perde sua semipermeabilidade temporária ou permanentemente (DENG et al., 2014; BARBA et al., 2015b). As DEAV, em contrapartida, são baseadas em reações químicas e processos físicos. Quando a DEAV é produzida diretamente sobre a mistura da extração, ela injeta energia através de um canal de

plasma, causando uma descarga elétrica de alta tensão (>40 kV; >10 kA) entre dois eletrodos submersos (BOUSSETTA et al., 2013; BOUSSETTA; VOROBIEV, 2014; BARBA et al., 2015b), que destroem a parede celular da matriz vegetal.

Os efeitos deste tipo de tecnologia foram avaliados por Duval et al. (2011) na extração dos glicosídeos de esteviol das folhas de *Stevia rebaudiana*. Os autores constataram que o pré-tratamento por meio dos CEP (20 kV/cm por 0,5-2 ms) antes da extração convencional com água (20 °C), melhorou a cinética, bem como o rendimento da extração, sendo a maximização do processo obtida sob redução significativa no tempo (9 vezes menos) em comparação às amostras não tratadas. O mesmo foi observado quando avaliada a influência destes pré-tratamentos sob temperaturas moderada (60 °C) e alta (80 °C) (NEGM et al., 2013).

Ao comparar os efeitos dos CEP e da DEAV na recuperação de polifenóis dos extratos aquosos de stevia, Barba et al. (2015a) verificaram que ambos os tratamentos em comparação com o controle aumentaram o teor de polifenóis totais proporcionalmente à descarga de energia aplicada ao meio (0, 24, 47, 71, 94, 118 e 141 kJ/kg), em tempos de tratamento equivalentes (120 min/20 °C). Entretanto, a DEAV foi mais eficaz para recuperar os polifenóis (14,22-29,14 mg/g EAG), em comparação com os CEP (10,28–20,85 mg/g EAG).

Ao avaliarem e compararem a influência dos pré-tratamentos por CEP e DEAV e mistura binária de água e etanol (0-50%) na extração dos glicosídeos de esteviol e compostos antioxidantes das folhas de *Stevia rebaudiana* (1h/20 °C/100 rpm), Carbonell-Capella et al. (2016) constataram capacidade antioxidante total superior nos extratos obtidos por meio da DEAV (87,2 mmol ET/g) na ausência de etanol (0%) em relação ao extrato obtido por meio do CEP (66,9 mmol ET/g). Em relação à recuperação de esteviosídeos e reb A, os extratos obtidos por meio da extração hidroalcoólica (50%) submetidas ao CEP, apresentaram conteúdo superior (~ 45,0 e ~ 23,0 mg/g) que as amostras tratadas com DEAV (~ 32,0 e ~ 17,0%), respectivamente, indicando neste caso, influência direta do solvente na eficiência da extração dos adoçantes.

Embora os resultados da aplicação deste tipo de tecnologia sejam promissores, a maior limitação envolta à esse processo para uma possível aplicação industrial, está relacionada a sua viabilidade, uma vez que demanda alto custo para implantação e operação (TÖPFL, 2006) e, embora a DEAV seja mais eficiente para a desintegração celular que os CEP, há relatos da produção de radicais livres à mistura, o que reduz a atividade antioxidante total do extrato (KOUBAA et al., 2015). Apesar destes inconvenientes, vale ressaltar a importância de que novos passos sejam dados neste segmento, visando assim uma abordagem mais ampla do tema.

Extrações em meio pressurizado

Em meio pressurizado se pode trabalhar com o fluido em estado subcrítico, crítico ou supercrítico. O estado subcrítico ocorre quando a pressão ou a temperatura está abaixo da sua temperatura crítica (T_c) ou pressão crítica (P_c) e o estado supercrítico, quando a temperatura e a pressão dos fluidos ficam acima destes (SANTOS et al., 2015). A T_c é definida como a mais alta temperatura na qual um gás pode ser convertido em líquido, devido a um aumento de pressão. A P_c consiste na mais alta pressão na qual um líquido pode ser convertido em um gás, devido a um aumento de temperatura. Essas propriedades caracterizam o ponto crítico (PC) (BRUNNER, 1994; TAYLOR, 1996).

Acima desse ponto, existe a região supercrítica, na qual o composto apresenta-se como um fluido de uma única fase, não condensável, não havendo distinções entre a fase líquida e a fase gasosa e exibindo algumas propriedades físico-químicas típicas de gases e outras típicas de líquidos (CAVALCANTI, 2013). Em geral, na extração por fluido supercrítico (EFS), as propriedades físicas na região crítica aumentam os processos de transferência de massa e calor, onde, à medida que a pressão aumenta, a compressibilidade da fase gasosa diminui e a densidade aumenta. De tal modo, à medida que a temperatura aumenta, a viscosidade e a densidade da fase líquida diminuem (MONTROYA et al., 2019).

A extração com líquido pressurizado (ELP) consiste na utilização de temperaturas acima do ponto de ebulição dos solventes, os quais são pressurizados de forma a serem mantidos no estado líquido (KOUBAA et al., 2015). Os altos valores de temperatura aumentam a solubilidade, taxa de difusão e transferência de massa, enquanto os valores de viscosidade e tensão superficial do solvente são menores do que aqueles à temperatura ambiente (KOUBAA et al., 2015).

Além dos solventes comumente utilizados neste processo, como etanol e metanol, a água tem sido cada vez mais utilizada na extração, designando ao processo a terminologia de extração com água quente pressurizada (EAQP) ou extração com água subcrítica (EASB). A água pressurizada apresenta variação significativa de sua polaridade com a temperatura, o que permite alcançar a extração seletiva de compostos orgânicos polares, moderadamente polares e não polares, somente por meio da alteração dos parâmetros de extração, como temperatura e pressão (LIANG; FAN, 2013).

Visando otimizar a extração dos glicosídeos das folhas de *Stevia rebaudiana* usando extração com fluido supercrítico (SFE), Erkucuk et al. (2009), por meio de um delineamento experimental, avaliaram o efeito da pressão (150-350 bar), temperatura (40-80 °C) e concentração da mistura etanol-água (70:30) como co-solvente (0-20%) pela vazão de CO_2 de

15 g/min⁻¹ por 60 min. As condições ótimas de extração foram obtidas sob 211 bar, 80 °C e 17,4% de co-solvente, onde 36,66 mg/g de esteviosídeo e 17,79 mg/g de reb A foram extraídos, compondo valor total em glicosídeos superior à extração etanólica convencional (48,50 mg/g).

De igual modo, aplicando um delineamento experimental, Yildiz-Ozturk et al. (2014) avaliaram os efeitos da temperatura (100-150 °C), tempo (30-60 min) e vazão (2-6 mL/min), sob pressão de 230 bar à razão sólido/líquido de 1:10 (m:v) frente a extração com água subcrítica da *Stevia*. A maximização do processo extraiu 38,67 mg/g de esteviosídeo e 35,68 mg/g de reb A, à 125 °C, vazão de 4 mL/min, transcorridos 45 min de extração. Este extrato apresentou conteúdo total de fenólicos, flavonóides e atividade antioxidante de 48,63 mg de EAG/g de extrato, 29,81 mg de quercetina/g de extrato e 92,50%, respectivamente. Em termos de clorofila total, conteúdo de carotenóides e fibra alimentar, valores na ordem de 31,91 mg/100 g, 5,71 mg/100 g e 4,98% foram encontrados na fase refinada, respectivamente.

Embora existam algumas aplicações industriais para EFS (ROMBAUT et al., 2014), seu uso na indústria alimentícia permanece limitado, devido alto custo do equipamento, instalação (GALANAKIS et al., 2015) e processamento, principalmente quando relacionado com o elevado consumo de solvente (KOUBAA et al., 2015). Para a stevia, a melhora do processo, vislumbrando melhores condições e rendimentos superiores à extração convencional, configuram o principal desafio na aplicação em escala industrial desta tecnologia (ERKUCUK et al., 2009).

Em suma, ao realizar a extração a partir de fluido subcrítico, crítico ou supercrítico, são eminentes as vantagens constatadas em relação a outros métodos, como a alta e rápida taxa de extração, contínua e fácil operação e obtenção dos produtos finais, por dispensar a etapa de filtragem, lavagem e purificação (BUBALO et al., 2018; GALLEGO et al., 2019), além do solvente poder ser facilmente removido do soluto através da redução da pressão e/ou ajuste da temperatura (VASCONCELLOS, 2007), o que promove a estes processos, destaques econômico e ambiental. Porém, salientam-se desafios e a necessidade de investigações que abordem este tema no uso destas tecnologias para a *Stevia rebaudiana* Bertoni, uma vez que ainda são escassos os trabalhos que contemplam este tema para esta matriz vegetal.

CONCLUSÕES

A partir da revisão da literatura foi possível observar o aumento da importância no estudo de formas de obtenção dos compostos de interesse da stevia, uma vez que se tem verificado um grande avanço científico envolvendo os estudos de plantas que apresentem

compostos com propriedades terapêuticas na última década. O processo empregado na obtenção dos glicosídeos de esteviol vem sendo comumente realizado através dos métodos convencionais de prensagem, maceração, infusão e percolação, sendo possível verificar que estes métodos apresentam alguns inconvenientes, como o longo tempo de extração, menor rendimento e a necessidade de grandes quantidades de solvente, se comparados à métodos não convencionais de extração, como o ultrassom, micro-ondas, eletrotecnologias e em meio pressurizado.

Dentre as vantagens relacionadas a estes métodos, pode-se citar a forma de obtenção e recuperação eficiente, que não cause tantas perdas em seus processos, como a degradação de compostos que levem à consequências negativas na qualidade do produto, possibilidade de eliminação das etapas de filtração e lavagem, além da alta e rápida taxa de extração, produção limpa, operação fácil e contínua e a possibilidade de emprego de diversos solventes e água, contemplando assim, à estes processos, a caracterização efetiva de “extração verde”.

REFERÊNCIAS

- BARBA, F. J.; GRIMI, N.; NEGM, M.; QUÍLEZ F.; VOROBIEV, E. **Green recovery technology of sweeteners from *Stevia rebaudiana* Bertoni leaves.** Leaf Sweeteners: Resources, Processing and Health Effects, v. 01, p. 41-55, 2014.
- BARBA, F. J.; GRIMI, N.; VOROBIEV, E. **Evaluating the potential of cell disruption technologies for green selective extraction of antioxidant compounds from *Stevia rebaudiana* Bertoni leaves.** *Journal of Food Engineering*, v. 149, p. 222–228, 2015a.
- BARBA, F. J.; GRIMI, N.; VOROBIEV, E. **New approaches for the use of non-conventional cell disruption technologies to extract potential food additives and nutraceuticals from microalgae.** *Food Engineering Reviews*, v. 7, n. 1, p. 45–62, 2015b.
- BERK, Z. **Food Process Engineering and Technology.** Food Science and Technology, International Series. Elsevier Inc, Second Edition, USA, 2013, p. 287-310.
- BUBALO, C. M.; VIDOVIĆ, S.; REDOVNIKOVIC, I. R.; JOKIĆ, S. **New perspective in extraction of plant biologically active compounds by green solvents.** Food and Bioproducts Processing. Food and Bioproducts Processing, v. 109, p. 52-73, 2018.
- BOUSSETTA, N.; LESAIN, O.; VOROBIEV, E. **A study of mechanisms involved during the extraction of polyphenols from grape seeds by pulsed electrical discharges.** *Innovative Food Science Emerging Technology*, v. 19, p. 124–132, 2013.
- BOUSSETTA, N.; VOROBIEV, E. **Extraction of valuable biocompounds assisted by high voltage electrical discharges: A review.** *Comptes Rendus Chimie*, v. 17, n. 3, p. 197–203, 2014.
- BOYE, J. I.; ARCAND, Y. **Green Technologies in Food Production and Processing;**

BRAHMACHARI, G.; MANDAL, L. C.; ROY, R.; MONDAL, S.; BRAHMACHARI, A. K. **Stevioside and related compounds – molecules of pharmaceutical promise: a critical overview.** Arch Pharm (Weinheim), v. 344, p. 5–19, 2011.

BRUNNER, G. **Gas extraction:** an introduction to fundamentals of supercritical fluids and the application to separation processes. 1st. Ed. Darmstadt: Steinkopff, New York: Springer, p. 387, 1994.

CARAKOSTAS, M. C.; CURRY, L. L.; BOILEAU, A. C.; BRUSICK, D. J. **Overview:** The history, technical function and safety of rebaudioside A, a naturally occurring steviol glycoside, for use in food and beverages. Food and Chemical Toxicology, v. 46, p. 1-10, 2008.

CARBONELL-CAPELLA, J. M.; BARBA, F. J.; ESTEVE, M. J.; FRÍGOLA, A. **High pressure processing of fruit juice mixture sweetened with *Stevia rebaudiana* Berton:** Optimal retention of physical and nutritional quality. Innovative Food Science & Emerging Technologies, v. 18, p. 48-56, 2013.

CARBONELL-CAPELLA, J. M.; ŽLABUR, J. Š.; BRNČIĆ, S. R.; BARBA, F. J.; GRIMI, N.; KOUBAA, M.; BRNČIĆ, M.; VOROBIEV, E. **Electrotechnologies, microwaves, and ultrasounds combined with binary mixtures of ethanol and water to extract steviol glycosides and antioxidant compounds from *Stevia rebaudiana* leaves.** Journal of Food Processing and Preservation, v. 9, p. 1159-1168, 2016.

CAVALCANTI, R. N. Extração de antocianinas de resíduo de jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) utilizando líquido pressurizado e fluido supercrítico: caracterização química, avaliação econômica e modelagem matemática. **Tese de doutorado em Engenharia de Alimentos.** Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). 2013.

CHATSUDTHIPONG, V.; MUANPRASAT, C. **Stevioside and related compounds Therapeutic benefits beyond sweetness.** Pharmacology & Therapeutics, v. 121, p. 41-54, 2009.

CHEMAT, F.; ZIL-e, -H.; KHAN, M. K. **Applications of ultrasound in food technology:** Processing, preservation and extraction. Ultrasonics Sonochemistry, v. 18, n. 4, p. 813-835, 2011.

CHEMAT, F.; CRAVOTTO, G. In **Microwave-Assisted Extraction for Bioactive Compound;** Chemat, F., Cravotto, G., Eds.; Springer: New York, 2013.

CHEMAT, F.; ROMBAUT, N.; SICAIRE, A. G.; MEULLEMIESTRE, A.; FABIANO-TIXIER, A. N.; ABERT-VIAN, M. **Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications: A review.** Ultrasonics Sonochemistry, v. 34, p. 540-560, 2017.

CRIADO, M. N.; BARBA, F. J.; FRÍGOLA, A.; RODRIGO, D. **Effect of *Stevia rebaudiana* on Oxidative Enzyme Activity and Its Correlation with Antioxidant Capacity and Bioactive Compounds.** Food Bioprocess Technology, v. 7, p. 1518–1525, 2014.

DACOME, A. S.; SILVA, C. C.; COSTA, C. E. M.; FONTANA, J. D.; ADELMANN, J.; COSTA, S. C. **Sweet diterpenic glycosides balance of a new cultivar of *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni**: Isolation and quantitative distribution by chromatographic, spectroscopic, and electrophoretic methods. *Process Biochemistry*, v. 40, p. 3587-3594, 2005.

DENG, Q.; ZINOVIADOU, K. G.; GALANAKIS, C. M.; ORLIEN, V.; GRIMI N.; VOROBIEV, E.; LEBOVKA, N.; BARBA, F. J. **The effects of conventional and non-conventional processing on glucosinolates and its derived forms, isothiocyanates**: extraction, degradation, and applications. *Food Engineering Reviews*, v. 7, p. 357-381, 2015.

DUVAL, Q.; GRIMI, N.; VOROBIEV, E. **Intensification d'un procédé de production du stevioside à partir des feuilles de stevia**. *Rapp. PTV*, 50, 2011.

ERKUCUK, A.; AKGUN, H.; YESIL-CELIK, O. **Supercritical CO₂ extraction of glycosides from *Stevia rebaudiana* leaves**: Identification and optimization. *The Journal of Supercritical Fluids*, v. 51, n. 1, p. 29-35, 2009.

FERRAZZANO, G. F.; CANTILE, T.; ALCIDI, B.; CODA, M.; INGENITO, A.; ZARRELLI, A.; DI FABIO, G.; POLLIO, A. **Is *Stevia rebaudiana* Bertoni a non cariogenic sweetener?** A review. *Molecules*, v. 21, p. 1-12, 2016.

FORMIGONI, M.; MILANI, P. G.; DACOME, A. S.; COSTA, S. C. **Effect of enzymatic pretreatment on the extraction yield of *Stevia rebaudiana* leaves**. *International Food Research Journal*, v. 25, n. 4, p. 1510-1514, 2018a.

FORMIGONI, M.; MILANI, P. G.; AVINCOLA, A.; SANTOS, V. J.; MARCHI, L. B.; DACOME, A. S.; PILAU, E.; COSTA, S. C. **Pretreatment with ethanol as an alternative to improve steviol glycosides extraction and purification from a new variety of stevia**. *Food Chemistry*, v. 241, p. 452-459, 2018b.

FORMIGONI, M.; COSTA, S. C.; ZORZENON, M. R. T.; MILANI, P. G.; RASPE, D. T.; CIOTTA, S.; DACOME, A. S. **Conventional extraction techniques**. In: *Stevio Glycosides: Production, Properties and Applications*. Elsevier. 1ed. 2020.

GALANAKIS, C. M.; BARBA, F. J.; PRASAD, K. N. **Cost and Safety Issues of Emerging Technologies against Conventional Techniques**. *Food Waste Recovery Processing Technologies and Industrial Techniques*, p. 323-338, 2015.

GASMALLA, M. A. A.; YANG, R.; MUSA, A.; HUA, X.; YE, F. **Influence of sonication process parameters to the state of liquid concentration of extracted rebaudioside A from *Stevia* (*Stevia rebaudiana* Bertoni) leaves**. *Arabian Journal of Chemistry*, v. 10, p. 726-731, 2017.

GÖRGÜÇ, A.; GENÇDAĞ, E.; YILMAZ, F. M. **Optimization of microwave assisted enzymatic extraction of steviol glycosides and phenolic compounds from stevia leaf**. *Acta Periodica Technologica*, v. 50, p. 69-76, 2019.

HENG, M. Y.; TAN, S. N.; YONG, J. W. H.; ONG, E. S. **Emerging green technologies for the chemical standardization of botanicals and herbal preparations**. *Trends in Analytical Chemistry*, v. 50, p. 1-10, 2013.

JAITAK, V.; BANDNA, B. S.; KAUL, V. K. **An efficient microwave-assisted extraction process of stevioside and rebaudioside-A from *Stevia rebaudiana* (Bertoni).** *Phytochemical Analysis*, v. 20, p. 240-245, 2009.

JEPPESSEN, P. B.; GREGERSEN, S.; POULSEN, C. R.; HERMANSEN, K. **Stevioside acts directly on pancreatic β -cells to secrete insulin:** Actions independent of cyclic adenosine monophosphate and adenosine triphosphate-sensitive K^+ channel activity. *Metabolism*, v. 49, p. 208-214, 2000.

KHODDAMI, A.; WILKES, M. A.; ROBERTS, T. H. **Techniques for analysis of plant phenolic compounds.** *Molecules*, v. 18, n. 2, p. 2328-2375, 2013.

KOUBAA, M.; ROSELLÓ-SOTO, E.; ŠIĆ ŽLABUR, J.; JAMBRAK, A. R.; BRNČIĆ, M.; GRIMI, N.; BOUSSETTA, N.; BARBA, F. J. **Current and new insights in the sustainable and green recovery of nutritionally valuable compounds from *Stevia rebaudiana* Bertoni.** *Journal of Agricultural Food and Chemistry*, v. 63, n. 31, p. 6835-6846, 2015.

KOVACEVIC, D. B.; BARBA, F. J.; GRANATO, D.; GALANAKIS, C. M.; HERCEG, Z.; DRAGOVIC-UZELAC, V.; PUTNIK, P. **Pressurized Hot Water Extraction (PHWE) for the Green Recovery of Bioactive Compounds and Steviol Glycosides from *Stevia rebaudiana* Bertoni Leaves.** *Food Chemistry*, v. 254, p. 150-157, 2018.

KOVYLYAEVA, G. I.; BAKALEINIK, G. A.; STROBYKINA, I. YU.; GUBSKAYA, V. I.; SHARIPOVA, R. R.; AL'FONSOV, V. A.; KATAEV, V. E.; TOLSTIKOV, A. G. **Glycosides from *Stevia rebaudiana*.** *Chemistry of Natural Compounds*, v. 43, n. 1, p. 81-85, 2007.

LIANG, X.; FAN, Q. **Application of sub-critical water extraction in pharmaceutical industry.** *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*, v. 1, p. 1-6, 2013.

LIU, J., LI, J.-W., TANG, J. **Ultrasonically assisted extraction of total carbohydrates from *Stevia rebaudiana* Bertoni and identification of extracts.** *Food and Bioproducts Processing*, v. 88, p. 215-221, 2010.

LOVRIC, V.; PUTNIK, P.; KOVAČEVIĆ, D. B.; JUKIĆ, M.; DRAGOVIĆ-UZELAC, V. **Effect of Microwave-Assisted Extraction on the Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity of Blackthorn Flowers.** *Food Technology and Biotechnology*, v. 55, n. 2, p. 243-250, 2017.

MAHNIC-KALAMIZA, S.; VOROBIEV, E.; MIKLAVČIČ, D. **Electroporation in Food Processing and Biorefinery.** *The Journal of Membrane Biology*, v. 247, p. 1279-1304, 2014.

MCDONNELL, C.; TIWARI, B. K. Chapter Five - Ultrasound: **A Clean, Green Extraction Technology for Bioactives and Contaminants.** *Comprehensive Analytical Chemistry*, n. 6, p. 11-129, 2017.

MILANI, P. G.; FORMIGONI, M.; LIMA, Y. C.; PIOVAN, S.; PEIXOTO, G. M. L.; CAMPARSI, D. M.; DA SILVA RODRIGUES, W. N.; DA SILVA, J. Q. P.; DA SILVA AVINCOLA, A.; PILAU, E. J.; DA COSTA, C. E. M.; DA COSTA, S. C. **Fortification of the whey protein isolate antioxidant and antidiabetic activity with fraction rich in phenolic compounds obtained from *Stevia rebaudiana* (Bert.). Bertoni leaves.** *Journal of Food Science and Technology*, v. 54, p. 2020-2029, 2017.

MILIĆ, P. S.; RAJKOVIĆ, K. M.; STAMENKOVIĆ, O. S.; VELJKOVIĆ, V. B. **Kinetic modeling and optimization of maceration and ultrasound-extraction of resinoid from the aerial parts of white lady's bedstraw (*Gallium mollugo* L.).** *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 20, p. 525 -534, 2013.

MIRZADEH, M.; ARIANEJAD, M. R.; KHEDMAT, L. **Antioxidant, antiradical, and antimicrobial activities of polysaccharides obtained by microwave-assisted extraction method: a review.** *Carbohydrate Polymers*, v. 229, n. 1, p. 1-39, 2020.

MONTOYA, M. F., SÁNCHEZ, F. A.; PEREDA, S. **Equilibrium in Pressurized Systems (Sub and Supercritical).** In: PEREIRA, C. G. **Thermodynamics of Phase Equilibria in Food Engineering**, Cambridge: Academic Press. p. 385–418, 2019.

NEGM, M.; GRIMI, N.; VOROBIEV, E. **Pulsed Electric Field Pretreatment Assisted the Green Solvent Extraction of Sweet Glycosides from *Stevia rebaudiana*.** In *International Congress on Green Extraction of Natural Products*; GENP Avignon: France, 2013.

PANDIT, S. G.; VIJAYANAND, P.; KULKARNI, S. G. **Pectic principles of mango peel from mango processing waste as influenced by microwave energy.** *LWT - Food Science and Technology*, v. 64, n. 2, p. 1010-1014, 2015.

PARNIAKOV, O.; BARBA, F. J.; GRIMI, N.; LEOVKA, N.; VOROBIEV, E. **Impact of pulsed electric fields and high voltage electrical discharges on extraction of high-added value compounds from papaya peels.** *Food Research International*, v. 65 (Part C), p. 337–343, 2014.

PASSOS, C. P.; SILVA, R. M.; SILVA, F. S.; COIMBRA, M. A.; SILVA, C. M. **Supercritical fluid extraction of grape seed (*Vitis vinifera* L.) oil. Effect of the operating conditions upon oil composition and antioxidant capacity.** *Chemical Engineering Journal*, v. 160, n. 2, p. 634-640, 2010.

POL, J.; OSTRA, E. V.; KARASEK, P.; ROTH, M.; BENESOVA, K.; KOTLARIKOVA, P. **Comparison of two different solvents employed for pressurized fluid extraction of stevioside from *Stevia rebaudiana*: methanol versus water.** *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, v. 388, p. 1847–1857, 2007.

PRADO, J.M.; VEGGI, P.C.; MEIRELES, M.A.A. **Scale-Up Issues and Cost of Manufacturing Bioactive Compounds by Supercritical Fluid Extraction and Ultrasound Assisted Extraction.** In: Babosa-Cánovas G. et al. (Eds) *Global Food Security and Wellness*. Springer, New York, p. 377-433, 2017.

PINGRET, D.; FABIANO-TIXIER, A.-S.; BOURVELLEC, C. L.; RENARD, C. M. G. C.; CHEMAT, F. **Lab and pilot-scale ultrasound-assisted water extraction of polyphenols from apple pomace.** *Journal of Food Engineering*, v. 111, n. 1, p. 73–81, 2012a.

PINGRET, D.; DURAND, G.; FABIANO-TIXIER, A.-S.; ROCKENBAUER, A.; GINIES, C.; CHEMAT, F. **Degradation of edible oil during food processing by ultrasound: electron paramagnetic resonance, physicochemical, and sensory appreciation.** *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 60, n. 31, p. 7761–7768, 2012b.

PURI, M.; SHARMA, D. **Antibacterial activity of stevioside towards food-borne pathogenic bacteria.** Engineering in Life Sciences, v. 11, n. 3, p. 326-329, 2011.

PURI, M.; SHARMA D.; TIWARI, A. K. **Downstream processing of stevioside and its potential applications.** Biotechnology Advances, v. 29, p. 781-791, 2011.

PURI, M.; SHARMA, D.; BARROW, C. J.; TIWARY, A. K. **Optimisation of novel method for the extraction of steviosides from *Stevia rebaudiana* leaves.** Food Chemistry, v. 132, p. 1113–1120, 2012.

PUTNIK, P.; BURSAC KOVAČEVIĆ, D.; DRAGOVIĆ-UZELAC, V. **Optimizing acidity and extraction time for polyphenolic recovery and antioxidant capacity in grape pomace skin extracts with response surface methodology approach.** Journal of Food and Process Preservation, v. 40, n. 6, p. 1256-1263, 2016.

RODRIGUEZ-JASSO, R. M.; MUSSATTO, S. I.; PASTRANA, L.; AGUILAR, C. N.; TEIXEIRA, J. A. **Microwave-assisted extraction of sulfated polysaccharides (fucoidan) from brown seaweed.** Carbohydrate Polymers, v. 86, n. 3, p. 1137-1144, 2011.

ROMBAUT, N.; TIXIER, A.-S.; BILY, A.; CHEMAT, F. **Green extraction processes of natural products as tools for biorefinery.** Biofuels, Bioproducts and Biorefining, v. 8, n. 4, p. 530–544, 2014.

SANTOS, K. A.; BARICCATTI, R. A.; CARDOZO-FILHO, L.; SCHNEIDER, R.; PALÚ, F.; SILVA, C.; SILVA, E. A. **Extraction of crambe seed oil using subcritical propane: Kinetics, characterization and modeling.** Journal of Supercritical Fluids, v. 104, p. 54–61, 2015.

SHARMA, D.; PURI, M.; TIWARI, A. K.; SINGH, N.; JAGGI, A. S. **Antiamnesic effect of stevioside in scopolamine-treated rats.** Indian Journal of Pharmacology, v. 42, p. 164–167, 2010.

TAKAHASHI, K.; MATSUDA, M.; OHASHI, K.; TANIGUCHI, K.; NAKAGOMI, O.; ABE, Y.; MORI, S.; SATO, N.; OKUTANI, K.; SHIGETA, S. A. **Analysis of anti-rotavirus activity of extract from *Stevia rebaudiana*.** Antiviral Research, v. 49, n. 1, p. 15-24, 2001.

TAYLOR, L. T. **Supercritical fluid extraction.** New York: John Wiley & Sons Inc., p. 181, 1996.

TEO, C. C.; TAN, S. N.; YONG, J. W. H.; HEW, C. S.; ONG, E. S. **Validation of green-solvent extraction combined with chromatographic chemical fingerprint to evaluate quality of *Stevia rebaudiana* Bertoni.** Journal of Separation Science, v. 32, n. 4, p. 613-622, 2009.

TÖPFL, S. **Pulsed Electric Fields (PEF) for Permeabilization of Cell Membranes in Food and Bioprocessing Applications.** Process and Equipment Design and Cost Analysis; Berlin University of Technology: Berlin, 2006.

TZIA, C.; IADAKIS, G.; AGUILERA, J. M. **Extraction Optimization in Food Engineering.** Marcel Dekker, Inc. USA, 2003, p. 33-34.

VASCONCELLOS, C. M. C. Extração supercrítica dos óleos voláteis de *Achyrocline satureioides* (Macela) e *Vetiveria zizanioides* (Vetiver): determinação da cinética de extração e estimativa de custos de manufatura. **Dissertação de Mestrado em Engenharia de Alimentos**. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, p. 114, 2007.

VINATORU, M.; MASON, T. J.; CALINESCU, I. **Ultrasonically Assisted Extraction (UAE) and Microwave Assisted Extraction (MAE) of Functional Compounds from Plant Materials**. Trends in Analytical Chemistry, v. 97, p. 159-178, 2017.

VIROT, M.; TOMAO, V.; LE BOURVELLEC, C.; RENARD, C. M. C. G.; CHEMAT, F. **Towards the industrial production of antioxidants from food processing by-products with ultrasound-assisted extraction**. Ultrasonics Sonochemistry, v. 17, n. 6, p. 1066–1074, 2010.

WILLIAMS, L. D.; BURDOCK, G. A. **Genotoxicity studies on a high-purity rebaudioside A preparation**. Food and Chemical Toxicology, v. 47, p. 1831-1836, 2009.

WÖLWER-RIECK U. **The Leaves of *Stevia rebaudiana* (Bertoni), Their Constituents and the Analyses Thereof: A Review**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 60, p. 886-895, 2012.

YILDIZ-OZTURK, E.; TAG, O.; YESIL-CELIK TAS, O. **Subcritical water extraction of steviol glycosides from *Stevia rebaudiana* leaves and characterization of the raffinate phase**. Supercritical Fluids, v. 95, p. 422-430, 2014.

YU, H.; YANG, G.; SATO, M.; YAMAGUCHI, T.; NAKANO, T.; XI, Y. **Antioxidant activities of aqueous extract from *Stevia rebaudiana* stem waste to inhibit fish oil oxidation and identification of its phenolic compounds**. Food Chemistry, v. 232, p. 379-386, 2017.

ZENG, W. C.; ZHANG, Z.; GAO, H.; JIA, L. R.; CHEN, W. Y. **Characterization of antioxidant polysaccharides from *Auricularia auricular* using microwave-assisted extraction**. Carbohydrate Polymers, v. 89, n. 2, p. 694-700, 2012.

ŽLABUR, J. Š.; VOČA1, S.; DOBRICĚVIĆ, N.; BRNČIĆ, M.; DUJMIĆ, F.; BRNČIĆ, S. R. **Optimization of ultrasound assisted extraction of functional ingredients from *Stevia rebaudiana* Bertoni leaves**. International Agrophysics, v. 29, p. 231-237, 2015.

CAPÍTULO 06: SORO DE LEITE NA PRODUÇÃO DE PRODUTOS CÁRNEOS**CAPÍTULO 06: SUERO DE LECHE EN LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS CÁRNICOS****CHAPTER 06: WHEY IN THE PRODUCTION OF MEAT PRODUCTS**

Verônica Freire Queiroz¹; Ana Thaís Campos de Oliveira²; Ana Paula Ferreira de Almeida³, Kerliana Paula Amorim de Moura⁴; Antonia Lucivânia de Sousa Monte⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.63-77>

RESUMO

A carne e os produtos lácteos são considerados as duas principais fontes de proteína para os humanos desde tempos antigos. Durante as últimas décadas, os aditivos têm sido amplamente utilizados em produtos cárneos para reduzir os custos de produção e melhorar a sua funcionalidade. O soro de leite é um subproduto da indústria de laticínios e a sua adição na produção de produtos cárneos, aumentaria o apelo junto ao consumidor, pois melhoraria o valor nutricional, além de enriquecê-lo com suas propriedades. Este estudo teve como objetivo identificar através da literatura científica, como o soro de leite pode ser aplicado em produtos cárneos, e quais as suas influências sobre as características físico-químicas e sensoriais desses alimentos. Este estudo é uma revisão bibliográfica, assim a pesquisa dos artigos científicos foi obtida nas seguintes bases de dados eletrônicas: PubMed, ScienceDirect e Google Acadêmico. Para a coleta dos artigos utilizou-se as seguintes combinações dos descritores em inglês (“sausage” OR “meat products”) AND “whey”, foram excluídos os artigos publicados fora do período determinado, 2019 a 2020, e incluídos artigos disponíveis integralmente e gratuitos, nas línguas portuguesa, inglesa e espanhola. A literatura demonstrou que se pode usar outros ingredientes naturais em produtos cárneos como o soro de leite, e que isso pode ocasionar mudanças nas características dos produtos, podendo ser usado de diversas formas na produção desses alimentos, trazendo diversos benefícios, no seu valor nutricional, como também nas propriedades físico-químicas, aumentando a capacidade de ligação de água, além da melhoria no parâmetros sensoriais como: mastigabilidade, gomosidade, dureza e força de cisalhamento. Concluiu-se que é viável a utilização do soro de leite em embutidos, podendo ser usado como aditivo ou substituto de ingredientes no processo de produção desses alimentos, o que resultaria em produtos com características físico-químicas, nutricionais e propriedades sensoriais desejáveis atendendo as demandas dos consumidores.

Palavras-Chave: Embutidos; Subproduto; Carne; Aditivo.

RESUMEN

La carne y los productos lácteos se han considerado las dos principales fuentes de proteínas para los seres humanos desde la antigüedad. Durante las últimas décadas, los aditivos se han utilizado ampliamente en productos cárnicos para reducir los costos de producción y mejorar su funcionalidad. El suero es un subproducto de la industria láctea y su incorporación en la elaboración de productos cárnicos aumentaría el atractivo para el consumidor, ya que mejoraría el valor nutricional, además de enriquecerlo con sus propiedades. Este estudio tuvo como objetivo identificar a través de la literatura científica, cómo se puede aplicar el suero de leche en los productos cárnicos y cuáles son sus influencias en las características físico-químicas y sensoriales de estos alimentos. Este estudio es una revisión

¹Tecnologia em Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), vevequeiroz53@gmail.com

² Mestranda em Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), [euthaiscampos.alimentos@gmail.com](mailto: euthaiscampos.alimentos@gmail.com)

³ Mestranda em Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), ana.paula.ferreira.almeida123@gmail.com

⁴ Tecnologia em Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), kerligryffindor@gmail.com

⁵ Docente, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), lucivania@ifce.edu.br

bibliográfica, por lo que la búsqueda de artículos científicos se obtuvo de las siguientes bases de datos electrónicas: PubMed, ScienceDirect y Google Scholar. Para recopilar los artículos, se utilizaron las siguientes combinaciones de descriptores en inglés (“sausage” OR “meat products”) AND “whey”, se excluyeron los artículos publicados fuera de un período especificado, 2019 a 2020, y los artículos estaban disponibles en su totalidad y de forma gratuita. of charge., en portugués, inglés y español. La literatura ha demostrado que otros ingredientes naturales pueden ser utilizados en productos cárnicos como el suero, y que esto puede provocar cambios en las características de los productos, los cuales pueden ser utilizados de diferentes formas en la producción de estos alimentos, trayendo varios beneficios, en su valor nutricional, así como en las propiedades fisicoquímicas, incrementando la capacidad de retención de agua, además de la mejora de parámetros sensoriales como: masticabilidad, gomosidad, dureza y fuerza de cizallamiento. Se concluyó que el uso de lactosuero en embutidos es factible, pudiendo ser utilizado como aditivo o sustituto de ingredientes en el proceso de producción de estos alimentos, lo que daría como resultado productos con propiedades fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales deseables, satisfaciendo las demandas de los consumidores.

Palabras Clave: Embutidos; Subproducto; Carne; Aditivo.

ABSTRACT

Meat and dairy products have been considered the two main sources of protein for humans since ancient times. During the past few decades, additives have been widely used in meat products to reduce production costs and improve their functionality. Whey is a by-product of the dairy industry and its addition in the production of meat products would increase the appeal to the consumer, as it would improve the nutritional value, in addition to enriching it with its properties. This study aimed to identify through the scientific literature, how whey can be applied in meat products, and what are its influences on the physical-chemical and sensory characteristics of these foods. This study is a literature review, so the bibliographic search for scientific articles was obtained from the following electronic databases: PubMed, ScienceDirect and Google Scholar. To collect the articles, the following combinations of descriptors in English (“sausage” OR “meat products”) AND “whey” were used, articles published outside a specified period, 2019 to 2020, were excluded and articles were available in full and free of charge, in Portuguese, English and Spanish. The literature demonstrated that other natural ingredients can be used in meat products such as whey, and that this can cause changes in the characteristics of the products, which can be used in different ways in the production of these foods, bringing several benefits, in their nutritional value, as well as in the physical-chemical properties, increasing the water binding capacity, in addition to the improvement in sensory parameters such as: chewability, guminess, hardness and shear force. It was concluded that the use of whey in sausages is feasible, and can be used as an additive or substitute of ingredients in the production process of these foods, which would result in products with desirable physicochemical, nutritional and sensory properties, meeting the demands consumers.

Keywords: Sausage; By-product; meat; Additive.

INTRODUÇÃO

A carne e os produtos lácteos são considerados as duas principais fontes de proteína para os humanos desde tempos antigos. Tradicionalmente, eles têm um interesse comum em manter uma imagem positiva para fonte de proteína de origem animal (PAME et al., 2020).

Na história da evolução do homem, a carne tem tido um papel relevante na sua alimentação. A partir da legislação sobre alimentos, o termo carne engloba todas as partes dos animais fresca ou processada, de forma adequada para consumo humano. Este termo inclui o tecido de vários músculos podendo conter tecido adiposo (DIAS, 2020). Hoje existe uma

grande diversidade de produtos cárneos no mercado o que agrada aos consumidores, que preocupados com a saúde, buscam a cada dia alimentos mais saudáveis. Tendo isso em vista, a indústria teve que se moldar as exigências e diversos estudos vem sendo desenvolvidos no intuito de tornar o produto cárneo nutricionalmente valorizado sem comprometer a qualidade. Durante as últimas décadas, vários ingredientes não cárneos, aditivos, têm sido amplamente utilizados nas formulações de produtos cárneos para melhorar as propriedades dos produtos ao mesmo tempo gerando redução de custos (PAME et al., 2020). Dentre estes aditivos, destacam-se as proteínas vegetais, fibras alimentares, ervas e especiarias que podem aumentar o valor nutricional e proporcionar benefícios para a saúde humana (SAQUETI et al., 2019).

O soro de leite é um subproduto da indústria de laticínio, pode ser definido como a parte líquida, de cor amarelo-esverdeado, resultante da coagulação do leite por ácido ou por enzimas proteolíticas (OLIVEIRA, 2009). É composto por β -lactoglobulina, α -lactalbumina, imunoglobulina, albumina sérica bovina, lactoferrina, lactoperoxidase, glicomacropeptídeo, bem como numerosos fatores e enzimas biologicamente ativos (VELEMIR et al., 2020). A adição de soro de leite na produção de produtos cárneos pode aumentar o apelo junto ao consumidor, pois melhora valor nutricional e adiciona vários recursos de funcionalidade para o produto (PAME et al., 2020).

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo identificar através da literatura científica como o soro de leite pode ser aplicado em produtos cárneos, e quais as suas influências sobre as características físico-químicas e sensoriais desses alimentos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Produtos cárneos

A crescente conscientização dos consumidores de alimentos sobre a relação entre dieta, nutrientes e saúde tem contribuído para o desenvolvimento de novas pesquisas com foco em alimentos funcionais (KONONIUK; KARWOWSKA, 2020b).

Os produtos cárneos são inerentes à cultura alimentar e são amplamente consumidos em todo o mundo (PINTADO; DELGADO-PANDO, 2020). Versatilidade, produtos mais atraentes, oportunidades de redução de desperdício e vidas úteis mais altas, são algumas das principais características que diferenciam os produtos cárneos (PINTADO; DELGADO-PANDO, 2020). Especiarias, aditivos, agentes aromatizantes, enzimas, açúcares, carboidratos, fibras e produtos proteicos são comumente usados na fabricação desses alimentos (VELEMIR

et al., 2020).

O surgimento dos embutidos aconteceu a partir da necessidade de ampliar a vida útil de carnes, sendo observado que, ao picar, salgar, adicionar aromatizantes, embutir e dessecar, adquiria propriedades sensoriais agradáveis e também seu prazo de vida era estendido. (ORDONEZ et al., 2005).

De acordo com a legislação, embutidos são os produtos cárneos elaborados com carne ou com órgãos comestíveis, curados ou não, condimentados, cozidos ou não, defumados e dessecados ou não, tendo como envoltório a tripa, a bexiga ou outra membrana animal. Dentre os produtos, são considerados embutidos, linguiça, morcela, mortadela, salsicha, salame e pepperoni (BRASIL, 2017).

A pesquisa para o desenvolvimento de produtos cárneos mais saudáveis começou na década de 1990, mas ainda representa uma grande parte da pesquisa atual neste campo. Duas estratégias são seguidas principalmente: a redução de componentes prejudiciais a quantidades adequadas e a incorporação de ingredientes potencialmente benéficos para a saúde. O primeiro é focado na redução de ácidos graxos saturados prejudiciais, sal, colesterol e aditivos como nitrito ou fosfatos, sendo que este último estuda a incorporação dos chamados “ingredientes funcionais”, principalmente de origem vegetal, que conferem características mais saudáveis ao produto (PINTADO; DELGADO-PANDO, 2020). No entanto, apesar dos efeitos positivos para a saúde, a eliminação do nitrato de sódio criou alguns problemas tecnológicos e pode afetar as características de qualidade dos produtos cárneos (KONONIUK; KARWOWSKA, 2020b).

Soro de leite

O leite contém duas frações protéicas principais que podem ser usadas como fontes de peptídeos bioativos: caseína e soro de leite. Tradicionalmente, as caseínas têm sido a proteína do leite mais estudada, enquanto as proteínas do soro do leite têm lutado para se transformar em um subproduto que poderia ser usado como ingrediente ativo em alimentos (BARRÓN-AYALA et al., 2020).

Os aspectos particularmente estudados do lactosoro para alimentação são: alimentação infantil, bebidas lácteas, produtos lácteos (queijos e iogurtes), sorvetes e produção de biomassa. A utilização em outros setores alimentares também tem sido explorada e se desenvolve nas indústrias de panificação, confeitaria e produtos derivados de carne (OLIVEIRA, 2009).

Embora o uso de produtos de soro tenha sido tradicionalmente interpretado como um meio de reduzir os custos com ingredientes, o verdadeiro benefício da adição de produtos de soro consiste no maior valor agregado ao produto final em função das melhores características de sabor, textura e outros parâmetros nutricionais, como benefícios nutracêuticos e outros, além

de amenizar o problema da poluição ambiental. (OLIVEIRA, 2009).

A proteína do soro pode substituir parcialmente a proteína da carne, bem como substituir parcial ou totalmente a proteína de soja e outros agentes de ligação, cargas, amido modificado e hidrocolóides (LUKIN, 2020). O uso complexo de matéria-prima de carne crua e proteínas de soro de leite torna possível melhorar a qualidade de produtos de carne. Portanto, usar o soro de leite como um componente da fórmula em produtos cárneos é uma questão atual (LUKIN, 2020).

METODOLOGIA

Este estudo trata-se de uma revisão bibliográfica. Os artigos de revisão são publicações científicas, construídos a partir de fontes da literatura ou eletrônicas, sendo o estudo realizado utilizando resultados de outros autores, fundamentando assim de forma teórica determinado assunto. Esse tipo de revisão é ideal para um leitor adquirir e atualizar conhecimentos sobre determinada temática em curto espaço de tempo (ROTHER, 2007).

Portanto, a presente revisão foi realizada no mês de março de 2021, com o enfoque em buscar artigos que tratassem do assunto escolhido, soro de leite em produtos cárneos. Inicialmente foi determinada a chave de busca, baseada na temática, sendo em seguida traduzida para o inglês e junto a operadores lógicos “OR” e “AND”, foi realizada a pesquisa utilizando bases de dados eletrônicas. Assim o termo de busca definido foi, (“sausage” OR “meat products”) AND “whey”. Esses descritores juntamente aos operadores lógicos, tiveram a função de auxiliar na obtenção de melhores resultados no momento das buscas. As bases de dados consultadas foram, ScienceDirect, PubMed e Google acadêmico.

Os critérios utilizados para inclusão dos artigos foram: ser artigo de pesquisa, disponibilizados na íntegra, nos idiomas português, inglês e espanhol, gratuitos e que tivessem sido publicados entre os anos de 2019 e 2020. Aqueles trabalhos encontrados em mais de uma base de dados eram considerados somente uma vez, e excluídos aqueles que fossem duplicados, que não estivesse nos idiomas escolhidos, que não fossem artigo de pesquisa e também não se encontrassem no período de publicação indicado.

A primeira busca resultou em um total de 2.618 trabalhos sendo, 2.350 encontrados no google acadêmico, 254 no ScienceDirect e 14 no pubMed. A partir dos critérios de inclusão e exclusão, junto a aplicação de filtros, foram selecionados os artigos. O primeiro filtro utilizado foi a leitura dos títulos, o segundo foi a leitura dos resumos e por último a leitura do texto completo. Após todas essas fases, foram selecionados 8 artigos, sendo 3 pertencentes ao

PubMed, 2 ao ScienceDirect e 3 ao Google acadêmico. A partir daí foi realizada a análise criteriosa de cada artigo, buscando uma visão abrangente de cada trabalho, para assim discutir as informações encontradas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como mostrado na metodologia, após a aplicação dos parâmetros de inclusão e exclusão juntamente aos filtros, foram selecionados ao final 8 artigos para análise. Estes trabalhos foram criteriosamente analisados, organizados e extraídas as informações necessárias para o estudo, encontrando-se apresentadas no quadro 1, onde estão identificadas conforme a referência, título traduzido, objetivos e conclusão de cada artigo.

Quadro 01: Análise dos artigos selecionados.

ID	Referência	Título traduzido	Objetivo	Conclusões
A1	LUKIN, 2020	Aplicabilidade do soro de leite em pó desmineralizado na produção de salsicha cozida	Investigar quais efeitos o soro de leite desmineralizado em pó poderia trazer para embutidos em relação aos aspectos organolépticos e valor nutricional, assim elaborar uma fórmula e tecnologia que substituísse parcialmente a matéria-prima carne por soro de leite desmineralizado em pó.	Pode-se ver que no uso do soro de leite desmineralizado, os percentuais de substituição ideais devem ser 5% e 10%, sendo que a 10% produziu os resultados mais satisfatórios de substituição, pois todos os atributos eram bons e aceitáveis, melhorando as características de cor do produto e reduzindo a quantidade de nitrito residual, e em contrapartida aumentando o teor relativo de nitrosopigmentos. Assim o produto apresentou boas propriedades organolépticas, físicas e químicas.
A2	BAIMISHEV et al, 2020	Utilização de soro de leite nativo na produção de presunto de frango defumado	Determinar quais os efeitos do soro de leite nativo na qualidade do presunto defumado de carne de aves.	Os resultados mostraram que o soro de leite melhorou cor e sabor do produto, sendo as melhores porcentagens para sabor foi a adição de 10% de soro de leite, podendo ser usado até 20% na mistura da salmoura para injeção de presunto de frango defumado, permite obter o

				produto acabado com boas características físico-químicas. Assim foi possível desenvolver uma tecnologia de produção para esse produto, bem como a utilização do soro de leite nativo mostrou-se viável.
A3	YANG et al., 2020	Efeitos de <i>Boswellia Serrata</i> e proteína em pó de soro de leite nas propriedades físico-químicas de Rissois de Porco	Determinar os efeitos da mistura de <i>B. serrata</i> e proteína soro em pó nas características de qualidade de hambúrgueres de porco, analisando esse impacto sobre a vida de prateleira do produto.	O estudo mostrou que a combinação de proteína de soro de leite e pó de <i>B. serrata</i> tem efeitos positivos sobre o tempo de vida útil dos hambúrgueres de porco, estendendo-a, ocorrendo assim uma inibição da oxidação lipídica, redução o pH e crescimento bacteriano, melhorando efetivamente a qualidade do alimento.
A4	Velemir et al., 2020	Efeitos das proteínas não carneas na qualidade de linguiças fermentadas	Analisar o efeito que os isolados de proteína de soja e soro de leite poderiam trazer para produção de embutidos tradicionais fermentados caseiros, em condições industriais.	Os resultados mostraram que os suplementos proteicos trouxeram bons resultados para os embutidos fermentados, com excelentes propriedades funcionais, incluindo emulsionantes e de ligação. Foi observada também uma redução na atividade de água, o que é importante para a produção desse tipo de alimento, principalmente na fase de maturação.
A5	KONONIUK; KARWOWSKA, 2020b	Influência da adição de soro de leite ácido liofilizado na formação de aminas biogênicas em linguiças fermentadas a seco de boi e cervo sem nitrito adicionado	Comparar o teor de AB (aminas biogênicas) entre dois tipos de embutidos (com carne de boi e cervo), utilizando um aditivos naturais, soro de leite ácido (liofilizado e líquido), como alternativa a substituição do nitrito.	O uso de soro de leite ácido (liofilizado e líquido) promoveu uma redução na quantidade de nas <i>Enterobacteriaceae</i> teor dos embutidos fermentados a seco sem adição de nitrito, sendo os maiores decréscimos observados nas linguiças de cervo. A adição de soro ácido (liofilizado e líquido) mostrou ser eficiente já que causou a

				redução do teor de AB. Uma maior redução de AB foi observada em amostras com soro ácido líquido em comparação com soro ácido liofilizado.
A6	MARTI-QUIJAL et al, 2019	Influência de diferentes fontes de proteínas vegetais, de soro de leite e micro algas nas propriedades físico-químicas e no perfil de aminoácidos de linguiças de porco frescas	Investigar os efeitos da adição de diferentes proteínas, como leguminosas (ervilhas, lentilhas e feijão), algas (<i>espirulina</i> e <i>clorela</i>) e soro de leite sobre a composição (umidade, gordura, cinzas, carboidratos, proteínas e perfil de aminoácidos) e propriedades físico-químicas (cor, dureza, adesividade, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade) das linguiças suínas.	Observou-se que as proteínas promoveram alterações nas características físico-químicas e estruturais. Em relação a adição do soro de leite, a propriedade de retenção de água aumentou, em relação a textura e aos parâmetros físico-químicos e perfis de aminoácidos, o soro de leite forneceu perfis mais próximos ao da amostra controle.
A7	KONONIUK ;KARWOWSK A et al., 2020a	Compostos bioativos em linguiças fermentadas preparadas a partir de carne de vaca e cervo com adição de soro de leite	Avaliar o efeito do tipo de carne (bovina e cervo) sobre as propriedades nutricionais e o teor de compostos bioativos em embutidos orgânicos fermentados não curados, utilizando o soro ácido liofilizado em substituição ao nitrato.	Observou que as carnes utilizadas são fontes de compostos bioativos como peptídeos, L-carnitina, glutatona e isômeros de CLA (ácido linoléico conjugado), mas a carne de cervo mostrou melhores resultados em relação as características nutricionais, tendo um maior valor nutricional em termos de conteúdo de peptídeos e suas propriedades antioxidantes e conteúdo de L-carnitina. O soro de leite melhora o teor de CLA dos embutidos fermentados a seco preparados com carne de cervo, e consequentemente melhorando assim seu valor nutricional.

A8	BARRÓN-AYALA et al., 2020	Salsichas de porco preparadas com soro de leite hidrolisando: aspectos preliminares de qualidade do produto e atividade inibitória dos peptídeos resultantes na enzima conversora de angiosperma	Elaboração de uma salsicha com hidrolisados de soro de leite e na avaliação dos seus efeitos sobre a qualidade físico-química do produto e na atividade potencial da enzima de conversão da angiotensina após processamento e armazenamento refrigerado dos produtos.	Os resultados deste estudo mostram que o hidrolisado de proteína de soro de leite pode ser utilizado como ingrediente funcional para repor até 100% da água utilizada na formulação de salsichas. Promoveu alterações para os atributos de qualidade como aumento de leveza e amarelecimento, diminuição da dureza, mastigabilidade e força de cisalhamento, mas esses efeitos são relativamente pequenos e não há efeito sobre a vermelhidão, pH ou rendimento do cozimento. A qualidade do produto e o potencial anti-hipertensivo não são afetados pelo armazenamento refrigerado a 4 ° C. E o resultado mais importante foi que a incorporação de hidrolisado de proteína de soro de leite em salsichas aumentará a atividade inibitória da ECA in vitro (enzima de conversão da angiotensina) e o potencial anti-hipertensivo das salsichas.
----	---------------------------	--	---	---

Fonte: Própria (2021)

Carne e derivados e sua importância para alimentação

A cada ano a indústria alimentícia tem tido que se reinventar para atender as demandas de um mercado consumidor altamente exigente. Os consumidores buscam produtos mais saudáveis, com apelo nutricional maior, reduzindo gordura e aditivos químicos. Na produção de embutidos não é diferente, diversos estudos vêm sendo desenvolvidos no intuito de torná-lo cada vez mais rico nutricionalmente, sem interferir nos aspectos físico-químicos e sensoriais, o que poderia levar a problemas na aceitação desses produtos.

A carne e seus derivados compõem a dieta humana desde os primórdios da humanidade, e o seu consumo cresce anualmente, tendo um avanço ainda maior a partir do século XX. Nutricionalmente é rico em vitaminas do complexo B e ferro, porém o consumo excessivo pode

aumentar a probabilidade de desenvolver doenças como câncer, além de obesidade e doenças cardiovasculares. Esse grupo alimentar possui alto valor nutricional, boa fonte de compostos bioativos como, vitaminas, minerais, peptídeos e ácidos graxos, positivo para a saúde humana (KONONIUK e KARWOWSKA, 2020a). Porém tem sido associado a problemas como hipertensão devido ao alto teor de sódio e gorduras saturadas (BARRÓN-AYALA et al., 2020).

Vários tipos de especiarias, aditivos, agentes aromatizantes, enzimas, açúcares, carboidratos, fibras são normalmente usados na fabricação dos produtos cárneos. Mas a ultimamente com o surgimento de diversos estudos, ingredientes naturais estão sendo usados na produção desse tipo de alimento, melhorando sua qualidade e reduzindo os custos. Comumente os condimentos mais utilizados são derivados de laticínios, ovos, plantas e probióticos, que colaboram para o aumento do valor nutricional, aceitação do consumidor, trazendo benefícios para a saúde humana (VELEMIR et al., 2020).

Ingrediente como o soro de leite, são usados frequentemente no intuito de melhorar a textura de produtos cárneos. Esses componentes vão desempenhar papéis importantes, principalmente nas propriedades funcionais, como emulsificação, capacidade de ligação de água e gordura e textura, sendo assim bastante usados como aditivos (VELEMIR et al., 2020).

O ser humano precisa de um total de 20 aminoácidos, sendo 9 são classificados como essenciais e o soro de leite é uma boa fonte de proteínas, alternativa natural excelente para obter esses aminoácidos (MARTI-QUIJAL et al., 2010). As proteínas presentes no soro são de alta qualidade, contendo aminoácidos essenciais e de alta digestibilidade, biologicamente superior a outras fontes proteicas. Estudos mostraram que essas proteínas promovem grandes benefícios a saúde, como atividade antioxidante, regulação imunológica e propriedades antibacterianas e anticâncer (YANG et al., 2020).

No artigo 6 Marti-Quijal et al. (2010), investigaram a ação de diferentes proteínas, entre elas o soro de leite sobre a composição (umidade, gordura, cinzas, carboidratos, proteínas e perfil de aminoácidos) e propriedades físico-químicas (cor, dureza, adesividade, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade) de linguças suínas. Foi observado que as proteínas promoveram alterações positivas sobre as características físico-químicas e estruturais do embutido sendo próximas a da amostra controle, melhorando a propriedade de retenção de água, e os perfis de aminoácidos também foram próximos ao da amostra controle.

Como pode ser visto no artigo 4, Velemir et al. (2020) buscaram através do seu estudo verificar o efeito que isolados de proteínas de soja e soro de leite traziam sobre a embutidos fermentados tradicionalmente caseiros, em condições industriais. Dessa forma, essas proteínas eram adicionadas no intuito de melhorar a qualidade das linguças fermentadas, ao invés de

substituir a carne. Os resultados mostraram que esses complexos proteicos possuem excelentes propriedades funcionais nesses tipos de produtos, inclusive nas propriedades emulsionantes e de ligação. Foi também observada uma redução da atividade de água, que é de suma importância para a produção desse tipo de alimento, principalmente na fase de maturação.

A oxidação lipídica também é um dos fatores que mais interferem na qualidade dos produtos cárneos. A carne quando moída, se torna extremamente vulnerável à contaminação e oxidação tanto no processamento, quanto armazenamento. Esses processos podem assim provocar sabores estranhos e degradantes tóxicos, afetar as propriedades sensoriais, levando a perda de componentes bioativos e de valor nutricional, interferindo na cor, além de reduzir vida útil do alimento. O soro possui propriedades e componentes que apresentam atividades antioxidantes. Os consumidores geralmente tem a tendência de preferir antioxidantes naturais, e uma outra grande vantagem é que esses aditivos conseguem manter a umidade, os lipídios e a composição dos alimentos, bem como melhorar o sabor, tudo isso necessário para embutidos (YANG et al., 2020).

Conforme está descrito no artigo 3, através de seu estudo, Yang et al. (2020) determinaram os efeitos gerados pelas misturas *Boswellia Serrata* e proteína de soro em pó nas características de qualidade de hambúrgueres de porco, bem como quais os impactos que traziam para vida de prateleira e estabilidade oxidativa. Os resultados mostraram que a combinação da proteína de soro de leite e pó de *B. serrata* podem estender a vida útil de hambúrgueres de porco, inibindo diretamente a oxidação lipídica, reduzindo o pH e o crescimento bacteriano, assim melhorando efetivamente as características de qualidade do produto.

Semelhantemente inibição bacteriana pode ser vista no artigo 5, onde Kononiuk e Karwowska (2020b) compararam o teor de aminas biogênicas entre dois tipos de embutidos (com carne de boi comum e cervo), utilizando o soro de leite ácido e soro de leite liofilizado como alternativa ao nitrito. Aminas biogênicas são compostos de nitrogênio, formados de aminoácidos através de reações bioquímicas catalisadas por descarboxilases de aminoácidos, porém em grandes quantidades podem exercer um efeito tóxico. Assim, os resultados mostraram que houve uma redução no teor de *Enterobacteriaceae* dos embutidos fermentados a seco sem adição de nitrito, sendo os maiores decréscimos observados nas linguças de cervo. O uso do soro de leite tanto ácido como o liofilizado foram eficientes na redução de aminas biogênicas.

Soro de leite em produtos cárneos

Segundo Pame et al. (2020), há algumas décadas atrás, a produção de grandes quantidades de soro de leite era um problema sério para muitas fábricas de laticínios, já que não

eram reaproveitados, sendo considerado como subproduto e não sendo utilizados para agregar valor a outros alimentos.

Sendo uma matéria-prima secundária na indústria de laticínios, o soro de leite é utilizado em diversas áreas da produção de alimentos, como panificação, confeitaria, carnes e etc. O soro de leite pode ser encontrado de diversas formas sendo algumas: soro de leite em pó, concentrados proteicos, isolados proteicos, soro ácido e soro desmineralizado. Na indústria de carnes ele pode ser utilizado em uma grande gama de produtos como linguiças, salsichas, mortadelas, entre outros. Na produção de um produto cárneo o soro de leite pode ser usado substituindo parcialmente a proteínas cárnea (LUKIN, 2020).

Dessa forma, a escolha do tipo de soro vai depender também do produto cárneo escolhido, para que assim possa coincidir com as funções e características desejadas. Os concentrados proteicos podem por exemplo ser utilizados como substitutos de gordura de linguiças. As proteínas do soro são obtidas por tecnologia específica e podem trazer ao produto aplicados um sabor aprimorado, como também funcionalidade. No processamento de carnes o soro age sobre a capacidade de ligação da água o que previne assim a perda de volume da massa durante o processo de tratamento térmico e armazenamento, agindo também diretamente sobre as características do produto como suculência, textura, aumento da viscosidade o que vai incidir diretamente sobre a aceitação, já que melhora as impressões paláteis (LUKIN, 2020).

Como pode ser visto no 2, Baimishev et al. (2020), buscaram através do seu experimento, pesquisar qual efeito o soro de leite nativo poderia trazer para a produção de presunto de carne de aves, mostrando os indicadores organolépticos e físico-químicos. Os resultados mostraram que a adição do soro do leite teve boa influência sobre todas as características dos produtos melhorando cor e sabor, permitindo obter um produto acabado com boas características físico-químicas. A produção de presunto defumando de aves aliado ao soro de leite nativo, é economicamente viável.

Já no artigo 8, Barrón-Ayala et al. (2020), elaboraram uma salsicha com hidrolisados de soro de leite avaliando os seus efeitos sobre a qualidade físico-química do produto e na atividade potencial da enzima de conversão da angiotensina após processamento e armazenamento refrigerado dos produtos. Os resultados deste estudo mostraram que o hidrolisado de proteína de soro de leite pode ser utilizado como ingrediente funcional para repor até 100% da água utilizada na formulação de salsichas, promovendo alterações para os atributos de qualidade como aumento de leveza e amarelecimento, diminuição da dureza, mastigabilidade e força de cisalhamento. Mas esses efeitos são relativamente pequenos e não há efeito sobre a vermelhidão, pH ou rendimento do cozimento. A qualidade do produto e o

potencial anti-hipertensivo não são afetados pelo armazenamento refrigerado a 4 °C. E o resultado mais importante foi que a incorporação de hidrolisado de proteína de soro de leite em salsichas aumentará a atividade inibitória da ECA in vitro (enzima de conversão da angiotensina) e o potencial anti-hipertensivo das salsichas.

No artigo 1, Lukin (2020), se propôs a investigar quais os efeitos que o soro de leite desmineralizado em pó poderia promover em embutidos, principalmente em relação aos aspectos organolépticos e valor nutricional. Assim se propôs a elaborar uma fórmula e tecnologia que substituísse parcialmente a matéria-prima cárnea por soro de leite em desmineralizado em pó, obtendo assim produtos de alta qualidade e seguros para consumo.

O soro de leite em pó desmineralizado é rico em proteínas, o que pode promover num produto cárneo a potencialização de propriedades funcionais e tecnológicas. Segundo Lukin (2020), através do seu estudo, verificou-se que introdução do soro de leite no recheio de carne promoveu um aumento na capacidade de ligação e retenção de umidade, reduzindo perdas durante o tratamento térmico. Isso ocorreu porque as proteínas séricas e o cálcio interagem e formam uma matriz de proteína, o que ajuda a aumentar o sistema de ligação por um todo, melhorando suas propriedades funcionais e tecnológicas. Mostrou também que os percentuais de substituição ideais do soro de leite desmineralizado devem ser 5% e 10%, pois melhorou as características de cor do produto e reduziu a quantidade de nitrito residual, e em contrapartida aumentou o teor relativo de nitrosopigmentos, apresentando boas propriedades organolépticas, físicas e químicas.

Diversos estudos vem sendo desenvolvidos no intuito de substituir o nitrato por componentes mais naturais para assim aumentar o valor nutricional dos produtos cárneos. Mas essas mudanças devem ser realizadas com cuidado, pois podem interferir sobre as características de qualidade dos produtos cárneos. Assim, conforme está apresentado no artigo 7, Kononiuk e Karwowska (2020a), avaliaram os efeitos promovidas pelo tipo de carne (bovina e cervo), sobre as propriedades nutricionais e o teor de compostos bioativos em embutidos orgânicos fermentados, utilizando o soro ácido liofilizado em substituição ao nitrato. Os resultados mostraram que a de carne bovina e cervo são fontes de compostos bioativos como peptídeos, L-carnitina, glutatona e isômeros de CLA (ácido linoléico conjugado), e o soro de leite melhorou o teor de CLA dos embutidos fermentados a seco preparados com carne de cervo, e consequentemente melhorando assim seu valor nutricional.

Assim pode ver que o soro de leite pode ser usado na elaboração de produtos cárneos, contendo todos os aminoácidos essenciais, além dos carboidratos representados principalmente pela lactose (90%). Mesmo parecendo simples utilizar o soro de leite na produção de embutidos,

não é bem assim, já que devido a acidez, pode afetar negativamente as proteínas da carne, entretanto, poderia contribuir para resolução de problemas em relação a deficiência de proteína animal (BAIMISHEV et al., 2020).

CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos foi possível concluir que a utilização do soro de leite na produção de produtos cárneos é viável, podendo ser utilizado como aditivo, substituindo ingredientes ou mesmo enriquecendo o alimento, influenciando positivamente sobre as características físico-químicas, nutricionais e propriedades sensoriais desejáveis atendo as demandas dos consumidores.

Diversas foram as formas de utilização do soro de leite em cada trabalho, como soro ácido, concentrados proteicos, soro em pó, e também vários tipos de produtos responderam positivamente a aplicação desse subproduto, desde hamburgueres, presunto, salames e salsichas. Assim, entende-se o soro de leite poderá trazer uma grande gama de benefícios para os embutidos, desempenhar papéis importantes, principalmente nas propriedades funcionais, como emulsificação, capacidade de ligação de água, gordura e textura, além das suas contribuições nutricionais.

REFERÊNCIAS

BARRÓN-AYALA, C.G. et al. Pork frankfurters prepared with hydrolyzed whey: Preliminary product quality aspects and inhibitory activity of the resulting peptides on angiotensin-converting enzyme. **Meat science**, v. 166, p. 108111, 2020.

BRASIL, Ministério Da Agricultura e do Abastecimento Secretaria de Defesa Agropecuária. **Decreto nº 9.013**. Publicado em 29 de março de 2017.

DIAS, R. M. **Determinação de aminas biogénico : implementação de uma metodologia em produtos cárneos**. 2020. 116 p. **Dissertação** (Mestrado) - Curso de Engenharia Alimentar. Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Viana do Castelo, 2020.

KONONIUK, A.D.; KARWOWSKA, M. Bioactive compounds in fermented sausages prepared from beef and fallow deer meat with acid whey addition. **Molecules**, v. 25, n. 10, p. 2429, 2020a.

KONONIUK, A. D.; KARWOWSKA, M. Influence of freeze-dried acid whey addition on biogenic amines formation in a beef and deer dry fermented sausages without added nitrite. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 33, n. 2, p. 332, 2020b.

LUKIN, A. Aplicabilidade do soro de leite em pó desmineralizado na produção de embutidos cozidos. **Songklanakarin Journal of Science & Technology** , v. 42, n. 2, 2020.

MARTI-QUIJAL, F. J. et al. Influence of different sources of vegetable, whey and microalgae proteins on the physicochemical properties and amino acid profile of fresh pork sausages. **LWT**, v. 110, p. 316-323, 2019.

OLIVEIRA, M. N. **Tecnologia de produtos lácteos funcionais**. São Paulo: Atheneu, 2009.

ORDONEZ, J. A. et al. **Tecnologia de alimentos**: Alimentos de origem animal. II. Porto Alegre: Artmed, 2005.

PAME, K. et al. Utilization of Whey and Whey based Preparation in Processing and Development of Value Added Low-fat Meat Products. **Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci**, v. 9, n. 12, p. 3308-3315, 2020.

PINTADO, T.; DELGADO-PANDO, G. Towards more sustainable meat products: Extenders as a way of reducing meat content. **Foods**, v. 9, n. 8, p. 1044, 2020.

ROTHER, E. T. Revisão sistemática X revisão narrativa. **Acta paulista de enfermagem**, v. 20, n. 2, p. v-vi, 2007.

SAQUETI, B. H. F. et al. Enriquecimento funcional de carnes e produtos cárneos. In: XI Encontro Internacional de Produção Científica, 2019, Maringá - PR . **Anais eletronicos** do Encontro Internacional de Produção Científica, 2019.

VELEMIR, A et al. Effects of non-meat proteins on the quality of fermented sausages. **Foods and Raw materials**, v. 8, n. 2, 2020.

YANG, F. et al. Effects of Boswellia Serrata and Whey Protein Powders on Physicochemical Properties of Pork Patties. **Foods**, v. 9, n. 3, p. 334, 2020.

CAPÍTULO 07: FARINHA DA BANANA VERDE PARA O ENRIQUECIMENTO DE HAMBÚRGUERES: UMA REVISÃO NARRATIVA**CAPÍTULO 07: HARINA DE BANANA VERDE PARA EL ENRIQUECIMIENTO DE HAMBURGUESAS: UNA REVISIÓN NARRATIVA****CHAPTER 07: BANANA GREEN FLOUR FOR THE ENRICHMENT OF HAMBURGERS: A NARRATIVE REVIEW**

Kerliana Paula Amorim de Moura¹; Ana Paula Ferreira de Almeida²; Ana Thaís Campos de Oliveira³; Verônica Freire Queiroz⁴; Antonia Lucivania de Sousa Monte⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.78-91>

RESUMO

Introdução: Os hambúrgueres são produtos altamente apreciados pelos consumidores, por sua praticidade de obtenção, preparo e consumo. No entanto, esses produtos são conhecidos pelo excesso de gordura, principalmente de gordura saturada, além do seu baixo teor de fibras. Tendo como premissa essas informações, novas estratégias devem ser formadas para tornar a formulação de hambúrgueres mais saudáveis e para aumentar o seu valor nutricional. **Objetivo:** identificar na bibliografia científica a relevância da farinha de banana verde e a sua funcionalidade no enriquecimento de hambúrgueres. **Metodologia:** O referido estudo trata-se de uma revisão narrativa da literatura, realizada nas seguintes bases de dados eletrônicas: CAPES, SciELO, *Science Direct* e Google Acadêmico, com os seguintes termos: "banana" OR "green banana" OR "green banana flour" AND "hamburger" OR "sausage". **Resultados e Discussões:** A referida revisão encontrou inicialmente 31 produções, mas a partir do estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão, a amostra restringiu-se a 14 artigos. Foi possível evidenciar que a farinha da banana verde é fonte de potássio, fósforo, magnésio, cobre, manganês e zinco, quando comparada aos demais tipos de farinhas existentes no mercado. Que a sua adição em produtos cárneos mostra uma diminuição significativa na perda por cozimento e maior estabilidade de emulsão do produto final, sendo a umidade considerado adequado para um derivado cárneo, com diminuição na quantidade de gordura e conteúdo de cinzas elevado devido à maior concentração de amido resistente e minerais. E em relação as propriedades sensoriais, a farinha da banana verde não afeta pontuações de cor, sabor e aceitação geral, mas é prejudicial para a textura, tendo um aspecto negativo na dureza do produto. **Conclusão:** os estudos demonstram que a aplicação da farinha de banana verde é viável para agregar valores químicos e nutricionais ao hambúrguer, mesmo apresentando um teor negativo no quesito textura, mas sua aceitação sensorial de modo geral é satisfatória, abrindo oportunidades para sua produção e comercialização.

Palavras-Chave: Produtos cárneos, Hambúrguer, Banana, Fibra Alimentar.

RESUMEN

Introducción: Las hamburguesas son productos muy apreciados por los consumidores, por su practicidad de obtención, preparación y consumo. Sin embargo, estos productos son conocidos por su exceso de grasas, especialmente grasas saturadas, además de su bajo contenido en fibra. A partir de esta información, se deben construir nuevas estrategias para hacer más saludable la formulación de las

¹ Graduanda em Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), kerligryffindor@gmail.com

² Mestranda em Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), ana.paula.ferreira.almeida123@gmail.com

³ Mestranda em Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), [euthaiscampos.alimentos@gmail.com](mailto: euthaiscampos.alimentos@gmail.com)

⁴ Graduanda em Nutrição, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), vevequeiroz53@gmail.com

⁵ Doutora em Zootecnia, Produção e Melhoramento Animal, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), lucivania@ifce.edu.br

hamburguesas y aumentar su valor nutricional. Objetivo: identificar en la bibliografía científica la relevancia de la harina de plátano verde y su funcionalidad en el enriquecimiento de hamburguesas. Metodología: El estudio referido es una revisión narrativa de la literatura, realizada en las siguientes bases de datos electrónicas: CAPES, SciELO, Science Direct y Google Scholar, con los siguientes términos: "plátano" O "plátano verde" O "harina de plátano verde" Y "hamburguesa" O "salchicha". Resultados y Discusiones: Esta revisión encontró inicialmente 31 producciones, pero luego de establecer los criterios de inclusión y exclusión, la muestra se restringió a 14 artículos. Se pudo demostrar que la harina de plátano verde es fuente de potasio, fósforo, magnesio, cobre, manganeso y zinc, en comparación con otros tipos de harina disponibles en el mercado. Que su adición en productos cárnicos muestra una disminución significativa en la pérdida de cocción y una mayor estabilidad de la emulsión del producto final, con una humedad considerada adecuada para un derivado cárnico, con una disminución en la cantidad de grasa y alto contenido de cenizas debido a la mayor concentración de resistentes. almidón y minerales. Y en relación a las propiedades sensoriales, la harina de plátano verde no afecta puntuaciones de color, sabor y aceptación general, pero es perjudicial para la textura, teniendo un aspecto negativo en la dureza del producto. Conclusión: estudios muestran que la aplicación de harina de plátano verde es factible para agregar valores químicos y nutricionales a la hamburguesa, aunque tiene un contenido negativo en cuanto a textura, pero su aceptación sensorial en general es satisfactoria, abriendo oportunidades para su producción y comercialización.

Palabras Clave: Productos cárnicos, Hamburguesa, Plátano, Fibra Dietética.

ABSTRACT

Introduction: Hamburgers are products highly appreciated by consumers, for their practicality of obtaining, preparing and consuming. However, these products are known for their excess fat, especially saturated fat, in addition to their low fiber content. Based on this information, new strategies must be formed to make the formulation of hamburgers healthier and to increase their nutritional value. Objective: to identify in the scientific bibliography the relevance of green banana flour and its functionality in the enrichment of hamburgers. Methodology: The referred study is a narrative review of the literature, carried out in the following electronic databases: CAPES, SciELO, Science Direct and Google Scholar, with the following terms: "banana" OR "green banana" OR "green banana flour" AND "hamburger" OR "sausage". Results and Discussions: This review initially found 31 productions, but after establishing the inclusion and exclusion criteria, the sample was restricted to 14 articles. It was possible to show that green banana flour is a source of potassium, phosphorus, magnesium, copper, manganese and zinc, when compared to other types of flour available on the market. That its addition in meat products shows a significant decrease in cooking loss and greater emulsion stability of the final product, with moisture considered adequate for a meat derivative, with a decrease in the amount of fat and high ash content due to the higher concentration of resistant starch and minerals. And in terms of sensory properties, green banana flour does not affect scores of color, flavor and general acceptance, but it is detrimental to texture, having a negative aspect in the hardness of the product. Conclusion: studies show that the application of green banana flour is feasible to add chemical and nutritional values to the hamburger, even though it has a negative content in terms of texture, but its sensory acceptance in general is satisfactory, opening opportunities for its production and commercialization.

Keywords: Meat products, Hamburger, Banana, Dietary Fiber.

INTRODUÇÃO

Produtos cárneos e carnes em geral são componentes essenciais em uma dieta, oferecendo altos níveis de proteínas, ácidos graxos e minerais. Os hambúrgueres são produtos altamente apreciados pelos consumidores, por sua praticidade de obtenção, preparo e consumo. No entanto, esses produtos são conhecidos pelo excesso de gordura, principalmente de gordura saturada na sua composição, além do seu baixo teor de fibras. O consumo excessivo deste tipo

de alimento pode acarretar no aumento do risco de desenvolver doenças como diabetes, câncer, obesidade e doenças cardiovasculares. Tendo como premissa essas informações, novas estratégias devem ser formadas para tornar a formulação de hambúrgueres mais saudáveis e para aumentar o seu valor nutricional (HARTMANN et al., 2020).

Existem duas formas de intervenção que são usadas quando se muda a constituição de um produto cárneo. O primeiro envolve a redução de um componente normalmente presente na comida, para uma quantidade mais apropriada (gordura, sal, nitrato, etc.), o segundo é incorporar ao produto ingredientes benéficos a saúde (SANTOS et al., 2019).

Devido as suas características funcionais e tecnológicas, as fibras alimentares estão substituindo a gordura em vários produtos derivados da carne, com o objetivo de adotar estratégias para a fabricação de produtos acessíveis e de formulações mais saudáveis (HARTMANN et al., 2020). A adição de fibras ajuda a modificar as características tecnológicas e sensoriais dos derivados cárneos como a capacidade de retenção de água (WHC), a capacidade de retenção de gordura (ORC) e o perfil de textura (SANTOS et al., 2019).

A banana é a fruta mais cultivada e consumida, nas áreas tropicais e subtropicais (MONTEIRO et al., 2019), de origem asiática, representa a quarta fonte de energia depois do milho, arroz e trigo (DIAS et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2020).

A ingestão da banana verde e de seus produtos, como por exemplo a farinha, vem aumentando por causa das suas características nutricionais e efeitos positivos para a saúde humana. Segundo estudos, a banana verde apresenta nutrientes como fibras, amido resistente, vitaminas (Vit C, B6, provitamina A), minerais (potássio, fósforo, magnésio, zinco) e compostos bioativos como os compostos fenólicos, que geram benefícios a saúde, dando a mesma e aos seus produtos característica de alimentos funcionais (MALUF; FEDER; CARVALHO, 2019). E sua alta concentração de amido é de interesse como fonte alimentar, além de forte propósito industrial (OLIVEIRA et al., 2020).

Nesse sentido, o presente estudo teve por objetivo identificar na bibliografia científica a relevância da farinha de banana verde e a sua funcionalidade no enriquecimento de hambúrgueres.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Comidas como a carne, que tem origem animal, são tipicamente uma ótima fonte de proteínas, vitaminas, ácidos graxos essenciais e minerais que são de grande importância para a saúde do corpo humano e o seu bem estar. O consumo de carne per capita em média vem

crescendo de 20kg em 1961 para 43kg em 2014. Mudanças como crescimento populacional, urbanização, economia e a expansão do marketing gerou uma grande demanda por produtos derivados da carne (ZAINÉ, 2020).

Devido a sua praticidade no preparo e por possuir nutrientes que saciam a fome rapidamente, o hambúrguer se tornou um produto consumido por todas as classes sociais. Ele pode ser comercializado cru, semifrito, cozido, frito, congelado ou resfriado, conforme a sua legislação (SANTOS, 2019).

O consumo de hambúrgueres no Brasil cresce a cada dia, estudos apontam que nos últimos anos o consumo deste tipo de alimento cresceu 575% em território brasileiro. O produto que é muito comum nos Estados Unidos da América (EUA) foi a cada dia ganhando espaço no paladar dos brasileiros, graças a sua riqueza de sabores, o seu formato e as especiarias adicionadas no mesmo (FILHO, 2020).

A banana é umas das frutas mais consumidas no mundo, a produção de banana em escala global alcançou o recorde de mais de 114 milhões de toneladas em 2017, com o crescimento anual de 3,2% (ZAINÉ, 2020). No Brasil a produção de banana chegou a 7 milhões de toneladas no ano de 2017, sendo cultivada por pequenos produtores em todos os cantos do país (COSTA, 2019). Por seu rápido declínio na sanescência, o desperdício do fruto é enorme, chegando a 50%, o que provoca prejuízos qualitativos e quantitativos (SANTOS, 2020).

O consumo da banana ainda na sua fase verde de maturação acarreta em diversos benefícios como nos estudos que demonstraram sua possível contribuição para o controle glicêmico e colesterol, plenitude gástrica, regularidade intestinal e fermentação por bactérias do cólon, produzindo ácidos graxos de cadeia curta que podem prevenir o câncer de células intestinais. No entanto o seu consumo *in natura* não é comum, devido a sua dureza, por ser um fruto ainda verde e sua alta adstringência, causada pela presença de compostos fenólicos solúveis como os taninos. Por essas razões a fabricação de produtos derivados da banana verde se torna uma ótima alternativa (RIQUETTE, 2019).

Com isso, a indústria vem despertando interesse pela fabricação da farinha de banana verde, pois, além de evitar perdas na etapa de pós-colheita é um ingrediente de baixo custo (SANTOS, 2020).

Segundo Santos et al. (2020), “A incorporação da Farinha de Banana Verde em alimentos processados é indicada, principalmente por seu alto teor de fibras e benefícios comprovados a saúde”.

A fibra dietética é um polissacarídeo, não amiláceo com resistência a absorção e digestão pelas enzimas presente no trato gastrointestinal humano (ZAINI, 2020). No entanto,

adicionar fibras á dieta é um desafio arduo. Por isso, a mesma não deve somente ter benefícios nutricionais, mas também apresentar respostas tecnológicas adequadas para encorajar o seu consumo de forma recorrente (SANTOS et al., 2020). A sua similaridade com o amido resistente é essencial, já que o mesmo é também encontrado em grande quantidade na banana verde (MONTEIRO, 2019).

De acordo Resolução RDC 40/2001 – ANVISA/MS, o Amido Resistente (AR) é definido como a quantidade total de amido e seus produtos da degradação que resiste a digestão no intestino delgado de um indivíduo saudável. Desta forma, o amido resistente nada mais é do que uma fibra dietética total (GONÇALVES, 2020).

O AR presente na banana verde possui propriedade semelhante à fibra alimentar onde os componentes biológicos presentes em sua composição são primordiais para promoção dos efeitos metabólicos e fisiológicos, promovem a sensação de maior saciedade, apresenta efeitos sobre a resposta glicêmica e promove a fermentação pelas bifidobactérias resultando na formação de ácidos graxos de cadeia curta, aumento do bolo fecal entre outros efeitos (MONTEIRO, 2019, p.3).

A indústria alimentícia é um segmento que sempre está em constante crescimento e evolução, permanentemente buscando e criando novas tecnologias para ao desenvolvimento de produtos que supram as mais variadas demandas (SIMEÃO, 2020).

Diversas soluções têm sido exploradas para aumentar a quantidade de fibras em produtos cárneos, a sua adição além de enriquecer nutricionalmente o produto ainda oferece vantagens distintas, como a melhora nas características tecnológicas, como maior capacidade de ligação para água ou óleo, além de fornecer capacidade antioxidante (ZAINÉ, 2020).

A adição de fibras pode gerar efeitos negativos na avaliação sensorial do produto, logo, a fibra mais adequada a ser utilizada em produtos alimentícios para melhorar a sua aceitação é a fibra branca, minimizando assim, o seu efeito sobre a cor, textura e aparência geral. A fibra insolúvel purificada do trigo, a fibra insolúvel de aveia, a β -glucana fibra solúvel da aveia, assim como o fruto-oligossacarídeos, amidos resistentes e inulina são exemplos de fibras brancas (MIRANDA, 2020).

Vale a ressalva que o alimento só é declarado fonte de fibra alimentar quando possuir, no mínimo, 2,5g por porção, tendo como referência a porção de hambúrguer de 80g/ml, que corresponde a aproximadamente 125 kcal (MIRANDA, 2020).

Os consumidores estão cada vez mais preocupados com a importância de se ter uma dieta saudável, o que aumenta a procura por alimentos mais nutritivos, incluindo a carne. Embora produtos cárneos serem uma fonte primária de diversos nutrientes, eles vem sendo associados a efeitos adversos a saúde (HARTMANN et al., 2020).

Por isso a importância de serem formuladas soluções para a produção de derivados

cárneos mais saudáveis, diminuindo o seu impacto a saúde do consumidor (HARTMANN et al., 2020). Porém, matendo a sua praticidade que é de essencial importância no cotidiano atual e o seu custo benefício, que se adequa a realidade da grande maioria dos brasileiros (SANTOS, 2019).

METODOLOGIA

Para identificar as principais características da relevância da farinha de banana verde e a sua funcionalidade no enriquecimento de hambúrgueres, foi realizada uma pesquisa descritiva com abordagem qualitativa através de uma Revisão Narrativa (RN) de Literatura, que é adequada para analisar o estado da arte de um tema escolhido, sendo caracterizada por não possuir uma metodologia de alto rigor, no entanto a mesma apresenta suma importância para obtenção de conhecimento sobre um determinado assunto específico, apresentando novos contextos de maior ou menor destaque na literatura escolhida (TOLEDO; RODRIGUES, 2017).

A pesquisa bibliográfica dos artigos científicos foi obtida nas seguintes bases de dados eletrônicas: CAPES, SciELO, *ScienceDirect* e Google Acadêmico. Essa busca procedeu-se em março de 2021, a partir dos termos "*banana*" OR "*green banana*" OR "*green banana flour*" AND "*hamburger*" OR "*sausage*", na língua inglesa. Foram incluídos artigos científicos que abordam a temática e publicados depois de 2019 nos idiomas português, espanhol e inglês. Produções não disponíveis gratuitamente na íntegra e de forma virtual foram excluídas. Artigos duplicados foram computados apenas uma vez.

Para acesso ao texto completo, foram usados os seguintes recursos: link disponível diretamente nas bases de dados, busca no portal do periódico em que o artigo foi publicado. No processo de seleção dos artigos foram aplicados filtros para auxiliarem na melhor escolha e avaliação dos trabalhos, como pode ser visto na figura 01. O primeiro filtro aplicado foi a leitura do títulos, assim os trabalhos que apresentassem o tema de acordo com esta pesquisa, eram então direcionados a próxima fase, cujo o filtro era a leitura do resumo. Dessa forma aqueles artigos que realmente estivessem dentro da temática, eram então direcionados ao próximo filtro, leitura do texto completo. Aqueles trabalhos que passassem por todas essas etapas de seleção eram então escolhidos para a compor os resultados desta pesquisa, sendo minuciosamente analisados.

Após a seleção das produções existentes foi realizada a Análise de Conteúdo em duas etapas. A primeira possibilitou uma visão abrangente dos conteúdos por meio de leitura. Na segunda etapa desenvolveu-se a categorização das referências dos autores e análise sintética

dos textos. Por fim, foi realizada a interpretação dos resultados com base na fundamentação dos diferentes autores.

Figura 01 - Processo de seleção das publicações.

Fonte: Própria (2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na busca inicial, encontrou-se 31 produções. A partir do estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão, a amostra restringiu-se a 14 artigos. Dentre os artigos selecionados e analisados 10 publicações encontram-se no Google Acadêmico, 2 no CAPES e 2 no ScIELO. Todos os artigos selecionados foram publicados entre 2019 e 2021, sendo sua maior concentração entre 2019 e 2020. Em meio as artigos selecionados 10 estavam em português (Brasil) e 4 estavam na língua inglesa.

A partir dos artigos selecionados foram categorizados quatro assuntos: Banana; Farinha de banana verde e seus benefícios; Hambúrguer e Produtos cárneos produzidos com farinha de banana verde.

Banana

A banana (*Musa spp*) é uma das frutas mais populares do mundo e encontrada facilmente em todo território nacional. Ela se adaptou de forma rápida ao clima do país e é um alimento bastante saudável, versátil e com preço acessível (GUTERRES; ARAÚJO; SANTOS, 2019;

SANTOS et al., 2019; MONTEIRO et al., 2019; CARNEIRO et al., 2020; SÁ et al., 2021). Rica em fibras, cálcio, vitamina C e ainda possui cerca de 90% de carboidrato em sua composição (SANTOS et al., 2019).

A banana é um fruto climatérico com vida pós-colheita relativamente curta por apresentar mudanças físico-químicas de forma acelerada e significativa, devido ao aumento da taxa respiratória e da produção de etileno, seguido pelo seu rápido declínio no início da senescência, principalmente em regiões de clima quente (SANTOS et al., 2019; SANTOS et al., 2020).

Quando a banana ainda se apresenta verde no seu estágio de maturação as concentrações de amido na matéria seca chegam de 73% a 77% (SANTOS et al., 2020), com alto teor de amido resistente, se tornando assim, de interesse do produtor, da indústria e do próprio consumidor (CARNEIRO et al., 2020). O benefício do amido resistente é similar ao da fibra alimentar, pois não é digerido e absorvido no intestino delgado, sendo fermentado somente no intestino grosso, onde favorece a proliferação de bactérias benéficas para o nosso intestino (MONTEIRO et al., 2019).

Os componentes presentes em sua composição são essenciais para promoção de efeitos metabólicos e fisiológicos que auxiliam na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis como câncer, distúrbios lipídicos e diabetes, além de promover o bem estar físico e mental. O amido resistente possui também como uma de suas características a sensação de maior saciedade, prevenindo e auxiliando no combate de doenças, como a obesidade (MONTEIRO et al., 2019; SANTANA et al., 2020).

Farinha de banana verde e seus benefícios

De acordo com a resolução RDC Nº 263, de 22 de setembro de 2005, farinhas são os produtos obtidos de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas por moagem e ou outros processos tecnológicos considerados seguros para produção de alimentos (OLIVEIRA et al., 2020).

A farinha de banana verde é fonte de potássio, fósforo, magnésio, cobre, manganês e zinco, quando comparada aos demais tipos de farinhas existentes no mercado (OLIVEIRA et al., 2020; SÁ et al., 2021; SANTANA et al., 2020). Suas fibras solúveis e insolúveis desempenham várias funções no organismo, como a regulação da função intestinal, no qual atua retardando o esvaziamento gástrico, além de auxiliar na redução dos níveis de colesterol no sangue e de ser utilizada como substrato para fermentação por bactérias aeróbicas do cólon (SÁ et al., 2021).

As suas propriedades funcionais apresentam benefícios nutricionais como: a capacidade antioxidante, a acidificação do pH intestinal, a interação na redução de citocinas inflamatórias, dentre outros (GUTERRES; ARAÚJO; SANTOS, 2019). Ademais, possui sabor neutro, não influenciando no sabor final do produto adicionado da mesma (SANTANA et al., 2020).

A produção de farinha da banana verde apresenta baixo teor de umidade e pH, ou seja, não é favorável para crescimento de microrganismo, sendo importante para o seu sucesso, pois os mesmos representam um fator determinante na estabilidade de produtos desidratados durante seu armazenamento, proporcionando maior tempo de prateleira, tornando a farinha de banana verde uma boa alternativa para a produção industrial (OLIVEIRA et al., 2020; SANTANA et al., 2020; CARNEIRO et al., 2020).

Hambúrguer

A carne é um alimento nobre para o homem, pois possui alta contribuição à dieta devido a sua qualidade e a quantidade de proteínas. Contendo também à presença de ácidos graxos essenciais e vitaminas do complexo B, e em menores quantidades sais minerais. Por outro lado, é um alimento com alto teor de gordura, sendo essa, em sua maioria, saturada quando se trata de carne bovina (VESSONI; PIAIA; BERNARDI, 2019; HARTMANN et al., 2020).

A industrialização de carnes consiste na sua transformação em produtos cárneos. Produtos cárneos processados ou preparados são aqueles cujas características originais da carne fresca foram alteradas por meio de tratamentos físicos e/ou químicos. O seu processamento tem como objetivo prolongar a vida de prateleira do produto, sem alterar drasticamente sua composição. Sendo adicionado cor e sabor específicos de cada derivado cárneo. Entende-se por Hambúrguer o produto cárneo industrializado obtido da carne moída dos animais de açougue, adicionado ou não de tecido adiposo e ingredientes, moldado e submetido a processo tecnológico adequado (VESSONI; PIAIA; BERNARDI, 2019).

Hambúrguer é um produto popular devido ao seu sabor agradável a sua praticidade cada vez mais necessárias no cotidiano da vida moderna (LIMA; LOBATO; LEITE, 2020). Contudo, é um alimento rico em gorduras, principalmente saturada que favorece ao surgimento de doenças indesejáveis. Sendo necessário a formulações de tecnologias que diminuam o seu impacto na saúde dos seus consumidores (VESSONI; PIAIA; BERNARDI, 2019; HARTMANN et al., 2020).

Produtos cárneos produzidos com farinha da banana verde

Os aspectos mais importantes dos estudos selecionados nesse presente assunto foram

extraídos e dispostos no Quadro 1.

87

Quadro 1- Aspectos relevantes dos estudos selecionados

ID	Extração dos Dados			
	Origem da farinha	Concentração usada da farinha	Análise realizada	Referência
A1	Polpa	Farinha da banana -10% e 5% misturada com a farinha de maracujá (5%)	Físico-químicas, cor, perfil de textura e características de cozimento	Santos et al. (2019)
A2	Polpa	20g	Físico-químicas, microbiológicas e análise sensorial	Martins et al. (2020)
A3	Polpa, casca e mista (polpa e casca)	3% polpa; 3% casca e 3% mista	Físico-químicas, perfil de textura e análise sensorial	Pereira et al. (2020)

Fonte: Própria (2021).

A farinha da banana verde contém na sua composição carboidratos indigeríveis, como o amido resistente e as fibras alimentares, e de acordo com os estudos pesquisados este nutriente contribui para aumentar a funcionalidade e a qualidade sanitária de produtos derivados de carne triturada ao afetar positivamente suas propriedades de cozimento e emulsificação térmica (SOUZA et al., 2019).

No estudo de Santos et al. (2019), ao avaliarem a adição de farinha de biomassa de banana verde e farinha de casca de maracujá, como substitutos da gordura em hambúrguer de frango nas características física, química e físico do produto, obtiveram nos seus achados que a farinha da biomassa da banana verde levou a um menor teor lipídeos, mas apresentou valores mais elevados para firmeza e mastigabilidade, entretanto o estudo conclui que a farinha da banana verde é uma alternativa viável para a ingestão de carne processada com redução de gordura.

Na pesquisa de Martins et al. (2020), ao analisarem as características físico química, microbiológica e sensorial em hambúrguer de fibra de jaca, incorporado com inhame e farinha da banana verde, observaram que os mesmos foram capazes de contribuir para os teores químicos do hambúrguer, e embora apresentasse um teor baixo de proteína, não limitaria a sua produção, demonstrando alta alternativas para sua comercialização.

No estudo de Pereira et al. (2020), ao adicionarem farinha da banana verde e óleo de girassol pré-emulsificando em salsichas tipo *frankfurter*, averiguaram em seus resultados que a adição de farinha da banana verde mostrou uma diminuição significativa na perda por cozimento e maior estabilidade de emulsão do produto final. Isso ocorre, devido sua maior

retenção de água, aumentando assim, a sua capacidade de ligação da água (SOUZA et al., 2019).

O teor de umidade mede o percentual de toda a água presente no alimento sendo ela livre ou ligada, portanto, a água livre, que não está junta com as moléculas do produto, está disponível para reações físicas, químicas e biológicas, sendo assim o principal responsável pela deterioração (MARTINS et al., 2020). O teor de umidade dos produtos cárneos adicionados da farinha da banana verde é considerado adequado para um derivado cárneo (PEREIRA et al., 2020; SOUZA et al., 2019).

O enriquecimento dos produtos com farinha da banana verde mostra diminuição na quantidade de gordura e não interferência nos níveis de proteína no alimento. O conteúdo de cinzas foi considerado alto devido à maior concentração de amido resistente e minerais presente no conteúdo adicionado (PEREIRA et al., 2020; SOUZA et al., 2019). O teor de cinzas em alimentos refere-se ao resíduo inorgânico, ou resíduo mineral fixo (sódio, potássio, magnésio, cálcio, ferro, fósforo, cobre, cloreto, alumínio, zinco, manganês e outros compostos minerais). Por isso, a importância de sua avaliação, ele fornece o valor nutricional em relação ao seu conteúdo de minerais (MARTINS et al., 2020).

Embora a farinha da banana verde tenha diminuído a perda por cozimento, retardado a oxidação lipídica e melhorado a gelificação térmica dos produtos dela adicionado, afetou negativamente os parâmetros de textura, tendo um aspecto negativo na dureza do produto (PEREIRA et al., 2020; SOUZA et al., 2019).

Em seus parâmetros sensoriais a farinha da banana verde não afetou as suas pontuações de cor, sabor e aceitação geral. Apenas a pontuação da textura foi afetada, já sendo esperado devido ao mesmo efeito que ela obteve na análise de perfil de textura. A análise microbiológica revelou que todos os tratamentos estavam dentro dos limites estabelecidos pela Legislação Brasileira, de acordo com os resultados, todos os tratamentos foram seguros para consumo do ponto de vista microbiológico (PEREIRA et al., 2020; SOUZA et al., 2019).

CONCLUSÕES

Conclui-se que a utilização de farinha de banana verde, é viável para agregar valores químicos e nutricionais ao hambúrguer, que mesmo apresentando um teor negativo no quesito textura nos derivados cárneos estudados, podendo causar uma experiência de consumo não tão satisfatória, é bem aceito pelo público que avaliou sensorialmente o produto. Com isso, os estudos demonstram grande possibilidade de produção e comercialização de hambúrguer enriquecido com farinha de banana verde, com garantia de qualidade sensorial, nutricional e

REFERÊNCIAS

CARNEIRO, T. S.; OLIVEIRA, G. L. S.; SANTOS, J.; CONSTANT, P. B. L.; GUTIERREZ, M.A. Avaliação da farinha de banana verde com aplicação de antioxidantes. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 6, n. 5, p. 28634-28643, 2020. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n5-346>. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/10226/9548>. Acesso em: 26 mar. 2021.

COSTA, S. S. Banana Starch Musa AAB-Green Silver - A Study of Its Technological Properties. Pomba, 2019. 47 p. **Dissertation**. Federal University of Campina Grande, Pombal-PB, 2019.

DIAS, R. F. C.; FELISBERTO, R.; RAMOS, A.F.; FARIA, R.R.; DIAS, F.M.F.; DANTZGER, D.R.C Biosorption of Cr (III) from Aqueous Solution Using Banana Peel Powder. **Revista Processos Químicos**, [S.L.], p. 11-18, jul. 2019. Disponível em: http://ojs.rpqsena.org.br/index.php/rpq_n1/article/view/533/476. Acesso em: 25 mar. 2021.

GONÇALVES, J. L. C.; SOUZA, G. C. N. de; SANTOS, L. R. de S.; BORGES, A. da S. Caracterização de almôndega de frango com biomassa de banana verde em substituição à gordura. **Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia**, [S.L.], p. 1-8, 31 ago. 2020.

GUTERRES, A. S.; ARAÚJO, S.H. A. de; SANTOS, F. C. dos. Análise microbiológica e aceitabilidade de brigadeiro de biomassa de banana verde com recheio de cupuaçu. **Nutrição Brasil**, Belém, v. 8, n. 2, p. 68-72, jul. 2019. Disponível em: <https://portalatlanticaeditora.com.br/index.php/nutricaoobrasil/article/view/2322/5617>. Acesso em: 26 mar. 2021.

HARTMANN, G.; TEXEIRA, F.; SOARES, J. M.; SILVA, K. A. da; Schwarz, K.; Schiessel, D. L.; Novello, D. Effect of fat replacement by fructooligosaccharide in hamburger: physicochemical, technological and sensorial analysis. **International Journal For Innovation Education And Research**, [S.L.], v. 8, n. 3, p. 15-25, 1 mar. 2020. <http://dx.doi.org/10.31686/ijer.vol8.iss3.2128>. Disponível em: <https://ijer.net/ijer/article/view/2128/1574>. Acesso em: 25 mar. 2021.

LIMA, A. L. S.; LOBATO, B.; LEITE, D. Q. Elaboração de hambúrguer de castanha-do-brasil (*Bertholletia Excelsa*). **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 6, n. 4, p. 19189-19199, 2020. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n4-184>. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/8737/7489>. Acesso em: 25 mar. 2021.

MALUF, F. C.; FEDER, D.; CARVALHO, A. A.S. Analysis of the Relationship between Type II Diabetes Mellitus and Parkinson's Disease: A Systematic Review. **Parkinson's Disease**, v. 2019, p.1-14, 23 nov. 2019.

MARTINS, A. S.; PEREIRA, S. R.; PEREIRA, E. J.; FREITAS, R. F.. Análise físico-química,

microbiológica e sensorial de hambúrguer desenvolvido com fibra de jaca (*Artocarpus heterophyllus*), acrescido de inhame (*Dioscorea* sp.) e farinha de banana verde (*Musa* sp.). **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 9, n. 10, p. 1-19, 19 set. 2020. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.7542>

MONTEIRO, N. V. do N.; VILAR, T. M.; OLIVEIRA, I. K. F.; LIMA, C. H. R. Biomassa de banana verde: um panorama de sua aplicabilidade na elaboração de produtos. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 8, n. 11, p. 1-8, 24 ago. 2019. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v8i11.1441>. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7164819>. Acesso em: 25 mar. 2021.

OLIVEIRA, P. V. C.; QUEIROZ, B. C. A.; PIOVESAN, N.; OLIVEIRA, P. V. C.; LIMA, M. H. C.; PEREIRA, A. S.; NETO, C. O. A.; LIMA, W. O. Substituição da farinha de trigo por farinha de banana verde na elaboração de biscoito tipo cookie / replacement of wheat flour with green banana flour in the preparation of a cookie. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 6, n. 10, p. 75662-75672, 2020. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n10-117>. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/17867/14469>. Acesso em: 25 set. 2021.

PEREIRA, J.; BROIH, S. A.; MALAIRAJ, S.; ZHANG, W.; ZHOU, G. H. Quality of fat-reduced frankfurter formulated with unripe banana by-products and pre-emulsified sunflower oil. **International Journal Of Food Properties**, [S.L.], v. 23, n. 1, p. 420-433, 1 jan. 2020. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10942912.2020.1733014>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/10942912.2020.1733014?needAccess=true>. Acesso em: 30 mar. 2021.

RIQUETTE, R. F. R. Perfil microbiológico, físico-químico e sensorial da biomassa de banana verde sob diferentes tempos de cocção e tipos de armazenamento a frio. **Universidade de Brasília - Unb**, Brasília, p. 16-71, 2019.

SÁ, A. A.; GONÇALVES, M. I. A.; VASCONCELOS, T. R.; MENDES, M. L. M.; MESSIAS, C. M. B. O. Avaliação físico-química e nutricional de farinhas de banana verde com casca elaboradas a partir de variedades distintas. **Brazilian Journal Of Food Technology**, [S.L.], v. 24, p. 1-9, 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.02020>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/bjft/v24/1981-6723-bjft-24-e2020020.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2021.

SANTANA, R. C. S.; RIBEIRO, G. O.; Camilloto, G. P.; CRUZ, R. S. Caracterização física e textural de biscoitos de farinha de banana verde / physical and textural characterization of green banana flour biscuits. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 6, n. 10, p. 81311-81319, 2020. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n10-523>. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/18739/15086>. Acesso em: 26 mar. 2021.

SANTOS, J. V. R.; MIRANDA, E. S. M.; OLIVEIRA, A. T. C.; DAMACENO, M. N.; SILVA, M. S.; CAVALCANTE, A. B. D. Cinética da fermentação de leite adicionado de Farinha de Banana Verde na produção de iogurte. **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 9, n. 8, p. 1-13, 5 jul. 2020. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5316>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/5316/4826>. Acesso em: 26 mar. 2021.

em: 26 mar. 2020.

91

SANTOS, K. de L.; SOUSA, F. M. de; ALMEIDA, R. D. de; GUSMÃO, R. P. de; GUSMÃO, T. A. S. Replacement of Fat by Natural Fibers in Chicken Burgers with Reduced Sodium Content. **The Open Food Science Journal**, [s.l.], v. 11, n. 1, p. 1-8, 31 jan. 2019. Bentham Science Publishers Ltd.. <http://dx.doi.org/10.2174/1874256401911010001>.

SANTOS, W. W. V.; SILVA, K. R.O.; BARBOSA, R. C.; OLIVEIRA, J. B.; SILVA, J. S. A.; MEDEIROS, E.V. Efeito de diferentes métodos de maturação sobre a qualidade da banana prata. **Diversitas Journal**, Santana do Ipanema, v. 4, n. 3, p. 1092-10104, jul. 2019. Disponível em: https://periodicos.ifal.edu.br/diversitas_journal/article/view/838/896. Acesso em: 26 mar. 2021.

SILVA FILHO, L. S. da. Influência dos fatores situacionais: uma análise do comportamento do consumidor de hambúrguer. **Universidade Federal do Ceará**, Fortaleza, p. 11-53, 2020.

SIMEÃO, L. Monteiro. Determinação de proteína de soja em produtos cárneos e embutidos por clae-em/em. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, p. 23-110, 4 dez. 2020.

SOUZA, C. V. B.; BELLUCCI, E. R. B.; LORENZO, J. M.; BARRETTO, A. C. S. Low-fat Brazilian cooked sausage-Paio – with added oat fiber and inulin as a fat substitute: effect on the technological properties and sensory acceptance. **Food Science And Technology**, [S.L.], v. 39, n. 1, p. 295-303, jun. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/fst.03618>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cta/v39s1/0101-2061-cta-fst03618.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2021.

TOLEDO, J. A. de; RODRIGUES, M. C. Teoria da mente em adultos: uma revisão narrativa da literatura. **Bol. - Acad. Paul. Psicol.**, São Paulo , v. 37, n. 92, p. 139-156, jan. 2017.

VESSONI, N. G.; PIAIA, A. F.; BERNARDI, D. M. Pesquisa de consumo de carne bovina, produtos cárneos, hambúrguer e alimentos funcionais. **Fag Journal Of Health (Fjh)**, [S.L.], v. 1, n. 4, p. 25-37, 20 dez. 2019. <http://dx.doi.org/10.35984/fjh.v1i4.88>. Disponível em: <file:///D:/ARTIGO/88-Texto%20do%20artigo-663-1-10-20191218.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2021.

ZAINI, H. B. M.; SINTANG, M. D. B.; PINDI, W. The roles of banana peel powders to alter technological functionality, sensory and nutritional quality of chicken sausage. **Food Science & Nutrition**, [S.L.], v. 8, n. 10, p. 5497-5507, 31 ago. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/fsn3.1847>.

**CAPÍTULO 08: TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO SUPERIOR:
DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA O ESTUDO DA AGRONOMIA****CAPÍTULO 08: TECNOLOGÍAS DIGITALES EN EDUCACIÓN SUPERIOR:
DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN PARA EL ESTUDIO DE LA AGRONOMÍA****CHAPTER 08: DIGITAL TECHNOLOGIES IN HIGHER EDUCATION:
DEVELOPMENT OF AN APPLICATION FOR THE STUDY OF AGRONOMY**

Bruno Argente de Sousa¹; Lailson da Conceição de Brito²; Gabriel Schardong Ferrão³; Claudinéia Aparecida Queli Geraldi⁴; Sumaya Ferreira Guedes⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.92-106>

RESUMO

Com a pandemia em 2020, o uso das tecnologias se tornou uma das possibilidades para o andamento das aulas não presenciais, seja no ensino básico ou superior. Dessa forma, proporcionou aos educadores o repensar sobre as práticas de ensino adotadas com a respectiva inclusão de tecnologias digitais nas aulas. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um jogo, em formato de quiz, para aparelho móvel com conteúdos relacionados a Agronomia para estudantes no primeiro semestre. Inicialmente foi realizada uma pesquisa nos projetos pedagógicos do curso de Agronomia da UNEMAT, campus de Nova Mutum para avaliar as disciplinas ofertadas nos primeiros semestres. Por ser um protótipo, foi selecionado inicialmente duas disciplinas com conteúdo geral (Física e Bioquímica) e três específicas do curso de Agronomia (Natureza e Propriedade do Solo, Agrometeorologia e Comunicação e Extensão Rural). Após a seleção, foram elaboradas cinco questões de cada disciplina e elaborado um texto simplificado com a explicação do conteúdo, para que os alunos usuários possam estudar os conteúdos ali propostos. Na programação do aplicativo, na tela inicial o usuário deverá selecionar o nome e o tipo do avatar do seu agro-estudante. Inicialmente apenas uma opção de roupa será disponibilizada, sendo liberada outras conforme os acertos nas questões. Sempre que o usuário acertar a questão, aparecerá na tela uma mensagem de Parabéns! Se a resposta marcada for errada, a mensagem será de continue tentando. Cada questão (subfases) terá inicialmente 50 pontos. Se o aluno errar uma vez, ela passará a valer 40 pontos até que tenha valor de 10 pontos quando esgotar as alternativas, ou seja, o aluno perde 10 pontos a cada resposta errada que marcar. No final do jogo, o aluno poderá acumular um valor máximo de 1250 pontos ou um valor mínimo de 250 pontos. É importante destacar que a cada finalização das fases (disciplinas), o usuário terá acesso a outras roupas do avatar. Se errar a questão, o aluno será direcionado para a tela do conteúdo para estudo, podendo retornar para uma nova tentativa. No menu inicial o aluno também poderá acessar os conteúdos para estudo, podendo estudar antes de iniciar o jogo. Com o aplicativo, o aluno ingressante poderá utilizar para estudo e dessa forma, auxiliar na fixação do aprendizado.

Palavras-Chave: Plataforma Android; Jogos didáticos; Tecnologias Digitais; Objetos digitais de aprendizagem.

RESUMEN

Con la pandemia en 2020, el uso de tecnologías se ha convertido en una de las posibilidades para el progreso de las clases no presenciales, ya sea en la educación básica o superior. De esta manera, brindó a los educadores un replanteamiento de las prácticas docentes adoptadas con la respectiva inclusión de las tecnologías digitales en las clases. En este sentido, este trabajo tuvo como objetivo desarrollar un juego, en formato de cuestionario, para dispositivo móvil con contenidos relacionados con la Agronomía para estudiantes del primer semestre. Inicialmente, se realizó una investigación en los Proyectos

¹ Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, brunoargente@outlook.com

² Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, lailsonbrito173@gmail.com

³ Ciências da Computação, Universidade do Estado de Mato Grosso, gabrielFerrao@unemat.br

⁴ Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, claudineia.geraldi@unemat.br

⁵ Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, sumayaguedes@unemat.br

Pedagógicos del Curso de Agronomía en Unemat, campus Nova Mutum para evaluar las asignaturas ofrecidas en los primeros semestres. Por tratarse de un prototipo, inicialmente se seleccionaron dos asignaturas de contenido general (física y bioquímica) y tres específicas del curso de Agronomía (Naturaleza y Propiedad del Suelo, Agrometeorología y Comunicación y Extensión Rural). Tras la selección, se elaboraron cinco preguntas de cada disciplina y se elaboró un texto simplificado con la explicación del contenido, para que los alumnos usuarios puedan estudiar los contenidos allí propuestos. Al programar la aplicación, en la pantalla de inicio el usuario debe seleccionar el nombre y tipo de avatar de su Agro-alumno. Inicialmente, solo una opción de ropa estará disponible, otras se publicarán de acuerdo con la exactitud de las preguntas. Siempre que el usuario responda correctamente, aparecerá un mensaje de enhorabuena en la pantalla. Si la respuesta marcada es incorrecta, el mensaje seguirá intentándolo. Cada pregunta (subfases) tendrá inicialmente 50 puntos. Si el alumno se equivoca una vez, valdrá 40 puntos hasta que valga 10 puntos cuando se agoten las alternativas, es decir, el alumno pierde 10 puntos por cada respuesta incorrecta que puntúe. Al final del juego, el alumno puede acumular un máximo de 1250 puntos o un mínimo de 250 puntos. Es importante tener en cuenta que en cada finalización de las fases (disciplinas), el usuario tendrá acceso a otras prendas de avatar. Si la pregunta es incorrecta, el estudiante será dirigido a la pantalla de contenido para estudiar y puede regresar para un nuevo intento. En el menú inicial el alumno también podrá acceder a los contenidos a estudiar, pudiendo estudiar antes de iniciar el juego. Con la aplicación, el alumno entrante podrá utilizarla para estudiar y de esta forma, asistir en la fijación del aprendizaje.

Palabras Clave: Plataforma Android, Juegos educativos, Tecnologías digitales, Objetos de aprendizaje digitales.

ABSTRACT

With the pandemic in 2020, the use of technologies has become one of the possibilities for the progress of non-face-to-face classes, whether in basic or higher education. In this way, it provided educators with a rethink about the teaching practices adopted with the respective inclusion of digital technologies in classes. In this sense, this work aimed to develop a game, in a quiz format, for mobile device with contents related to Agronomy for students in the first semester. Initially, a research was carried out in the Pedagogical Projects of the Agronomy Course at Unemat, Nova Mutum campus to evaluate the subjects offered in the first semesters. Because it is a prototype, two subjects with general content (physics and biochemistry) and three specifics of the Agronomy course (Nature and Soil Ownership, Agrometeorology and Communication and Rural Extension) were initially selected. After the selection, five questions of each discipline were elaborated and a simplified text was elaborated with the explanation of the content, so that the student users can study the contents proposed there. When programming the application, on the home screen the user must select the name and type of avatar of his Agro-student. Initially only one clothing option will be made available, others will be released according to the correctness of the questions. Whenever the user gets the question right, a Congratulations message will appear on the screen! If the marked answer is wrong, the message will be keep trying. Each question (subphases) will initially have 50 points. If the student makes a mistake once, it will be worth 40 points until it is worth 10 points when the alternatives are exhausted, that is, the student loses 10 points for each wrong answer that he scores. At the end of the game, the student can accumulate a maximum of 1250 points or a minimum of 250 points. It is important to highlight that at each completion of the phases (disciplines), the user will have access to other avatar clothes. If the question is wrong, the student will be directed to the content screen for study, and may return for a new attempt. In the initial menu the student will also be able to access the contents for study, being able to study before starting the game. With the application, the incoming student will be able to use it for study and in this way, assist in the fixation of learning.

Keywords: Android platform; Educational games; Digital Technologies; Digital learning objects.

INTRODUÇÃO

As tecnologias digitais passaram a ocupar um espaço primordial na comunicação e na vida das pessoas, com influência direta no cenário econômico, humano e social, transformando

as relações sociais com maior evidência na pandemia iniciada no ano de 2020 (CARDOSO et al., 2020; RIEDNER E PISCHETOLA, 2016).

A maior parte da população atualmente possui acesso a algum tipo de tecnologias digitais como acesso a internet em computadores ou celulares. Dessa forma, as escolas e as universidades precisam adotar propostas pedagógicas que utilizem diferentes tecnologias, principalmente a tecnologia digital (MORAES, 2002), pois se manifestam no contexto escolar através das informações e conhecimentos adquiridos por meio das mídias (RIEDNER E PISCHETOLA, 2016).

Entretanto, o uso das tecnologias no âmbito educacional exige mudanças sociais e culturais que valorizam o novo tipo de saber e exige conhecimento com domínio de novas habilidades relacionadas às tecnologias digitais (PISCHETOLA, 2016).

Diversos recursos tecnológicos podem apoiar o processo de ensino, favorecendo a aprendizagem dos alunos. Nesse sentido, as tecnologias interativas como uso de programas para celulares podem ser aplicadas na educação, aumentando a pluralidade da abordagem dos conteúdos, atendendo diferentes estilos de aprendizagem e favorecendo o desenvolvimento de novas competências e habilidades do aluno (CARDOSO et al., 2020). Assim, o uso de objetos digitais podem auxiliar no ensino, incluindo no nível superior.

Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um jogo, em formato de quiz, para aparelho móvel com conteúdos relacionados à Agronomia para estudantes no primeiro semestre.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Tecnologias Digitais

Os meios tecnológicos informativos e comunicativos, englobam uma ampla interação entre homem e as tecnologias, na qual ocorrem mudanças significativas ao decorrer dos anos na sociedade atual. Essas novas formas de comunicação proporcionam uma maior facilidade de aprendizado (KENSKI, 2008).

A evolução digital abrange novas formas das pessoas se comunicarem, mas como consequência pode determinar de forma direta ou indiretamente o agir ou pensar das pessoas na sociedade (LEVY, 1999).

No ensino, a eficiência gerada pela implantação dos métodos tecnológicos, proporcionando uma melhor interação entre ensinar e aprender, ocasionando uma ampla troca de conhecimentos entre os professores e alunos não apenas na sala de aula, visando a busca

pelo conhecimento (CAROLINO, 2007).

Cabe ressaltar que a existência das tecnologias nas escolas não garantirá melhoria no aprendizado se ela não for devidamente planejada e usada de forma adequada. Portanto, é importante relações estabelecidas entre esses três elos da educação: professor, alunos e tecnologias, sendo desenvolvidos de uma forma mais unificada contribuirá nos entendimentos desses novos conceitos de aprendizado (VALENTE, 1999).

Com a pandemia da Covid-19, o uso das tecnologias se tornou uma das possibilidades para o andamento das aulas não presenciais e, dessa forma, proporcionou aos professores repensar sobre as práticas de ensino adotadas e qual o papel das tecnologias no ensino. Nesse sentido, a aprendizagem expandiu fronteiras devido a acessibilidade das tecnologias digitais de comunicação e informação (KENSKI, 2010).

Objetos digitais de aprendizagem

Objetos digitais de aprendizagem (ODA) segundo Wiley, (2000, p. 7) é “qualquer recurso digital que pode ser reusado para apoiar a aprendizagem”. Nesse seguimento, tem surgido defesas a favor do ODA indicando que o mesmo tem apresentado papel significativo na aprendizagem e tem conseguido despertar interesse em discentes, devido a maneira dinâmica e interativa de aprendizado.

O ODA deve possuir um planejamento, desenvolvimento e uma padronização. Portanto, o objeto de aprendizagem deve desafiar os alunos seja em relação a máquina ou até mesmo com outros alunos.

A expansão do uso de objetos digitais de estudo, permitiu a educação de modo remoto. (ROVAI; JORDAN, 2004). Devido a pandemia causada pelo covid-19, as instituições de ensino, intensificaram o uso de objetos de estudo digitais contribuindo assim para uma fomação digital.

A utilização do ensino remoto pode proporcionar e restabelecer a interação e troca de conhecimentos na sociedade acadêmica em um contexto onde a interação presencial não pode continuar, e se tornou a opção mais eficaz a ser utilizada por vários países (ROVAI E JORDAN, 2004)

Ressalta-se também o fato dos meios de aprendizados terem sofrido mudanças significativas ao decorrer do século passado na sua formar de ensinar, contribuindo para uma nova reformulação nesse sistema na qual passou a ser voltada exclusivamente a quem aprende (TEODORO; VASCONCELOS, 2005).

O uso dos recursos digitais na educação alicerça o ensino quando contribui diretamente na redução das barreiras de tempo e espaço (MORAN, 1997). Dessa forma, o avanço da tecnologia mudou a forma de comunicação entre a sociedade e as novas gerações têm mostrado grande afinidade e gosto pelos recursos tecnológicos.

O uso de tecnologias no ensino superior teve uma revolução no modo de ensino aos estudantes, contribuindo de forma positiva no aprendizado, no entanto é preciso ter uma adaptação na maneira pedagógica de ensino (RIEDNER E PISCHETOLA, 2016). Ainda segundo os autores, a inserção da tecnologia valoriza um novo tipo de saber, o conhecimento intelectual.

Cabe ressaltar que esse conhecimento contribuirá para obter novas experiências, sempre buscando a tecnologia como um novo meio de aprendizado acadêmico (BATES, 2015).

Seguindo essa linha de raciocínio, entende-se que as mudanças ocasionadas pelo uso de tecnologias voltadas a educação propõe novas ferramentas no modo de aprender e ensinar, as quais disponibilizam meios de comunicação onde a sociedade acadêmica terá uma busca insaciável pelo aprendizado (BALADELI BARROS E ALTOÉ, 2012).

Salientando, o uso dos atuais meios de comunicação tendo como exemplo o Facebook, Whatsapp, Instagram, entre outros, restituem a interação e troca de conhecimentos que vai além da sala de aula, entre os professores e seus alunos e uma troca de conhecimentos geral no meio acadêmico (LEHMANN; PARREIRA, 2019).

Diante dos fatos mencionados, podemos destacar que a sociedade se baseia inteiramente em uma economia de conhecimento, portanto a educação tem um papel fundamental de desenvolver com os alunos essas técnicas digitais para que possam integrar esses novos conhecimentos as suas sociedades (HARGREAVES, 2004).

Como os smartphones estão popularizados e permitem fácil acesso a ferramentas computacionais, os dispositivos moveis passam a apresentar um alto potencial para contribuir no processo de aprendizagem dos alunos (LEITE, 2014). Segundo Shuler (2009, p. 5) os “[...] dispositivos móveis podem ajudar a promover o conhecimento, as habilidades e perspectivas que as crianças precisarão para competir e cooperar no século 21”.

Dessa forma, a inserção dos recursos tecnológicos na educação apresentam potencial na mediação do conhecimento, propiciando novas oportunidades aos docentes ensinar e rompendo paradigmas, possibilitando aos alunos condições para aprender em um novo modelo de ensino mais autônomo e ativo (LOCATELLI ET AL., 2015).

Os autores Oliveira et al., (2016) apresentam que os dispositivos móveis e os aplicativos

estão presentes na vida dos alunos e portanto, o docente precisa pensar no modo de utilizá-los nas aulas, de modo a contribuir no processo de ensino.

Seleção das disciplinas do curso de Agronomia

Para o desenvolvimento do aplicativo, foram selecionadas as disciplinas de Física, Bioquímica, Natureza e Propriedades dos Solos, Agrometeorologia e Comunicação e Extensão Rural.

A Física é uma disciplina complexa que exige do aluno conhecimento prévio do ensino médio, mas que, geralmente, não são abordadas adequadamente. Apesar disso, essa disciplina serve como base para a compreensão dos alunos em outras matérias importantes de atuação direta do agrônomo como mecanização agrícola e sistema de irrigação. A disciplina de Bioquímica é base para a disciplina de Melhoramento Genético, fundamental para que o agrônomo consiga realizar uma ótima atuação no mercado de trabalho. Normalmente essas disciplinas são ofertadas até o terceiro semestre do curso de Agronomia, de forma que os alunos iniciantes possam utilizar o aplicativo como forma de avaliar os conhecimentos adquiridos nas aulas.

Nas específicas, a disciplina de solos é de fundamental importância para a compreensão dos alunos, pois é a partir dela que o Agrônomo precisa realizar a correta adubação para que ocorra o crescimento adequado das plantas. A agrometeorologia é o ramo da meteorologia que estuda as relações de causa e efeito das condições meteorológicas com o meio rural e a produção agrícola. Já a disciplina de Comunicação e Extensão Rural apesar de não ser uma disciplina com conteúdo extenso, ela apresenta importância por conter itens de extensão, onde o aluno precisa aprender a comunicar e com os produtores, sejam eles de grandes fazendas ou pequenas propriedades.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizado inicialmente uma pesquisa teórica sobre as disciplinas dos semestres iniciais do curso de Agronomia, sendo utilizada como base o projeto pedagógico do curso de Agronomia da Universidade do Estado de Mato Grosso, campus de Nova Mutum. As disciplinas selecionadas para a primeira versão do aplicativo foram Física, Bioquímica, Natureza e Propriedades dos Solos, Agrometeorologia e Comunicação e Extensão Rural.

Para o desenvolvimento do aplicativo foi selecionado o sistema Android pois de acordo

com Cardoso (2020) está presente em mais de 90% dos celulares brasileiros.

Após a seleção de cinco disciplinas para fazerem parte do protótipo, foram elaboradas questões para compor um Quiz, sendo inicialmente cinco questões por disciplina. Também foi realizado um texto informativo com informações relevantes das disciplinas e conteúdos abordados nas questões do Quiz para que o usuário tivesse acesso para estudo futuro.

Na sequência, foi esquematizado o formato que as telas serão apresentadas para programação no programa AppInventor devido a simplicidade no processo de desenvolvimento por iniciantes em programação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aplicativo “Agro-Estudante” é um aplicativo criado em formato de Quiz para que os alunos dos primeiros semestres nos cursos de Agronomia possam estudar e conhecer um pouco do curso e das principais disciplinas que estudarão ao longo dos anos.

Para a primeira fase do protótipo, foram selecionadas cinco áreas sendo duas comuns a outros cursos, consideradas áreas gerais e três específicas do curso de Agronomia. As disciplinas das áreas gerais escolhidas são as disciplinas de Física e Bioquímica. Na área de disciplinas específicas optou-se, nesse primeiro momento, abordar as disciplinas de Natureza e Propriedades dos Solos, Agrometeorologia e Comunicação e Extensão Rural.

Nos subtópicos a seguir será apresentada uma breve descrição das telas e formatado de apresentação do aplicativo.

Tela de abertura do aplicativo

Ao acessar o aplicativo, será apresentada a tela de abertura (Figura 1) com um estudante carregando alguns livros, símbolo da Agronomia e o logo do Programa Uniciências da Universidade do Estado de Mato Grosso – Unemat.

Figura 01: Tela de abertura do Aplicativo Agro estudante.

Fonte: Própria (2021).

A apresentação da tela de abertura demorará aproximadamente três segundos até seguir para a tela inicial.

Tela de inicial do aplicativo

Após abertura do aplicativo, o indivíduo será direcionado a tela inicial com o menu principal.

Nessa tela, o usuário poderá atribuir um nome ao avatar dele, e selecionar o avatar agro-estudante. Nesse local será possível ainda selecionar uma roupa do guarda-roupa do avatar, onde alguns itens estarão bloqueados e só serão disponibilizados após o usuário terminar as missões do Quiz.

A Figura 2 apresenta os modelos iniciais de avatares que foram selecionados para a programação do protótipo.

Figura 02: Avatares do aplicativo Agro estudante.

Fonte: Própria (2021).

Os avatares foram inspirados em dois bolsistas do grupo de pesquisa e desenhados no Programa Avatoon.

Na lateral da tela inicial, serão apresentados quatro menus que os usuários poderão acessar em qualquer uma das telas posteriores do aplicativo. Esse menu será fixo e irá conter acesso rápido ao apelido do avatar, a pontuação acumulada no Quiz e o guarda-roupa para modificar as roupas dos avatares (Figura 3).

Se o usuário clicar no apelido, será direcionado a tela inicial onde poderá alterar o apelido dado ao avatar. Se optar por entrar no guarda-roupa poderá ver as roupas ainda bloqueadas e se quiser, poderá alterar a vestimenta do avatar e terá acesso a pontuação até o momento.

Figura 03: Menu lateral de todas as telas do aplicativo

Fonte: Própria (2021).

Essa tela terá ainda a opção “iniciar” do jogo, onde o usuário será direcionado a tela seguinte com as opções das temáticas abordadas no aplicativo.

Descrição das fases do jogo

Na tela seguinte, o usuário será direcionado a tela onde está apresentada as fases seguintes que terá que percorrer no jogo, iniciando pelas questões da disciplina de física, bioquímica, natureza e propriedades do solo, agrometeorologia e por fim, comunicação e extensão rural. A Figura 4 apresenta o esboço da tela de fases.

Figura 04: Menu das fases as telas do aplicativo

Fonte: Própria (2021).

Em cada uma das subfases será apresentada uma questão de múltipla escolha referente a fase selecionada com cinco alternativas. É importante ressaltar que o usuário somente terá acesso a subfase seguinte e respectivamente a próxima fase quando marcar corretamente a resposta.

Ao completar todas as questões da fase, o aluno será direcionado a uma tela onde poderá encontrar resumidamente informações importante sobre o conteúdo, de forma a fixar o aprendizado obtido durante a disciplina no curso de graduação. Nessa etapa ele terá a opção voltar ao menu inicial ou avançar para a fase seguinte.

A opção de apresentar parte do conteúdo resumidamente ao aluno tem por objetivo auxiliar no processo de aprendizagem das respectivas disciplinas.

Descrição dos conteúdos selecionados para as fases do jogo

Para seleção dos conteúdos de cada disciplina, foi priorizado aqueles que estão relacionados a outras disciplinas, como por exemplo bioquímica que é fundamental para melhoramento genético. Também foi selecionado conteúdos que o aluno precisa ter conhecimento pois serão aplicados diretamente na sua atuação profissional, como por exemplo,

o conteúdo de assistência técnica na disciplina de Comunicação e Extensão Rural.

Na subfase de física, serão abordadas no aplicativo questões relacionadas aos cálculos de vazão para processo de irrigação, força de trabalho, potência de motores e cálculos de conversão simples como alqueires.

A subfase de bioquímica terá questões referente a assimilação do nitrogênio, processo de fotossíntese, importância dos nutrientes para as plantas e controle de ervas daninhas.

Na subfase de natureza e propriedade dos solos serão abordados conteúdos sobre formação das rochas, características dos solos para agricultura e composição do solo. Na subfase de agrometeorologia será abordado sobre declinação solar, elementos do clima e fatores climáticos e agricultura.

Na subfase de comunicação e extensão rural o usuário terá acesso a questões sobre assistência técnica, modelo e fases de extensão rural no Brasil.

As questões do protótipo serão retiradas de referências presentes nos Projetos Pedagógicos dos Cursos (PPC) de Agronomia e de provas do Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE) do curso de Agronomia.

Pontuação

Sempre que o usuário acertar a questão, aparecerá na tela uma mensagem de Parabéns! Se a resposta marcada for errada, a mensagem será de continue tentando.

Cada questão (subfases) terá inicialmente 50 pontos. Se o aluno errar uma vez, ela passará a valer 40 pontos até que tenha valor de 10 pontos quando esgotar as alternativas, ou seja, o aluno perde 10 pontos a cada resposta errada que marcar.

No final do jogo, o aluno poderá acumular um valor máximo de 1250 pontos e mínimo de 250 pontos. É importante destacar que a cada finalização das fases (disciplinas), o usuário terá acesso a outras roupas do avatar.

Sempre que errar a questão, o aluno será direcionado a seção de conteúdo da disciplina, para que possa rapidamente ler e fazer nova tentativa.

Menu extra: Curso de Agronomia

No final do aplicativo será apresentado um menu extra com informações sobre o curso de Agronomia.

Nesse menu, será abordado sobre a área de atuação do agrônomo, principais disciplinas que fazem parte do projeto pedagógico dos cursos de Agronomia além da importância do agrônomo para a agricultura.

Trabalhos existentes na literatura

Em uma rápida busca de aplicativos que envolvam o curso de Agronomia no Play Store, foram encontrados aplicativos que auxiliam o produtor, apresentem sobre o curso de Agronomia e simulados para concursos. Porém, não foi encontrado nenhum aplicativo voltado em exclusividade aos alunos ingressantes no curso e tenham itens que são desbloqueados conforme os acertos nas questões.

CONCLUSÕES

No presente trabalho foi desenvolvido um aplicativo em formato de perguntas e respostas que tem potencial para contribuir na aprendizagem de conteúdos relacionados a agronomia. O protótipo conta com cinco questões em cinco disciplinas diferentes, onde o usuário recebe pontuação para cada acerto e, em caso de erro, é encaminhado para uma seção de estudo sobre a área relacionada a questão.

Os conteúdos constantes no aplicativo são apresentados por avatares desenvolvidos com base nos bolsistas do programa Uniciências. Os conteúdos foram selecionados através do plano de curso de agronomia.

REFERÊNCIAS

BALADELI, A. P. D.; BARROS, M. S. F.; ALTOÉ, A. Desafios para o professor na sociedade da informação. *Educar em Revista*, Curitiba, n. 45, p. 155-165, set. 2012

BATES, Tony. *Teaching in a digital age: guidelines for designing teaching and learning*. Vancouver: Tony Bates Associates, 2015.

CARDOSO, Beatriz. 9 em cada 10 brasileiros usam celular Android, diz relatório do Google. *Techtudo*, 2020. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/noticias/2020/09/9-em-cada-10-brasileiros-usam-celular-android-diz-relatorio-do-google.ghtml>>. Acesso em: 04 nov. 2020.

CAROLINO, J. de A. *Contribuições da Pedagogia de Projetos e do uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (Tics) para o ensino de Geografia – um estudo de caso*. 2007. Dissertação (Pós-Graduação em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

CASTIONI, Remi et al . Universidades federais na pandemia da Covid-19: acesso discente à internet e ensino remoto emergencial. *Ensaio: aval.pol.públ.Educ.*, Rio de Janeiro , v. 29, n. 111, p. 399-419, June 2021 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-40362021000200006&lng=en&nrm=iso>. access on 13 Apr. 2021. Epub Feb 22, 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-40362021002903108>.

HARGREAVES, A. O ensino na sociedade do conhecimento: educação na era da insegurança. Porto Alegre: Artmed, 2004.

KENSKI, V. M. Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação. 3. ed. São Paulo: Papirus, 2008.

KENSKI, Vani Moreira. Tecnologias e o ensino presencial e a distância. 9 ed. Campinas, SP: Papirus, 2010. pdf >.

LEHMANN, L.; PARREIRA, A. Instrumentos inovadores de aprendizagem: uma experiência com o WhatsApp Revista Lusófona de Educação, Lisboa, v. 43, n. 43, p. 75-89, maio 2019. Disponível em: <https://revistas.ulusofona.pt/index.php/rleducacao/article/view/6771>. Acesso em: 4 jun. 2019.

LEITE, Bruno Silva. M-Learning: o uso de dispositivos móveis como ferramenta didática no Ensino de Química. Revista Brasileira de Informática na Educação, v. 22, n. 3, 2014.

LÉVY, P. Cibercultura. São Paulo: Editora 34, 1999.

LOCATELLI, Aline; ZOCH, Alana Neto; TRENTIN, Marco Antonio Sandini. TICs no Ensino de Química: Um Recorte do “Estado da Arte.” Revista Tecnologias na Educação – Ano 7, n 12. Julho de 2015.

MORAES, Maria Cândida. Tecendo a rede, mas com que paradigma. Educação a distância: fundamentos e práticas. Campinas: UNICAMP/NIED, 2002.

MORAN, J. M. (1997). Como utilizar a internet na educação. Revista Ciência da Informação, 26(2), 146-153.

OLIVEIRA, Fábio Caires de; SOUTO, Daise Lago Pereira; CARVALHO, José Wilson P.; Seleção e análise de aplicativos com potencial para o ensino de química orgânica. Revista Tecnologias na Educação. n 8. v.17. Dez. 2016.

PISCHETOLA, M. (2016). Inclusão digital e educação: a nova cultura da sala de aula. Petrópolis/Rio de Janeiro: Vozes/PUC-Rio.

RIEDNER, D. T., D.; PISCHETOLA, M. Tecnologias Digitais no Ensino Superior: uma possibilidade de inovação das práticas?. **Educação, Formação & Tecnologias - ISSN 1646-933X**, América do Norte, 9, dez. 2016. Disponível em: <<https://eft.educom.pt/index.php/eft/article/view/526>>

ROVAI, A. P.; JORDAN, H. Blended learning and sense of community: a comparative analysis with traditional and fully online graduate courses. The International Review of Research in Open and Distributed Learning, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 1-13, Aug. 2004. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v5i2.192>

SHULER, C. **Pockets of potential Using Mobile Technologies to Promote Children’s Learning**, Ed.M. January 2009.

TEODORO, A.; VASCONCELOS, M. L. Ensinar e aprender no ensino superior: por uma epistemologia da curiosidade na formação universitária. São Paulo: Cortez/Mackenzie, 2005.

VALENTE, J. A. (Org.). O computador na sociedade do conhecimento. Campinas: NIED/UNICAMP, 1999.

WILEY, David A. et al. Conectando objetos de aprendizagem à teoria do design instrucional: Uma definição, uma metáfora e uma taxonomia. O uso instrucional de objetos de aprendizagem , v. 2830, n. 435, p. 1-35, 2000.

**CAPÍTULO 09: DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO “NEMATOIDESAPP”
COM INFORMAÇÕES SOBRE NEMATOIDES *MELOIDOGYNE* DE GALHA EM
DIFERENTES HORTALIÇAS**

**CAPÍTULO 09: DESARROLLO DE LA APLICACIÓN “APP NEMATOIDES” CON
INFORMACIÓN SOBRE NEMATOIDES DE *MELOIDOGYNE* DE GALHA EN
DIFERENTES HORTALIZAS**

**CHAPTER 09: DEVELOPMENT OF THE APPLICATION “APP NEMATOIDES”
WITH INFORMATION ABOUT NEMATOIDES *MELOIDOGYNE* OF GALA IN
DIFFERENT VEGETABLES**

Vitória de Sousa Aroucha¹; Sumaya Ferreira Guedes²; Kethelin Cristine Laurindo de Oliveira³; Gabriel Schardong Ferrão⁴; Raquel Aparecida Loss⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.107-120>

RESUMO

Os nematoides são organismos que podem parasitar plantas, animais ou insetos, sendo que se proliferam rapidamente quando não tratados em seu estágio inicial. Os nematoides do gênero *Meloidogyne* são considerados como os mais importantes nematoides fitopatogênicos. Dessa forma, esse trabalho teve como objetivo o projeto para desenvolvimento de um aplicativo para aparelhos móveis que está sendo desenvolvido com informações sobre os sintomas causados pela presença de nematoides em hortaliças e as formas de controle. Assim, a primeira etapa desse trabalho consistiu em uma pesquisa teórica sobre nematoides e as principais hortaliças normalmente produzidas e comercializadas por pequenos produtores. A partir dessas informações, foram selecionadas quatro hortaliças para o protótipo (aplicativo). Para cada hortaliça foram verificadas na literatura quais os principais sintomas da presença de nematoides e quais as formas para sanar os problemas causados, de forma simples que o produtor conseguisse realizar em sua propriedade. Foi dada relevância para a escrita em uma linguagem simples para alcançar o público que possui carência de estudo. Na sequência, foi esquematizado o formato que as telas serão apresentadas para programação na plataforma AppInventor devido a simplicidade no processo de programação para iniciantes. O aplicativo apresentará 6 menus: 1) Conhecendo os nematoides; 2) *Meloidogyne* - Nematode das galhas; 3) Principais sintomas causados em hortaliças; 4) Principais ações preventivas e corretivas; 5) Sintomas e controle em algumas hortaliças e 6) Quiz. Cada menu será dividido em seções, a fim de dividir as informações de forma dinâmica. Os diferentes menus também serão apresentados com diferentes avatares, para atrair a atenção do usuário. A última seção do aplicativo refere-se a um Quiz de perguntas e respostas (cinco questões) para testar o conhecimento dos usuários sobre o tema. Em cada uma das seções será fornecido ao usuário a opção voltar a seção anterior, seguir para seção seguinte ou voltar ao menu inicial. No aplicativo será colocado uma música instrumental de fundo com opção de silenciar.

Palavras-Chave: Android, Agricultura familiar, Avatar, Agronomia.

RESUMEN

Los nematodos son organismos que pueden parasitar plantas, animales o insectos, y proliferan rápidamente cuando no se tratan en su etapa inicial. Los nematodos del género *Meloidogyne* se consideran los nematodos fitopatógenos más importantes. Así, este trabajo tuvo como objetivo el proyecto de desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles que se está desarrollando con información sobre los síntomas provocados por la presencia de nematodos en vegetales y como formas

¹ Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, vitoriaaroucha2@gmail.com

² Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, sumayaguedes@unemat.br

³ Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, kethelin.oliveira@unemat.br

⁴ Ciências da Computação, Universidade do Estado de Mato Grosso, gabrielFerrao@unemat.br

⁵ Engenharia de Alimentos, Universidade do Estado de Mato Grosso, loraine_snp@hotmail.com

de control. Así, la primera etapa del trabajo consistió en una investigación teórica sobre los nematodos y las principales hortalizas que normalmente producen y comercializan los pequeños productores. A partir de esta información, se seleccionaron cuatro hortalizas para el prototipo (aplicación). Para cada vegetal se verificaron en la literatura los principales síntomas de la presencia de nematodos y las formas de remediar los problemas ocasionados, de una manera sencilla que el productor pudo manejar en su propiedad. Se formó para escribir en un lenguaje sencillo para llegar al público que tiene falta de estudio. Luego, se delineó el formato que se usarán las pantallas para la programación en la plataforma AppInventor debido a la simplicidad del proceso de programación para principiantes. La aplicación presentará 6 menús: 1) Conociendo los nematodos; 2) *Meloidogyne* - nematodo de las agallas; 3) Principales síntomas provocados en hortalizas; 4) Principales acciones preventivas y correctivas; 5) Síntomas y control en algunas verduras y 6) Prueba. Cada menú se dividirá en divisiones, con el fin de dividir dinámicamente la información. Los diferentes menús también estarán divididos con diferentes avatares, para llamar la atención del usuario. La última sección de la aplicación se refiere a un cuestionario de preguntas y respuestas (cinco preguntas) para evaluar el conocimiento de los usuarios sobre el tema. En cada uno de los expandidos, se le dará al usuario la opción de volver a la sección anterior, ir a la siguiente sección o regresar al menú inicial. No se colocarán aplicaciones en música instrumental de fondo con la opción de silenciar.

Palabras Clave: Android, Agricultura Familiar, Avatar, Agronomía.

ABSTRACT

Nematodes are organisms that can parasitize plants, animals or insects, and they proliferate quickly when not treated in its initial stage. Nematodes of the genus *Meloidogyne* are considered to be the most important phytopathogenic nematodes. Thus, this work aimed at the project for the development of an application for mobile devices that is being developed with information about the symptoms caused by the presence of nematodes in vegetables and as forms of control. Thus, the first stage of the work consisted of theoretical research on nematodes and the main vegetables normally produced and marketed by small producers. From this information, four vegetables were selected for the prototype (application). For each vegetable, the main symptoms of the presence of nematodes and the ways to remedy the problems caused were verified in the literature, in a simple way that the producer could manage on his property. It was shaped for writing in a simple language to reach the public that has a lack of study. Then, the format that the screens will be for programming on the AppInventor platform was outlined due to the simplicity of the programming process for beginners. The application will present 6 menus: 1) Knowing the nematodes; 2) *Meloidogyne* - gall nematode; 3) Main symptoms caused in vegetables; 4) Main preventive and corrective actions; 5) Symptoms and control in some vegetables and 6) Quiz. Each menu will be divided into divisions, in order to dynamically divide the information. The different menus will also be divided with different avatars, to attract the user's attention. The last section of the application refers to a question and answer Quiz (five questions) to test users' knowledge of the topic. In each of the expanded ones, the user will be given the option to go back to the previous section, go to the next section or return to the initial menu. No apps will be placed on background instrumental music with an option to mute.

Keywords: Android, Family Farming, Avatar, Agronomy.

INTRODUÇÃO

Os nematoides são organismos que podem parasitar plantas, animais ou insetos. Quando presentes nas plantas, atacam preferencialmente as raízes, bulbos, rizomas e tubérculos. Esses organismos se proliferam com grande rapidez quando não são tratados em seus estágios iniciais, causando grandes danos em lavouras do mundo todo. Dessa forma, causam grandes reduções na produtividade das culturas que serão parasitadas (FERRAZ et al., 2010; GOULART, 2008).

Os nematoides do gênero *Meloidogyne* são tidos como os mais importantes nematoides

fitopatogênicos, pois apresentam ampla distribuição geográfica e enorme gama de hospedeiros, causando grandes danos as culturas (MULLER, 2014).

Apesar da importância de conhecer os problemas que esse organismo pode causar, os ingressantes no curso de Agronomia e pequenos produtores rurais possuem poucas informações sobre as formas de identificar a presença de nematoides nas culturas, incluindo as principais ações melhorando a eficiência do controle desde o início da proliferação.

Dessa forma, esse trabalho teve como objetivo o projeto para desenvolvimento de um aplicativo para aparelhos móveis que está sendo desenvolvido com informações sobre os sintomas causados pela presença de nematoides em hortaliças e as formas de controle.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No mercado interno brasileiro, a agricultura familiar é responsável por 70% dos alimentos consumidos no país, e toda sua cadeia produtiva contribui com cerca de 10% do Produto Interno Bruto (PIB). Além de possuir grande importância no abastecimento de alimentos para o mercado interno, a agricultura familiar possui grande relevância também na geração de empregos, nas exportações e na manutenção do homem no campo (CRUZ, et al. 2020).

Segundo Freitas e Wander (2017), até 2050 haverá uma necessidade de produção de alimentos que possam atender a cerca de 9,1 bilhões de pessoas no mundo inteiro todos os dias, e com isso, o papel da agricultura familiar se torna imprescindível além de desafiadora, tendo que melhora sua eficiência de produção no campo levando em conta a redução de recursos naturais.

A produção agrícola da agricultura familiar muitas das vezes estão baseados principalmente da produção de hortaliças em suas propriedades. Ainda de acordo com Freitas e Wander (2017), a produção de hortaliças chegou a 19,4 milhões de toneladas (ANUARIO, 2014), sendo as culturas que apresentam volume de produção o tomate, alho cenoura, alface, batata, batata-doce e cebola (CONAFER, 2021).

A produção de hortaliças normalmente é realizada pela agricultura familiar devido a simplicidade do cultivo e necessidade de pouco espaço e insumos, além de um ciclo curto para produção (DIAS et al., 2012).

O cultivo de hortaliças gera um retorno rápido para o agricultor, além de apresentar uma versatilidade de hortaliças que possam ser produzidas, sendo comercializadas no formato *in natura* ou processada. Porém, um dos principais limitantes do desenvolvimento de hortaliças é

o ataque de patógenos, produzindo danos direta ou indiretamente na produção (BOARI et al., 2017).

Patógenos em hortaliças: Nematoides

Em qualquer tipo de cultivo, as plantas estão susceptíveis ao ataque de pragas e doenças. Como são cultivadas praticamente todo o ano. As hortaliças passam a ser alvos fáceis do ataque desses agentes.

As pragas estão relacionadas a presença de insetos que parasitam as plantas, causando prejuízos como redução do tamanho, folhagem menor e murchamento das folhas. Alguns insetos podem ainda causar danos diretos, como lagartas e besouros, que se alimentam das folhas, frutos, raízes e tubérculos.

As doenças, de um modo geral, podem ser causadas por bactérias, fungos, vírus e os nematoides, prejudicando as raízes, folhas e tubérculos.

Os nematoides são vermes com formato cilíndrico alongado, extremidade afiladas e tamanho variável, medindo de 0,3 cm (parasita de plantas) até vários centímetros quando parasitam animais. A maioria dos gêneros de nematoides possuem a capacidade de viver em ambientes com disponibilidade de água, sendo sensíveis a altas temperaturas e secas. Quando parasitam as plantas, retiram as substâncias nutritivas com uma espécie de estilete bucal e viabilizam substâncias tóxicas para o interior das células (ROSSETTO E SANTIAGO, 2021).

A contaminação das culturas por esses vermes pode acontecer através da irrigação com água contaminada, deslocamento de áreas contaminadas para áreas limpas por ventos fortes, produção de mudas em substratos ou solos infectados, máquinas e materiais agrícolas contaminados e até mesmo a movimentação de pessoas ou animais (ROSSETTO E SANTIAGO, 2021).

Existem vários gêneros relacionados aos cultivos agrícolas, sendo os mais importantes os gêneros *Meloidogyne*, *Heterodera*, *Globodera*, *Pratylenchus*, *Rodopholus*, *Rotylenchulus*, *Nacobbus* e *Tylenchulus*.

Meloidogyne

Os prejuízos causados no cultivo de hortaliças devido a presença dos nematoides podem atingir 100% de perda, dependendo do tipo de cultivar e da força de infestação no local. Dentre os nematoides que apresentam maior importância econômica estão o gênero *Meloidogyne*, que possuem uma vasta distribuição geográfica e fácil disseminação, podendo ter seus ovos propagados pela circulação de maquinários e pessoas que circulam em locais contaminados.

(GRIGOLLI e ASMUS 2014)

Os nematoides do gênero *Meloidogyne* são capazes de causar danos na maioria das hortaliças cultivadas atualmente no país quando não há o manejo correto desses parasitas. (PINHEIRO, MELO e RAGASSI, 2020) Esse gênero ataca as raízes das plantas hospedeiras, o que acaba por dificultar a absorção de água e nutrientes além de deixarem as raízes expostas estando suscetíveis a possíveis ataques de fungos e bactérias (ASSUNÇÃO, 2019).

De acordo com Gabia (2019), estima-se que mais de 2000 espécies de vegetais são vulneráveis a infecção nematoides do gênero *Meloidogynes spp.*, entre as espécies mais comumente encontradas e importantes estão *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica*, além das mais de 90 espécies já encontradas em todo o mundo pertencentes ao gênero *Meloidogyne* (GRIGOLLI E GRIGOLLI, 2017; PINHEIRO, PEREIRA E SUINAGA, 2014).

Segundo Gabia (2019), a perda da produção de hortaliças tendo como causa os fitonematoídeos em país desenvolvidos é de cerca de 12,3 % e em países em desenvolvimento as perdas são estimadas em 14,6 %.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizado inicialmente uma pesquisa teórica sobre nematoides e as principais hortaliças normalmente produzidas e comercializadas por pequenos produtores para que fizesse parte da primeira etapa de criação do protótipo.

Foram selecionadas inicialmente para compor o aplicativo três hortaliças folhosas (alface, couve, almeirão) e uma tuberosa (cenoura). A seleção de três hortaliças folhosas se deve ao fato de que das 25 espécies de hortaliças cultivadas e comercializadas no município de Nova Mutum-MT, 32% são de hortaliças folhosas, sendo a mais cultivada a alface e a couve (VARGAS, 2016).

Após a seleção das hortaliças para o protótipo, foram verificadas na literatura quais os principais sintomas da presença de nematoides e quais as formas para sanar os problemas causados, de forma simples que o produtor conseguisse realizar em sua propriedade. Foi dada relevância para a escrita em uma linguagem simples para alcançar o pequeno produtor rural e alunos ingressantes no curso de Agronomia.

Na sequência, foi esquematizado o formato que as telas serão apresentadas para programação na plataforma AppInventor devido a simplicidade no processo de programação para iniciantes. O aplicativo apresentará seis menus: 1) Conhecendo os nematoides; 2) *Meloidogyne* - Nematóide das galhas; 3) Principais sintomas causados em hortaliças; 4)

Principais ações preventivas e corretivas; 5) Sintomas e controle em algumas hortaliças e 6) Quiz. Cada menu será dividido em seções, a fim de dividir as informações de forma dinâmica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse tópico será descrito sobre as telas, seções e descrições que formará o aplicativo.

Tela Inicial

Ao abrir o aplicativo, na tela inicial ou tela de abertura é apresentado rapidamente a marca do Programa Uniciências, um programa de extensão institucionalizado pela Universidade do Estado de Mato Grosso. A Figura 1 apresenta o logo Uniciências que aparecerá para o usuário por um tempo de três segundos.

Figura 1: Logos do Programa Uniciências.

Fonte: Própria (2021).

Na sequência, serão apresentadas algumas opções de acesso no formato de menu.

- 1) Conhecendo os nematoides
- 2) *Meloidogyne* - Nematóide das galhas
- 3) Principais sintomas causados em hortaliças
- 4) Principais ações preventivas e corretivas
- 5) Sintomas e controle em algumas hortaliças
- 6) Quiz

Menu “Conhecendo os nematoides”

As informações que compõem esse menu foram extraídas das referências de Ferraz et al. (2018).

Ao acessar o menu, é apresentado a avatar “Eduarda” da turminha do Programa Uniciências (Figura 2) que vai aparecer descrevendo resumidamente sobre os nematoides nas

seções seguintes.

Figura 2: Avatar Eduarda do Programa Uniciências.

Fonte: Própria (2021).

- **Seção 1:** Nessa seção serão apresentadas informações resumidas dos nematoides “Os nematoides são vermes de tamanhos variados que podem parasitar plantas, animais ou insetos”.
- **Seção 2:** Nos solos de manejo agrícola, pode existir diferentes espécies de nematoides, sendo que a maioria se alimenta das raízes das plantas, podendo causar doenças.
- **Seção 3:** Os nematoides que atacam as plantas são conhecidos como fitonematoides e permanecem parte do seu ciclo de vida dentro das raízes das plantas.
- **Seção 4:** Além dos danos causados por se alimentarem dos nutrientes das plantas, criam portas de entrada para fungos e bactérias ou atuam como vetores de viroses.

As seções serão apresentadas de forma dinâmica com a avatar, para chamar a atenção do usuário.

Menu “*Meloidogyne* - Nematóide das galhas”

As informações que compõem esse menu foram extraídas das referências Ferraz et al. (2018).

Ao acessar o menu, será apresentado a avatar “Bárbara” da turminha do Programa Uniciências (Figura 3) que vai aparecer descrevendo resumidamente sobre os nematoides do gênero *Meloidogyne* nas seções seguintes.

Figura 3: Avatar Barbara do Programa Uniciências.

Fonte: Própria (2021).

Seção 1: Os nematoides do gênero *Meloidogyne* comumente conhecidos como nematoides das galhas causam alterações celulares nos tecidos das plantas associados ao processo de alimentação. Nessa seção será apresentada uma foto microscópica do nematoides de galha. A Figura 4 apresenta um modelo de fotos que serão disponibilizadas na seção.

Figura 4: Exemplares fêmeas de nematoides vistos no microscópio. A- Nematóide visto na lupa em uma raiz; B- Nematóide presente

Fonte: Própria (2021).

Seção 2: Os nematoides de galha causam alterações celulares nos tecidos das plantas associados ao processo de alimentação. Essas alterações são comparadas a tumores com tamanhos e números variados. Nessa seção será apresentada uma foto microscópica da ação dos nematoides de galha nas raízes. A Figura 5 apresenta um modelo da presença de nematoides nas raízes da Alfaca.

Figura 5: Nematoides presentes nas raízes da Alface.

Fonte: Própria (2021).

- **Seção 3:** Os nematoides de galha causam alterações celulares nos tecidos das plantas associados ao processo de alimentação. As alterações são comparadas a tumores com tamanhos e números variados.
- **Seção 4:** No interior das galhas estão as fêmeas dos nematoides que depositam os ovos na raiz. Após a eclosão dos ovos, as formas jovens e móveis são transferidas para o solo à procura de uma raiz de planta favorável para seu desenvolvimento.

Menu “Principais sintomas causados em hortaliças”

As informações que compõem esse menu foram extraídas das referências Ferraz et al. (2018).

Ao acessar o menu, será apresentado o avatar “Ezequias” da turminha do Programa Uniciências (Figura 6) que vai aparecer descrevendo resumidamente sobre os principais sintomas em hortaliças.

Figura 6: Avatar Ezequias do Programa Uniciências.

.Fonte: Própria (2021).

Seção 1: As plantas infestadas por nematoides de galhas apresentam diversos sintomas, como falhas no stand, nanismo, folhas mais soltas e amarelecimento das folhas.

Na sequência serão apresentadas um conjunto de fotos dos sintomas em hortaliças para que o usuário consiga identificar em sua propriedade.

Última Seção: Cuidado! Nem sempre os sintomas são observados devido à adubação que a cultura recebe, que ajuda a mascarar os efeitos dos nematoides na parte aérea.

Menu “Principais ações preventivas e corretivas”

As informações que compõem esse menu foram extraídas das referências Rosa (2010), Rosa et al. (2013) e Ferraz et al. (2018).

Ao acessar o menu, será apresentado o avatar “Jean” da turminha do Programa Uniciências (Figura 7) que vai descrever resumidamente as principais ações preventivas ou corretivas no caso de infestação por nematoides das galhas.

Figura 7: Avatar Jean do Programa Uniciências

Fonte: Própria (2021).

- **Seção 1:** “*Manejo integrado*” é um método de ação preventiva que corresponde a integração de diferentes métodos de controle, já que a erradicação dos nematoides é praticamente impossível.
- **Seção 2:** Os principais métodos que podem ser utilizados em áreas infestadas são: a) Utilização de mudas sadias produzidas em substratos isentos de nematoides (controle preventivo). b) Rotação de culturas com plantas não hospedeiras, incluindo os adubos verdes e plantas antagonistas. c) Uso de cultivares resistentes.
- **Seção 3:** Rotação de cultura é o processo acessível à maioria dos produtores e visa à diminuição da quantidade de nematoides por meio do cultivo de plantas não hospedeiras em áreas infestadas.
- **Seção 4:** A prática de solarização consiste na utilização de uma lona transparente para cobrir a superfície do solo em um período de maior ocorrência de radiação solar, em um período de pré-plantio, sendo mantido em um período de 4 a 6 semanas, buscando um maior aquecimento das camadas mais profundas do solo.
- **Seção 5:** Com isso ocorre o aquecimento e a retenção de calor no solo, causando o enfraquecimento dos microrganismos patogênicos além de ser muito utilizado no controle do crescimento de plantas daninhas.

Menu “Sintomas e controle em algumas hortaliças”

Dessa forma, foram selecionados para a primeira versão do aplicativo as hortaliças alface, couve, almeirão e a hortaliça tuberosa cenoura.

Ao acessar o menu, será apresentado a avatar Eduarda da turminha do Programa Uniciências que vai descrever resumidamente seus sintomas e formas de controle nas hortaliças.

- **Seção 1:** Nessa seção será apresentada a “Alface” com os principais sintomas como crescimento reduzido, amarelecimento das folhas, presença de protuberância nas raízes e cabeças de alface menores e mais leves. Como métodos de controle as sugestões de rotação de culturas e processo de solarização.
- **Seção 2:** Nessa seção será apresentada a “Couve” com os principais sintomas como amarelecimento e murcha das folhas, redução de crescimento, sistema radicular com má desenvolvimento e presença de protuberância nas raízes. Como métodos de controle as sugestões de utilização de uma cultivar resistente, utilização de uma planta antagônica, como por exemplo: o cravo-de-defunto ou a crotalária, aumento no teor de matéria orgânica no solo e limpeza dos implementos utilizados na área de plantio.

- **Seção 3:** Nessa seção aparecerá sobre a “Almeirão” com os principais sintomas: presença de bolores nas raízes, má desenvolvimento foliar, folhas amareladas e folhas nos estandes. Como métodos de controle as sugestões de rotação de cultura, limpeza dos materiais utilizados no local de plantação, adubação verde e solarização.
- **Seção 4:** Nessa seção aparecerá sobre a “Cenoura” com os principais sintomas queda prematura e amarelecimento das folhas, raízes com tamanhos reduzidos e deformação das raízes, podendo apresentar bifurcações . Como métodos de controle as sugestões de rotação de cultura, adubação verde e uso de cultura resistente.

Opções voltar e sonorização

Em cada uma das seções será fornecido ao usuário a opção voltar a seção anterior, seguir para seção seguinte ou voltar ao menu inicial.

No aplicativo será colocado uma música instrumental com opção de deixar no mudo.

Quiz

A última seção do aplicativo refere-se a um Quiz de pergunta e resposta ao usuário, para testar o conhecimento adquirido no aplicativo. Esse menu será composto inicialmente por cinco questões que envolverá manejo das hortaliças apresentadas e as ações de correção dos nematoides. Em cada questão, o usuário terá quatro opções de resposta. Destaca-se que o Quiz estará voltado mais aos estudantes do que aos pequenos produtores.

Irão compor do menu questões como: - Quais as principais alternativas para reduzir a presença de nematoides na cultura da Alface?; - Quais os principais sintomas da presença de nematoides em culturas de cenouras? - Qual o nome do processo de cultivo de plantas não hospedeiras em áreas infestadas para controle de nematoides?.

O aplicativo e os pequenos produtores rurais

Apesar de ser mais voltado aos estudantes, o formato do aplicativo poderá auxiliar os pequenos produtores rurais no entendimento sobre os nematoides e as ações iniciais para controle nas plantações. Com o aplicativo desenvolvido, será aberto um espaço com um e-mail para que o produtor entre em contato com os alunos desenvolvedores do aplicativo e tenham uma interação inicial em caso de dúvidas. Essa comunicação será realizada por alunos do curso de Agronomia com supervisão dos professores da universidade.

CONCLUSÕES

O aplicativo “NEMATOIDES APP” apresenta informações sobre nematoides do gênero *Meloidogyne* em diferentes hortaliças. Esse aplicativo é destinado para alunos iniciantes no curso de Agronomia e pequenos produtores rurais.

No aplicativo, além das informações, pode ser encontrado um Quiz para avaliar o nível de conhecimento sobre o tema e um espaço com informação de um e-mail para que o pequeno produtor possa ter um contato inicial com alunos do curso de agronomia, supervisionado por professores, para sanar algumas dúvidas sobre a presença de nematoides em suas propriedades.

Apesar de não ter sido iniciada a fase de validação do protótipo com os principais públicos-alvo, o aplicativo apresenta potencialidade como suporte inicial aos pequenos produtores rurais e acadêmicos do curso de Agronomia.

REFERÊNCIAS

ANUARIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Brazilian Fruit Year book. Editora. Disponível em: http://www.grupogaz.com.br/tratadas/eo_edicao/6/2014/05/20140528_997424315/pdf/4393_hortalicas_2014.pdf. Acesso em: 06 Abril. 2021.

ASSUNÇÃO, N. Nematoides: informações importantes para o controle. Agroinovadores. Disponível em: <https://agro.genica.com.br/2019/07/05/como-realizar-o-controle-de-nematoides-na-lavoura/>. Acesso em 7 de Abril de 2021.

BOARI, A. J.; ISHIDA, A. K. N.; CARVALHO E. A.; SOUZA, M. B. Doenças em hortaliças cultivadas na Região Metropolitana de Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2017.

CONAFER. Agricultores familiares são os maiores produtores de hortaliças e frutas do Brasil. Disponível em: <https://conafer.org.br/2021/01/22/agricultores-familiares-sao-os-maiores-produtores-de-hortalicas-e-frutas-do-brasil/>. Acesso em 01 de Abril de 2021.

CRUZ, N. B.; JESUS, J. G.; BACHA, C. J. C.; COSTA, E. M. Acesso da agricultura familiar ao crédito e à assistência técnica no Brasil. Revista de Economia e Sociologia Rural, 2020.

DIA, R.S.; FERREIRA, D. J.; ARAUJO, W. K. O.; SANTOS, R. L. A produção de hortaliças pela agricultura familiar no município de humildes – Bahia. XXI Encontro Nacional De Geografia Agraria. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, 15 a 19 de outubro de 2012.

AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIM FILHO, A. Manual de fitopatologia: Princípios e conceitos. 5 ed. Ouro Fino – MG. Agrônômica Ceres, 573 p., 2018.

FERRAZ, S.; FREITAS, L.G.; LOPES, E.A.; DIAS-ARIEIRA, C.R. Manejo sustentável de fitonematoides. Viçosa: Editora UFV, p. 306, 2010.

FERREIRA, I. C. M. Efeito dos extratos aquosos de espécies de Asteraceae sobre *Meloidogyne* incógnita. *Summa Phytopathol.*, Botucatu, v. 39, n. 1, p. 40-44, 2013.

FREITAS, W.; WANDER, A. E. O perfil socioeconômico da agricultura familiar produtora de hortaliças em Anápolis (GO, Brasil). *REVISTA DE ECONOMIA DA UEG*, 192-213, 2017.

GABIA, A. A. Nematóide-das-galhas: uma grande ameaça à horticultura. Disponível em: <https://promip.agr.br/nematóide-galhas-grande-ameaca-horticultura/>. Acesso em 06 de Abril de 2021.

GOULART, A. M. C. Aspectos gerais sobre nematoides das lesões radiculares (gênero *Pratylenchus*). Documentos 219. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, jul. 2008.

GRIGOLLI, J. F. J., e G. L. ASMUS. Manejo de Nematoides na Cultura da Soja. Maracaju, 2014.

GRIGOLLI, J. F. J.; GRIGOLLI, M. M. K. Manejo de nematoides na cultura da soja. *Tecnologia e Produção*, 172-184, 2017.

MULLER, M. A. et al. Mortalidade e motilidade de *Meloidogyne* incógnita em extrato aquoso de alecrim. *Scientia agraria paranaenses*. Paraná, v. 13, n. suplemento, dez., p. 343-346, 2014.

PINHEIRO, J. B.; MELO, R. A. C.; RAGASSI, C. F. Manejo de fitonematoides em hortaliças. Grupo Cultivar, 2020. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/noticias/manejo-de-fitonematoides-em-hortalicas>. Acesso em 7 de Abril de 2021.

PINHEIRO, J. B.; PEREIRA, R. B.; SUINAGA, F. A. Manejo de nematoides na cultura do tomate. EMBRAPA, 1-12, 2014.

ROSA, J. M. O. Levantamento das espécies de nematoides das galhas em áreas de cultivo de olerícolas e reação de espécies vegetais a *Meloidogyne enterolobii* e *M. javanica*. Botucatu (SP), 120p. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de 14 Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônomicas – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho/UNESP, 2010.

ROSA, J. M. O.; WESTERICH, J. N.; WILCKEN, S. R. S. Reprodução de *Meloidogyne javanica* em olerícolas utilizadas na adubação verde. *Tropical Plant Pathology*, 38(2): 133-141, 2013.

ROSSETTO, R. SANTIAGO, A. D. Nematoides. AGEITEC- Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_54_711200516718.html. Acesso em 01 de abril de 2021.

VARGAS, M. D. Práticas conservacionistas na produção de hortaliças folhosas em Nova Mutum – MT. Dissertação apresentada à Universidade do Estado do Mato Grosso como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola para obtenção do título de Mestre. Tangará da Serra/MT, 2016.

CAPÍTULO 10: PRODUÇÃO DE BIOSURFACTANTES UTILIZANDO RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS E AGROINDUSTRIAS: UMA BREVE REVISÃO**CAPITULO 10: PRODUCCIÓN DE BIOSURFACTANTES A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS Y AGROINDUSTRIALES: UNA BREVE REVISIÓN****CHAPTER 10: BIOSURFACTANT PRODUCTION FROM FOOD AND AGROINDUSTRIAL WASTE: A BRIEF REVIEW**

Luís Antonio Lourenço¹; Éllen Francine Rodrigues²; Lisandro Simão³; Afonso Henrique da Silva Júnior⁴; Carlos Rafael Silva Oliveira

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.121-137>

RESUMO

Os efeitos da degradação ambiental decorrentes das atividades industriais e urbanas vem atingindo níveis cada vez mais insustentáveis, surgindo a necessidade de desenvolvimento de uma consciência ambiental, através do reaproveitamento e reprocessamento de produtos e resíduos. Neste sentido, o reaproveitamento de resíduos alimentícios e agroindustriais vem adquirindo uma notória importância, visto que estes resíduos representam matérias-primas de baixo custo para a obtenção de produtos de elevado valor agregado. Aliado a isto, o estudo da produção de biomoléculas, como exemplo os biossurfactantes, principalmente glicolípídeos e lipopeptídeos, tem crescido nos últimos anos. Com utilização em diversos segmentos industriais, como de cosmético, de alimentos, de produtos de higiene pessoal e de limpeza, os biossurfactantes são agentes de superfície constituídas de uma porção hidrofóbica e uma porção hidrofílica. Apesar da ampla gama de aplicações e das diversas vantagens, a produção em grande escala de biossurfactantes é escassa, principalmente devido aos altos custos. Assim, a utilização de substratos residuais é uma das estratégias para viabilizar a produção destas biomoléculas. De acordo com os mecanismos de biossíntese verifica-se que substratos hidrofóbicos, como ácidos graxos, são indutores do metabolismo responsável pela síntese de biossurfactantes por diferentes microrganismos. Assim, o aproveitamento de resíduos oleosos, como resíduos de óleo de fritura, resíduos da extração de óleos vegetais, resíduos de oleaginosas e resíduos da indústria de laticínios, constituem-se em exemplos de substratos residuais com produtividades interessantes para a obtenção de biossurfactantes e cuja utilização representa um importante ganho ambiental. Nesta breve revisão são abordados alguns mecanismos de biossíntese de biossurfactantes, principais microrganismos produtores e resíduos de indústria de alimentos e agroindustriais que recentemente foram reportados na literatura como substratos potenciais.

Palavras-Chave: Proteção ambiental, Biomoléculas, Glicolípídeos, Lipopeptídeos, Biossíntese.

RESUMEN

Los efectos de la degradación ambiental derivada de las actividades industriales y urbanas han ido alcanzando niveles cada vez más insostenibles, con la necesidad de desarrollar una conciencia ambiental, por de la reutilización y reprocesamiento de productos y residuos. En este sentido, la reutilización de residuos alimentarios y agroindustriales ha adquirido una notoria importancia, una vez que estos residuos representan materias primas de bajo costo para la obtención de productos de alto valor agregado. Además de esto, el estudio de la producción de biomoléculas, como biossurfactantes, principalmente glicolípídeos y lipopéptidos, ha crecido en los últimos años. Con uso en varios segmentos industriales, tales como cosméticos, alimentos, higiene personal y productos de limpieza, los biossurfactantes son agentes de superficie que consisten en una porción hidrófoba y una porción hidrófila.

¹ Chemical Engineering, Federal University of Latin American Integration, luiz.lourenco@unila.edu.br

² Chemical Engineering, Federal University of Santa Catarina, xxxxx.@xxxx.com.br

³ Chemical Engineering, Federal University of Santa Catarina, xxxxx.@xxxx.com.br

⁴ Mechanical Engineering, Federal University of Santa Catarina, xxxxx.@xxxx.com.br

Apesar de la amplia gama de aplicaciones y las diversas ventajas, la producción a gran escala de biosurfactantes es escasa, principalmente debido a los altos costos. Así, el uso de sustratos residuales es una de las estrategias para posibilitar la producción de estas biomoléculas. Según los mecanismos de biosíntesis, se sugiere que los sustratos hidrófobos, como los ácidos grasos, son inductores del metabolismo responsables de la síntesis de biosurfactantes por diferentes microorganismos. Así, el uso de residuos grasos, como residuos de aceite de fritura, residuos de la extracción de aceites vegetales, residuos de oleaginosas y residuos de la industria láctea, son ejemplos de sustratos residuales con interesantes productividades para la obtención de biosurfactantes y cuya utilización representa un importante beneficio medioambiental. En esta breve revisión se abordan algunos mecanismos de biosíntesis de biosurfactantes, principales microorganismos productores y residuos de la industria alimentaria y agroindustrias que recientemente han sido reportados en la literatura como potenciales sustratos.

Palabras Clave: Protección ambiental, Biomoléculas, Glicolípidos, Lipopéptidos, Biosíntesis.

ABSTRACT

The effects of the environmental deterioration due to industrial and urban activities have been reaching increasingly unsustainable levels, resulting in the need to develop an environmental awareness by the recycling and reprocessing of products and waste. In this context, the recycling of food and agroindustrial residues has acquired notorious importance, since they represent low-cost raw materials for obtaining products with high added value. Also, the production of biomolecules such as biosurfactants, mainly glycolipids and lipopeptides, has grown in recent years. Biosurfactants are surface-active compounds made up of a hydrophobic and a hydrophilic portion and can be used in several industrial segments, such as cosmetics, food, personal hygiene, and cleaning products. Despite the wide range of applications and advantages, the large-scale production of biosurfactants is still low, mainly due to the high costs of the process. The use of residual substrates is one of the strategies to enable the production of biosurfactants. According to the mechanisms of biosynthesis, it appears that hydrophobic substrates, such as fatty acids, are inducers of the metabolism responsible for the synthesis of biosurfactants by different microorganisms. Thus, the use of oily residues, such as the residues from frying oil, residues from the extraction of vegetable oils, residues of oilseeds, and residues from the dairy industry, are examples of residual substrates with interesting productivities for obtaining biosurfactants and whose utilization represents an important environmental gain. In this brief review, some biosynthesis mechanisms of biosurfactants, main microorganisms producing, and residues from the food and agroindustrial that have recently been reported in the literature as potential substrates are addressed.

Keywords: Environmental protection, Biomolecules, Glycolipids, Lipopeptides, Biosynthesis.

INTRODUCTION

The research on bioprocess plays an important role in sustainable development. Different microorganisms are known for their ability to produce biomolecules that have practical applications in medicine, agriculture, and food technology. Besides, the advances made in the last decades in terms of understanding the nature and metabolism of different microorganisms have enabled the scientific and technological community to identify, describe and synthesize products of high economic value, such as biosurfactants.

Biosurfactants are amphiphilic compounds with surface-active properties produced intra- or extracellularly by several microorganisms. Low toxicity, high biodegradability, biocompatibility, and stability, are some of the known characteristics of biosurfactants, which

allows their application as a substitute for petrochemical synthetic surfactants. Currently, most of the known biosurfactants are produced by bacteria in submerged fermentation, while fungi and yeasts are still poorly explored for this purpose.

The high costs of raw materials and the subsequent downstream processes are the major issues that prevent the large-scale production of biosurfactants. In this context, several studies are focusing on reducing production costs by using low-cost substrates. Oily residues, such as fatty acids, residues from frying oil and vegetable oil refinery, are examples of substrates that can be used for biosurfactant production. These residues constitute an important environmental issue, due to their high pollution capacity and the high volumes disposed of every year. Thus, the increasing concern of the industry about sustainable processes and exploitation of eco-friendly products are the driving force for the recycling of food and agroindustrial wastes. Although food and agroindustrial residues have been usually employed for methane production, the research focused on the utilization of these substrates for biomolecule production has been increased. In this context, this review describes the current state of biosurfactant production using food and agroindustrial wastes as substrate, highlighting producers' microorganisms, metabolic pathways, and challenges and perspectives.

BIOSURFACTANTS

Biosurfactants are surface-active compounds produced intra- or extracellularly by several microorganisms (RAHMAN; GAKPE, 2008). These molecules are usually produced during the stationary growth phase and can be produced from renewable carbon sources such as carbohydrates, hydrocarbons, oils and fats, and agricultural residues (SOUZA; VESSONI-PENNA; SOUZA OLIVEIRA, 2014; MARTINS; KALIL; COSTA, 2008; ROELANTS et al., 2014). Researches on biosurfactant production began in the 1960s and the use of these compounds has increased in recent years (SANTOS et al., 2016) due to their properties, such as biodegradability, low toxicity, and stability under several pH and temperature conditions. These characteristics allow the use of biosurfactants especially in the bioremediation process in areas contaminated with oil and heavy metals (GEYS; SOETAERT; VAN BOGAERT, 2014).

The biosynthesis of biosurfactants depends on the microorganism and the grown medium composition. Besides, it is well known that the use of hydrophobic substrates as a carbon source (e.g. vegetable oil and hydrocarbons) induces biosurfactant production. In these cases, microorganisms produce biosurfactants to improve the bioavailability of the substrate by reducing both surface and interfacial tension between the cell wall and water-insoluble carbon

source (SOUZA; VESSONI-PENNA; SOUZA OLIVEIRA, 2014; APARNA; SRINIKETHAN; SMITHA, 2012).

Chemically, the lipophilic portion of biosurfactants is commonly a long-chain fatty acid (from 10 to 18 carbon), a hydroxyl fatty acid, or a α -alkyl- β -hydroxy fatty acid (BANAT; MAKKAR; CAMEOTRA, 2000; SOUZA; VESSONI-PENNA; SOUZA OLIVEIRA, 2014; ARAUJO; FREIRE, 2013; MULLIGAN, 2005). The hydrophilic portion can be a carbohydrate, a cyclic peptide, an amino acid, a carboxylic acid, a phosphate, or an alcohol (BANAT; MAKKAR; CAMEOTRA, 2000; ARAUJO; FREIRE, 2013).

The biosurfactant classification can be made up according to different criteria. It can be classified according to its molar mass into low molecular weight (e.g. glycolipids, lipopeptides, and flavolipids) and high molecular weight (e.g. polysaccharides, proteins, lipopolysaccharides, and lipoproteins) and according to its ionic characteristics, being classified as anionic, cationic, amphoteric, and non-ionic (BANAT; MAKKAR; CAMEOTRA, 2000; ARAUJO; FREIRE, 2013, INÈS; DHOUHA, 2015a). High molecular weight biosurfactants are more effective as stabilizers for water-in-oil emulsions, while low molecular weight biosurfactants are more efficient in reducing the surface and interfacial tension of liquid media (ROSENBERG; RON, 1999). Despite microorganisms that can synthesize a wide variety of high and low molecular weight biosurfactants, just glycolipids and lipopeptides are currently considered economically and industrially relevant (GEYS; SOETAERT; VAN BOGAERT, 2014).

Glycolipids have a fatty acid and a carbohydrate as hydrophobic and hydrophilic portions. Rhamnolipids (Figure 01) are known as the most studied glycolipid and it is usually produced by *Pseudomonas aeruginosa*, having two rhamnose chains bonded to 2-hydroxydecanoic acid (MOYA-RAMÍREZ et al., 2015; SAKTHIPRIYA; DOBLE; SANGWAI, 2015; LEITE et al., 2016; VARJANI; UPASANI, 2016). In addition to their surface-active properties, rhamnolipids have biological activities such as antimicrobial, hemolytic, and antiviral, which make them interesting for medical and therapeutic applications (INÈS; DHOUHA, 2015a).

Figure 01: Rhamnolipid chemical structure.

Source: GEYS; SOETAERT; VAN BOGAERT (2014).

Lipopeptides are probably the most studied biosurfactants, composed of a fatty acid chain and a peptide chain. Surfactin (Figure 02) is a lipopeptide produced by *Bacillus* sp., and has been extensively reported in the literature (SLIVINSKI et al., 2012; BEN AYED et al., 2015; GURJAR; SENGUPTA, 2015; MAASS et al., 2015). Low critical micellar concentration (CMC) and several surface-active properties involving emulsification, dispersion, and phase solubilization, allow its use as an alternative for petrochemical surfactants (INÈS; DHOUHA, 2015b).

Figure 02: Surfactin chemical structure.

Source: GEYS; SOETAERT; VAN BOGAERT (2014).

Biosurfactants are produced by several microorganisms (see Chart 01), generally under aerobic conditions in submerged fermentation, using different substrates, such as carbohydrates (EL-SHESHTAWY et al., 2016; MOUAFI; ABOELSOUD; MOHARAM, 2016; FADHILE ALMANSOORY et al., 2017), hydrocarbons (FOOLADI et al., 2016; BEZZA; CHIRWA, 2017), and oils (SANTOS et al., 2016; BAGHERI LOTFABAD et al., 2017; RADZUAN; BANAT; WINTERBURN, 2017). Among the microorganisms, bacteria are widely studied for biosurfactant production. The genus *Bacillus* and *Pseudomonas* are known for their ability to produce rhamnolipids and glycolipids, respectively, using different substrates (KUMARI; SINGH; SINGH, 2012; SAKTHIPRIYA; DOBLE; SANGWAI, 2015; DÍAZ DE RIENZO; KAMALANATHAN; MARTIN, 2016; SLIVINSKI et al., 2012; ZHU et al., 2013).

The production of biosurfactant by yeasts have been studied, highlighting the use of the genus *Candida* (RUFINO et al., 2014; LUNA; RUFINO; SARUBBO, 2016). Santos and collaborators (2016a) evaluated the production of a glycolipid-derivative by *Candida lipolytica* on large scale, which evidences the technical and economical potential of its use. The use of fungi for biosurfactant production is still incipient and few researchers have attracted their attention to these microorganisms. However, different studies have shown that these microorganisms are capable of synthesize secondary metabolites with excellent surface-active properties (COLLA et al., 2010; SAJNA et al., 2015; VELÇOĞLU, ZULFIYE; ÖZTÜRK ÜREK, 2015). It is known that different fungi can synthesize glycolipids, however, the identification of the genes responsible to produce fungal biosurfactants is still unknown (DAS; MUKHERJEE; SEN, 2008).

Chart 01: Microorganisms and oily substrates for biosurfactant production.

Microorganism	Biosurfactant	Substrate	Reference
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Undetermined	Soybean oil	Castiglioni; Bertolin; Costa (2009)
<i>Bacillus cereus</i>	Lipopeptide	Peanut oil cake	Nalinia; Parthasarathi; Prabudoss (2016)
<i>Bacillus subtilis.</i>	Surfactin	Two-phase olive mill waste	Maass et al. (2015)
<i>Candida lipolytica</i>	Lipopeptide	Soybean oil refinery residue	Rufino et al. (2014)
<i>Candida sphaerica</i>	Undetermined	Groundnut oil refinery residue	Luna; Rufino; Sarubbo (2016)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	Undetermined	Sunflower seed and shell	Velioğlu; Zulfiye; Öztürk Ürek (2015)
<i>Pleurotus sajorcaju</i>	Undetermined	Soybean oil	Alves et al. (2017)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Rhamnolipid	Two-phase olive mill waste	Moya-Ramírez et al. (2015)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Glycolipid	Soybean oil	Abbasi et al. (2012)
<i>Serratia rubidaea</i>	Rhamnolipids	Mahua oil cake	Nalini; Parthasarathi (2014)
<i>Trametes versicolor</i>	Undetermined	Two-phase olive mill waste	Lourenço et al. (2018)
<i>Ustilago maydis</i>	Glycolipid	Soybean oil, sunflower oil, and olive oil	Cortes-Sanchez; Jaramillo-Flores; Hernandez-Sanchez (2010)

SUBSTRATES

Regarding the culture medium, several authors relate the production of biosurfactants to a survival mechanism on different hydrophobic substrates. However, the production of biosurfactants on water-soluble substrates has been also reported in the literature (EL-

SHESHTAWY et al., 2016; MOUAFI; ABO ELSOUD; MOHARAM, 2016; FADHILE ALMANSOORY et al., 2017). In general, biosurfactants are synthesized by two metabolic pathways, which are involved in the formation of hydrophilic and hydrophobic portions, depending on the nature of the main carbon source (SEN, 2010).

The carbon source influences the synthesis of biosurfactants by induction or repression mechanism. When water-soluble carbohydrates (e.g. glucose) are used as the sole source of energy, the carbon flow is regulated in such a way that both the lipogenic (hydrophobic portion formation) and glycolytic (hydrophilic portion formation) pathways are specially supplied by microbial metabolism (Figure 03). On the other hand, the use of the hydrophobic substrate, such as hydrocarbons, induces microbial metabolism into several mechanisms, including the glycogenesis pathway, as can be seen in Figure 04. Hydrocarbons are oxidized at the endoplasmic reticulum and are subsequently converted to fatty acids. The glycogenesis pathway is then activated, oxidizing the fatty acids by β -oxidation to acetyl-CoA, related to the synthesis of the hydrophilic portions of the biosurfactant. (FONTES; AMARAL; COELHO, 2008; SANTOS et al., 2016).

Thus, the selection of the carbon source has an important role in biosurfactant biosynthesis. Besides, the use of low-cost substrate being an interesting alternative, since the cost related to the raw material represents 10 to 30% of the total cost of production (MULLIGAN; SHARMA; MUDHOO, 2014). Several studies are focused on minimizing production costs using substrates from residual sources. The use of waste also confers to the product an eco-friendly brand. The use of oily wastes, residues from frying oil and vegetable oil production, and by-products of oil refining are some of the examples of residual substrates that can be used for biosurfactant production (FONTES; AMARAL; COELHO, 2008; HENKEL et al., 2012).

Figure 03: Biosynthesis mechanism of the production of biosurfactants using carbohydrates as substrate.
Enzymes: (A) phosphofructokinase; (B) pyruvate kinase; (C) isocitrate dehydrogenase.

Source: SANTOS et al. (2016)

Figure 04: Biosynthesis mechanism of the production of biosurfactants using hydrophobic substrates. Enzymes: (A) isocitrate lyase; (B) malate synthase; (C) phosphoenolpyruvate; (D) fructose-1.

Source: SANTOS et al. (2016)

Food and Agroindustrial Wastes

Food and agroindustrial are some of the sectors that generate a large amounts of wastes. It is estimated that 1.3 billion tons of food and agricultural are wasted per year (DEHIYA et al., 2018). These residuals are generally disposal of on landfilling or used to obtain energy, which can generate environmental impacts. Therefore, in order to circumvent the drawbacks and contribute to circular economy, the valorization of food and agroindustrial wastes as bioproducts have been reported (GRESES; TOMÁS-PEJÓ; GÓNZALEZ-FERNÁNDEZ, 2020). Thus, oily residues are already beginning to be recognized as potentially recyclable and can be used as a raw material in the manufacture of various products, being also widely investigated as substrates in the most diverse biotechnological processes for the production of biosurfactants (see Chart 01).

These residues are widely used in bioprocess to obtain several compounds (e.g.

antibiotics, enzymes, organic acids, biosurfactants) due to their low costs, high availability, and nutrition content, and can be classified according to its physical properties and chemical composition, having many environmental concerns due to their high contaminating capacity. It is estimated that each liter of oil can pollute about one million liters of water (FERREIRA, L.C.; FERNANDES, 2011). Also, these compounds remain on the water surface, compromising the photosynthetic function of plants and the base of the food chain (JAMALY; GIWA; HASAN, 2015). The current Brazilian environmental laws have contributed to minimizing the environmental impacts resulting from the oily wastes discharge, establishing a limit of 50 mg/L for vegetable oils and animal fats wastewater (BRASIL, 2011).

Wastes from food and agroindustrial have contents of oils and residual greases (OGR) in different levels. In the dairy industry, for example, the levels of OGR generally founded in its effluents are between 200 – 4000 mg/L. In the case of the vegetable oil extraction industry, these levels are between 500 and 16000 mg/L (OLIVEIRA et al., 2014). Moreover, every day large amounts of frying residual oils from homes, industries, and commercial establishments are improperly discarded, ending up in sewage systems, causing disturbances in the sanitation network and pollution of water resources.

CHALLENGES AND PERSPECTIVES

Despite the wide range of applications and the various advantages mentioned above, the industrial production of biosurfactants is still not a reality. Some commercial products have already included biosurfactants in their formulations, but there are still several issues related to the low yields and production costs. It is estimated that the cost for the production of biosurfactants is approximately three to ten times higher than the cost to produce a chemical surfactant. However, the biosurfactant market is promising, which drives the sector to develop a more efficient process (REIS et al., 2013). According to recent data, the global biosurfactant market was worth USD 43.6 billion in 2017 and is expected to reach USD 66.4 billion by 2025, based on an annual growth rate of 5.4% from 2018 to 2025 (BANAT, et al., 2021).

The main criteria to be considered for the wide production of biosurfactants involve the selection of the substrates and the microorganisms, the proper design of the process and operational parameters, the need to use purification processes, and the yield and properties of the biosurfactant synthesized. The use of crude biosurfactant extracts can be a viable solution, especially if the application is in an environmental context. Biosurfactants, in these cases, do not need to present levels of purity and can be synthesized using a mixture of low-cost carbon

sources, which would allow the creation of an economically viable technology for bioremediation processes (MARCHANT; BANAT, 2012).

Moreover, microorganisms that are known as biosurfactant producers can be used in microbial enhanced oil recovery (MEOR) as well as in a synergic oily wastewater biosorption-biodegradation process by the *in situ* biosurfactant production. Adsorption mechanisms in biodegradation systems may justify the sudden reduction in the concentration of hydrophobic pollutants in the initial period of the process. Firstly, the adsorption process is the main mechanism until the contaminant concentration is reduced, following the biodegradation process (Figure 05). As a result, a synergistic action of the two mechanisms leads to a dynamic balance that helps to reduce the overall oil concentration in the system (WANG et al., 2015).

Figure 05: Synergetic biosorption-biodegradation process mechanism.

Source: WANG et al. (2015)

Since the cultivation strategy is a key point in obtaining viable biosurfactants, all accessible variables must be tested, evaluating the kinetics of substrate consumption and product formation, seeking to find an optimized solution of the process conditions (JIRKU et al., 2015). Although improvements in the technology of biosurfactants have allowed the increase in the production of these biomolecules, other significant advances are likely needed to make this technology commercially viable (SANTOS et al., 2016).

REFERENCES

ABBASI, H.; HAMED, M. M.; LOTFABAD, T. B.; ZAHIRI, H. S.; SHARAFI, H.; MASOOMI, F.; MOOSAVI-MOVAHEDI, A. A.; ORTIZ, A.; AMANLOU, M.; NOGHABI, K. A. Biosurfactant-producing bacterium, *Pseudomonas aeruginosa* MA01 isolated from spoiled apples: Physicochemical and structural characteristics of isolated biosurfactant. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 113, n. 2, p. 211-219, 2012.

ALVES, E. P.; TAVARES, L. B. B.; GERN, R. M. M.; SILVA, D. A. K.; FURLAN, S. A.; WISBECK, E. Production and characterization of biosurfactants metabolized by *Pleurotus sajor-caju* from soybean oil. **Matéria**, v. 22, n. 3, e11867, 2017.

APARNA, A.; SRINIKETHAN, G.; SMITHA, H. Production and characterization of biosurfactant produced by a novel *Pseudomonas* sp. 2B. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 95, p. 23-29, 2012.

ARAUJO, L. V.; FREIRE, D. M. G. Biosurfactantes: propriedades anticorrosivas, antibiofilmes e antimicrobianas. **Química Nova**, v. 36, n. 6, p. 848-858, 2013.

BAGHERI LOTFABAD, T.; EBADIPOUR, N.; ROOSTAAZAD, R.; PARTOVI, M.; BAHMAEI, M. Two schemes for production of biosurfactant from *Pseudomonas aeruginosa* MR01: Applying residues from soybean oil industry and silica sol-gel immobilized cells. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 152, p. 159-168, 2017.

BANAT, I. M.; MAKKAR, R. S, CAMEOTRA, S. S. Potential commercial applications of microbial surfactants. **Appl. Microbiol Biotechnol**, v. 53, p. 495-508, 2000.

BANAT, J. M.; CARBOUÉ, Q.; SAUCEDO-CASTEÑEDA, G.; CÁZARES-MARINERO, J. J. Biosurfactants: The green generation of speciality chemicals and potential production using Solid-State fermentation (SSF) technology. **Bioresource Technology**, v. 320, part A, 124222, 2021.

BEN AYED, H.; JEMIL, N.; MAALEJ, H.; BAYOUDH, A.; HMIDET, N.; NASRI, M. Enhancement of solubilization and biodegradation of diesel oil by biosurfactant from *Bacillus amyloliquefaciens* An6. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v. 99, p. 8-14, 2015.

BEZZA, F. A.; CHIRWA, E. M. N. Pyrene biodegradation enhancement potential of lipopeptide biosurfactant produced by *Paenibacillus dendritiformis* CN5 strain. **Journal of Hazardous Materials**, v. 321, p. 218-227, 2017.

BRASIL. **Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 430**. Dispõe sobre classificação de corpos d'água e estabelece as condições e padrões para lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2011.

CASTIGLIONI, G. L.; BERTOLIN, T. E.; COSTA, J. a V. Produção de biosurfactante por *aspergillus fumigatus* utilizando resíduos agroindustriais como substrato. **Química Nova**, v. 32, n. 2, p. 292-295, 2009.

CORTES-SANCHEZ, A.; JARAMILLO-FLORES, M.; HERNANDEZ-SANCHEZ, H. Study of growth and production of glycolipids by *Ustilago maydis* FBD12 in submerged culture using various hydrophobic carbon sources. **Journal of Biotechnology**, v. 150, 2010.

DAHIYA, S.; KUMAR, A. N.; SHANTHI SRAVAN, J; CHATTERJEE, S.; SARKAR, O.; MOHAN, S. V. Food waste biorefinery: Sustainable strategy for circular bioeconomy **Bioresour. Technol.**, v. 248, p. 2-12, 2018.

DAS, P.; MUKHERJEE, S.; SEN, R. Genetic regulations of the biosynthesis of microbial surfactants: an overview. **Biotechnology and Genetic Engineering Reviews**, v. 25, p. 165-185, 2008.

DÍAZ DE RIENZO, M. A.; KAMALANATHAN, I. D.; MARTIN, P. J. Comparative study of the production of rhamnolipid biosurfactants by *B. thailandensis* E264 and *P. aeruginosa* ATCC 9027 using foam fractionation. **Process Biochemistry**, v. 51, n. 7, p. 820-27, 2016.

EL-SHESHTAWY, H. S.; AIAD, I.; OSMAN, M. E.; ABOELNASR, A. A.; KOBISY, A. S. Production of biosurfactants by *Bacillus licheniformis* and *Candida albicans* for application in microbial enhanced oil recovery. **Egyptian Journal of Petroleum**, v. 25, n. 3, p. 293-298, 2016.

FADHILE ALMANSOORY, A.; ABU HASAN, H.; IDRIS, M.; SHEIKH ABDULLAH, S. R.; ANUAR, N.; MUSA TIBIN, E. M. Biosurfactant production by the hydrocarbon-degrading bacteria (HDB) *Serratia marcescens*: Optimization using central composite design (CCD). **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 47, p. 272-280, 2017.

FADHILE ALMANSOORY, A.; ABU HASAN, H.; IDRIS, M.; SHEIKH ABDULLAH, S. R.; ANUAR, N.; MUSA TIBIN, E. M. Biosurfactant production by the hydrocarbon-degrading bacteria (HDB) *Serratia marcescens*: Optimization using central composite design (CCD). **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 47, p. 272-280, 2017.

FERREIRA, L.C.; FERNANDES, G. Etanólise Do Oleo Residual de Fritura Para Producao De Biodiesel Utilizando Diferentes Catalisadores. **FAZU em Revista**, n. 8, p. 95-99, 2011.

FONTES, G. C.; AMARAL, P. F. F.; COELHO, M. A. Z. Produção de biossurfactante por levedura. **Química Nova**, v. 31, n. 8, p. 2091-2099, 2008.

FOOLADI, T.; MOAZAMI, N.; ABDESHAHIAN, P.; KADIER, A.; GHODAVAND, H.; WAN YUSOFF, W. M.; HAMID, A. A. Characterization, production and optimization of lipopeptide biosurfactant by new strain *Bacillus pumilus* 2IR isolated from an Iranian oil field. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, v. 145, p. 510-519, 2016.

GEYS, R.; SOETAERT, W.; VAN BOGAERT, I. Biotechnological opportunities in biosurfactant production. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 30, p. 66-72, 2014.

GRESES, S.; TOMÁS-PEJÓ, E.; GÓNZALEZ-FERNÁNDEZ, C. Agroindustrial waste as a resource for volatile fatty acids production via anaerobic fermentation. **Bioresource Technology**, v. 297, 122486, 2020.

GURJAR, J.; SENGUPTA, B. Production of surfactin from rice mill polishing residue by submerged fermentation using *Bacillus Subtilis* MTCC 2423. **Bioresource Technology**, v. 189, p. 243-249, 2015.

HENKEL, M.; MÜLLER, M. M.; KÜGLER, J. H.; LOVAGLIO, R. B.; CONTIERO, J.; SYLDATK, C.; HAUSMANN, R. Rhamnolipids as biosurfactants from renewable resources: Concepts for nextgeneration rhamnolipid production. **Process Biochemistry**, v. 47, n. 8, p. 1207-1219, 2012.

INÈS, M.; DHOUHA, G. Glycolipid biosurfactants: Potential related biomedical and biotechnological applications. **Carbohydrate Research**, v. 416, p. 59-69, 2015a.

INÈS, M.; DHOUHA, G. Lipopeptide surfactants: Production, recovery and pore forming capacity. **Peptides**, v. 71, p. 100-112, 2015b.

IRKU, V.; CEJKOVA, A.; SCHREIBEROVA, O.; JEZDIK, R.; MASAK, J. Multicomponent biosurfactants - A "Green Toolbox" extension. **Biotechnology Advances**, v. 33, n. 6, p. 1272-1276, 2015.

JAMALY, S.; GIWA, A.; HASAN, S. W. Recent improvements in oily wastewater treatment: Progress, challenges, and future opportunities. **Journal of Environmental Sciences**, v. 37, p. 15-30, 2015.

KUMARI, B.; SINGH, S. N.; SINGH, D. P. Characterization of two biosurfactant producing strains in crude oil degradation. **Process Biochemistry**, v. 47, n. 12, p. 2463-2471, 2012.

LEITE, G. G. F.; FIGUEIRÔA, J. V.; ALMEIDA, T. C. M.; VALÕES, J. L.; MARQUES, W. F.; DUARTE, M. D. D. C.; GORLACH-LIRA, K. Production of rhamnolipids and diesel oil degradation by bacteria isolated from soil contaminated by petroleum. **Biotechnology Progress**, v. 32, n. 2, p. 262-270, 2016.

LOURENÇO, L. A.; ALBERTON MAGINA, M. D.; TAVARES, L. B. B.; SOUZA, S. M. A. G. U.; GARCÍA-ROMÁN, M.; ALTMAJER-VAZ, D. Biosurfactant production by *Trametes versicolor* grown on two-phase olive mill waste in solid-state fermentation **Environ. Technol.**, v. 39, p. 3066-3076, 2018.

LUNA, J. M.; RUFINO, R. D.; SARUBBO, L. A. Biosurfactant from *Candida sphaerica* UCP0995 exhibiting heavy metal remediation properties. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 102, p. 558-566, 2016.

LUNA, J. M.; RUFINO, R. D.; SARUBBO, L. A. Biosurfactant from *Candida sphaerica* UCP0995 exhibiting heavy metal remediation properties. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 102, p. 558-566, 2016.

MAASS, D.; MOYA RAMÍREZ, I.; GARCÍA ROMÁN, M.; JURADO ALAMEDA, E.; ULSON DE SOUZA, A. A.; BORGES VALLE, J. A.; ALTMAJER VAZ, D. Two-phase olive mill waste (alpeorujo) as carbon source for biosurfactant production. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 91, n. 7, p. 1990-1997, 2015.

MARCHANT, R.; BANAT, I. M. Microbial biosurfactants: Challenges and opportunities for future exploitation. **Trends in Biotechnology**, v. 30, n. 11, p. 558-565, 2012.

MARTINS, V. G.; KALIL, S. J.; COSTA, J. A. V. Co-produção de lipase e biossurfactante em estado sólido para utilização em biorremediação de óleos vegetais e hidrocarbonetos. **Química Nova**, v. 31, n. 8, p. 1942-1947, 2008.

MOUAFI, F. E.; ABO ELSOUD, M. M.; MOHARAM, M. E. Optimization of biosurfactant production by *Bacillus brevis* using response surface methodology. **Biotechnology Reports**, v. 9, p. 31-37, 2016.

MOUAFI, F. E.; ABO ELSOUD, M. M.; MOHARAM, M. E. Optimization of biosurfactant production by *Bacillus brevis* using response surface methodology. *Biotechnology Reports*, v. 9, p. 31–37, 2016.

MOYA-RAMÍREZ, I.; TSAOUSI, K.; RUDDEN, M.; MARCHANT, R.; ALAMEDA, E. J.; GARCÍA-ROMÁN, M.; BANAT, I. M. Rhamnolipid and Surfactin production from olive oil mill waste as sole carbon source. *Bioresource Technology*, v. 198, p. 231-236, 2015.

Mulligan C. N., Environmental applications for biosurfactants. *Environmental Pollution*, v. 133, p. 183-198, 2005.

MULLIGAN, C. N.; SHARMA, S. K.; MUDHOO, A. **Biosurfactants**: research trends and applications. Flórida: Taylor and Francis Group, 2014.

NALINI, S.; PARTHASARATHI, R. Bioresource Technology Production and characterization of rhamnolipids produced by *Serratia rubidaea* SNAU02 under solid-state fermentation and its application as biocontrol agent. *Bioresource Technology*, v. 173, p. 231-238, 2014.

NALINI, S.; PARTHASARATHI, R.; PRABUDOSS, V. Production and characterization of lipopeptide from *Bacillus cereus* SNAU01 under solid state fermentation and its potential application as anti-biofilm agent. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 5, p. 123-132, 2016.

OLIVEIRA, J. P.; ANTUNES, P. W. P.; PINOTTI, L. M.; CASSINI, S. T. A. Physico-chemical characterization of oily sanitary waste and of oils and greases extracted for conversion into biofuels. *Química Nova*, v. 37, n. 4, p. 597-602, 2014.

RADZUAN, M. N.; BANAT, I. M.; WINTERBURN, J. Production and characterization of rhamnolipid using palm oil agricultural refinery waste. *Bioresource Technology*, v. 225, p. 99-105, 2017.

RAHMAN, P. K. S. M.; GAKPE, E. Production, Characterisation and Applications of Biosurfactants-Review. *Biotechnology*, v. 7, n. 2, p. 360-370, 2008.

REIS, R. S.; PACHECO, G. J.; PEREIRA, A. G.; FREIRE, D. M. G. Biosurfactants: Production and Applications. In: Biodegradation - Life of Science. *InTech*, 2013.

ROELANTS, S. L. K. W.; MAESENEIRE, S. L.; CIESIELSKA, K.; VAN BOAGERT, I. N. A.; SOETAERT, W. Biosurfactant gene clusters in eukaryotes: regulation and biotechnological potential. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 98, p. 3449-3461, 2014.

ROSENBERG, E.; RON, E. Z. High- and low-molecular-mass microbial surfactants. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 52, n. 2, p. 154–162, 1999.

RUFINO, R. D.; DE LUNA, J. M.; DE CAMPOS TAKAKI, G. M.; SARUBBO, L. A. Characterization and properties of the biosurfactant produced by *Candida lipolytica* UCP 0988. *Electronic Journal of Biotechnology*, v. 17, n. 1, p. 34-38, 2014.

SAJNA, K. V.; SUKUMARAN, R. K.; GOTTUMUKKALA, L. D.; PANDEY, A. Crude oil

biodegradation aided by biosurfactants from *Pseudozyma* sp. NII 08165 or its culture broth. **Bioresource Technology**, v. 191, p. 133-139, 2015.

SAKTHIPRIYA, N.; DOBLE, M.; SANGWAI, J. S. Biosurfactant from *Pseudomonas* species with waxes as carbon source – Their production, modeling and properties. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 31, p. 100-111, 2015.

SANTOS, D. K. F.; RUFINO, R. D.; LUNA, J. M.; SANTOS, V. A.; SARUBBO, L. A. Biosurfactants: Multifunctional Biomolecules of the 21st Century. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, n. 3, p. 401, 2016.

SEN, R. **Biosurfactants**. Nova York: Springer Science + Business Media, 2010.

SLIVINSKI, C. T.; MALLMANN, E.; DE ARAÚJO, J. M.; MITCHELL, D. A.; KRIEGER, N. Production of surfactin by *Bacillus pumilus* UFPEDA 448 in solid-state fermentation using a medium based on okara with sugarcane bagasse as a bulking agent. **Process Biochemistry**, v. 47, n. 12, p. 1848-1855, 2012.

SOUZA, E. C.; VESSONI-PENNA, T. C.; SOUZA OLIVEIRA, R. P. Biosurfactant-enhanced hydrocarbon bioremediation: An overview. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 89, p. 88-94, 2014.

VARJANI, S. J.; UPASANI, V. N. Carbon spectrum utilization by an indigenous strain of *Pseudomonas aeruginosa* NCIM 5514: Production, characterization and surface active properties of biosurfactant. **Bioresource Technology**, v. 221, p. 510-516, 2016.

VELGOĞLU, ZULFIYE; ÖZTÜRK ÜREK, R. Biosurfactant production by *Pleurotus ostreatus* in submerged and solid-state fermentation systems. **Turkish Journal of Biology**, v. 39, n. 1, p. 160-166, 2015.

WANG, X.; WANG, X.; LIU, M.; BU, Y.; ZHANG, J.; CHEN, J.; ZHAO, J. Adsorption–synergic biodegradation of diesel oil in synthetic seawater by acclimated strains immobilized on multifunctional materials. **Marine Pollution Bulletin**, v. 92, n. 1, p. 195-200, 2015.

ZHU, Z.; ZHANG, F.; WEI, Z.; RAN, W.; SHEN, Q. The usage of rice straw as a major substrate for the production of surfactin by *Bacillus amyloliquefaciens* XZ-173 in solid-state fermentation. **Journal of Environmental Management**, v. 127, p. 96-102, 2013.

**CAPÍTULO 13: OBTENÇÃO DE FARINHA DE SORGO (SORGHUM BICOLOR L.)
PARA UTILIZAÇÃO EM RECEITAS TRADICIONAIS****CAPITULO 13: OBTENCIÓN DE HARINA DE SORGO (SORGO BICOLOR L.)
PARA USO EN RECETAS TRADICIONALES****CHAPTER 13: OBTAINING SORGHUS FLOUR (SORGHUM BICOLOR L.) FOR
USE IN TRADITIONAL RECIPES**

Raridelba Melo Oliveira do Carmo¹; Alany Andrade de Oliveira²; Anny Kelly Vasconcelos de Oliveira Lima³

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.176-192>

RESUMO

O sorgo (*Sorghum Bicolor L.*), no Brasil tem grande parte de sua produção destinada a alimentação animal, mas, em outros países ele é destinado para alimentação humana. O sorgo possui em sua composição cerca de 65 a 80% de carboidratos, 7 a 15% de proteínas, 1,5 a 6% de lipídeos, 1 a 4% de minerais e umidade entre 8 a 12%. Sendo um cereal com grande potencial nutritivo para alimentação humana, e por isso, vem sendo estudado a sua composição e substituição em receitas comumente usadas por farinhas tradicionais. A obtenção de farinhas pode ser realizada industrialmente ou caseiramente. Assim, objetivou estudar as formas de obtenção da farinha de sorgo, suas aplicações/substituições e a realização de fichas técnicas culinárias desses produtos. Para isso, foi utilizado o método à seco caseiro, com três diferentes equipamentos: liquidificador, moedor de grãos manual e moedor de café elétrico, afim de observar qual método possuía melhor rendimento na produção da farinha de sorgo. Considerando-se a obtenção de uma farinha de sorgo integral, este trabalho encontrou resultados satisfatórios para os rendimentos com os equipamentos utilizados de até 90% em dois dos métodos usados. Foram formuladas receitas a partir da farinha de sorgo obtida, e posteriormente suas respectivas fichas técnicas culinárias, para padronização de processos e contribuição na qualidade final dos produtos. Assim, podendo enfatizar o potencial substituidor de farinhas convencionais por a farinha do sorgo em receitas regionais, por ter potencial nutritivo, ser integral e sem glúten, podendo ser então um aliado para produção de produtos seguros para pessoas celíacas e pessoas que buscam uma vida mais saudável, que optam por produtos integrais, além de ser uma farinha de fácil acesso e obtenção.

Palavras-Chave: Sorgo (*Sorghum Bicolor L.*), Farinha do sorgo, substituição de farinha, receitas tradicionais e fichas técnicas culinárias.

RESUMEN

El sorgo (*Sorghum Bicolor L.*) en Brasil tiene una gran parte de su producción destinada a la alimentación animal, pero en otros países se destina al consumo humano. El sorgo tiene en su composición alrededor de 65 a 80% de carbohidratos, 7 a 15% de proteínas, 1,5 a 6% de lípidos, 1 a 4% de minerales y humedad entre 8 a 12%. Al tratarse de un cereal con gran potencial nutricional para el consumo humano, por lo que se ha estudiado su composición y sustitución en recetas habitualmente utilizadas por las harinas tradicionales. La harina se puede hacer de forma industrial o casera. Así, tuvo como objetivo estudiar las formas de obtención de harina de sorgo, sus aplicaciones / sustituciones y la realización de fichas técnicas culinarias de estos productos. Para ello, se utilizó el método seco casero, con tres equipos diferentes: licuadora, molinillo manual de granos y molinillo de café eléctrico, con el fin de observar qué método tenía el mejor rendimiento en la producción de harina de sorgo. Resultado en la obtención de una harina integral de sorgo, y demostrando resultados satisfactorios en los rendimientos con el equipo utilizado de hasta el 90% en dos de los métodos utilizados. También se elaboraron recetas a partir de la harina de sorgo obtenida, y posteriormente sus respectivas fichas técnicas culinarias, para la estandarización de procesos y contribución a la calidad final de los productos.

¹ Bacharelado em Agroindústria, Universidade Federal de Sergipe, rarimelo@hotmail.com

² Bacharelado em Agroindústria, Universidade Federal de Sergipe, alanyandrade@outlook.com

³ Professora Dr^a Bacharelado em Agroindústria, Universidade Federal de Sergipe, annykellyv@academico.ufs.br

Assí, pudiendo enfatizar el potencial sustituto de la harina convencional por harina de sorgo en recetas regionales, por tener potencial nutricional, ser integral y libre de gluten, puede entonces ser un aliado para la elaboración de productos seguros para celíacos y personas que buscan un más saludables, que opten por productos integrales, además de ser una harina de fácil acceso y obtención.

Palabras Clave: Sorgo (*Sorghum Bicolor L.*), Harina de sorgo, sustitución de harinas, recetas tradicionales y planchas técnicas de cocción.

ABSTRACT

Sorghum (*Sorghum Bicolor L.*) in Brazil has a large part of its production destined for animal feed, but in other countries it is destined for human consumption. Sorghum has in its composition about 65 to 80% of carbohydrates, 7 to 15% of proteins, 1.5 to 6% of lipids, 1 to 4% of minerals and humidity between 8 to 12%. Being a cereal with great nutritional potential for human consumption, and for this reason, its composition and substitution in recipes commonly used by traditional flours has been studied. Flour can be made industrially or homemade. Thus, it aimed to study the ways of obtaining sorghum flour, its applications / substitutions and the realization of culinary technical sheets of these products. For this, the homemade dry method was used, with three different equipment: blender, manual grain grinder and electric coffee grinder, in order to observe which method had the best yield in the production of sorghum flour. Result in obtaining an integral sorghum flour, and demonstrating satisfactory results in yields with the equipment used up to 90% in two of the methods used. Recipes were also made from the sorghum flour obtained, and subsequently their respective culinary technical sheets, to standardize processes and contribute to the final quality of the products. Thus, being able to emphasize the potential substitute of conventional flours for sorghum flour in regional recipes, for having nutritional potential, being integral and gluten free, it can then be an ally for the production of safe products for celiac people and people who seek a more healthy, who opt for whole products, in addition to being a flour easily accessible and obtainable.

Keywords: Sorghum (*Sorghum Bicolor L.*), Sorghum flour, flour substitution, traditional recipes and technical cooking sheets.

INTRODUÇÃO

Atualmente o sorgo (*Sorghum Bicolor L.*) é o quinto cereal mais produzido do mundo, com aproximadamente 67,9 milhões de toneladas, após o milho que é de 1 bilhão de tonelada, arroz com 741 milhões de toneladas, trigo com 729 milhões de toneladas e a cevada que possui 144 milhões de toneladas produzidas (FAOSTAT, 2013).

O sorgo vem sendo reconhecido e estudado cada vez mais por sua composição nutricional ser semelhante ao milho e ao trigo, apenas variando de acordo com as condições ambientais existentes no período do cultivo (WANISKA, 2000).

Os grãos de sorgo possuem aproximadamente cerca de 65 a 80% de carboidratos, 7 a 15% de proteínas, 1,5 a 6% de lipídeos, 1 a 4% de minerais e umidade entre 8 a 12% (DICKO et al., 2006). Tendo por esse motivo um crescimento produtivo no mundo, ficando atrás apenas do milho, arroz, trigo e cevada (FAOSTAT, 2013).

O Brasil em 2014 foi o décimo maior produtor mundial de sorgo, com aproximadamente 2,3 milhões de toneladas, sua produção concentra-se nas regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste. Mas, por a alta adaptação da planta, principalmente sobre déficit hídrico, sendo

diferencial dos demais cereais, permitindo que a cultura seja adequada para desenvolvimento e expansão em regiões de cultivo com chuvas irregulares em sua distribuição e em sucessão a culturas de verão (FOASTAT, 2013), como é o caso da região Nordeste Brasileira.

No Brasil a destinação da produção do sorgo é para alimentação animal, sendo então cultivado para suprimento de demandas das indústrias de rações animais (TABOSA et al., 1993; DYKES et al., 2005).

Com o passar dos anos a alta incidência mundial dos casos de reações adversas ao glúten vem aumentando a demanda por fontes alternativas novas, de insumos com quantidade e qualidade nutricional e tecnológica para produção de diversos alimentos (FASANO et al., 2008).

A busca constante por substitutos ao trigo em preparação culinárias destinadas a população com sensibilidade ao glúten, tem permitido resgate de diferentes culturas com potencial nutricional para alimentação humana. Destacando-se dentre as hipóteses a serem estudadas, o sorgo, por ser insento de glúten, ter características nutricionais boas, por sua produtividade e sua maior resistência à seca (EMBRAPA, 2009).

Para realização das substituições do trigo para o sorgo nas receitas tradicionais, vem sendo necessários estudos de métodos de obtenção da farinha do sorgo, que pode ser realizado tanto industrialmente, como caseiramente, usando o cereal integral ou descorticado. Assim, os objetivos desta pesquisa é a realização da farinha de sorgo integral, produzida de forma caseira obtida pela método à seco, produção de receitas tradicionais com substituição e uso da farinha do sorgo e realização de fichas técnicas culinárias dessas produções, afim de evidenciar o potencial uso da farinha do sorgo em substituição de farinhas tradicionais na complementação da alimentação humana.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Sorgo (*Sorghum Bicolor L.*)

O sorgo é um cereal pertencente à família da *Poaceae*, caracterizado por possuir raízes ramificadas e profundas com grande quantidade de pelos absorventes, tendo caule alto e espesso dividido entre nós e entrenós e folhas lineares, compridas e largas (EMBRAPA, 2009).

No Brasil esta cultura foi introduzida em meados do século XX, no Sudeste no país, sendo cultivada hoje em diversas regiões, principalmente no Centro Oeste. É uma planta considerada resistente à seca, devido seu mecanismo de escape e tolerância, oriundos de seus

aspectos fisiológicos, bioquímicos e morfológicos (EMBRAPA, 2009).

No mundo, são destinadas apenas 35% da produção do sorgo para alimentação humana, sendo a maior parte destinada para alimentação animal (MUTISYA et al., 2009). É um cereal nativo da África e Ásia, usado como fonte de proteína na alimentação humana, nas regiões sub-Sahara africana e sul-asiática, o uso como forragem animal principalmente é dado na América do Norte (MORRIS e BRYCE, 2000).

O sorgo vem sendo conhecido por conter substâncias importantes para bom funcionamento do corpo humano, como os taninos, os ácidos fenólicos, as antocianinas, os fitoesteróis e os policosanóis, sendo estes, de grande interesse para saúde humana, e por isso nos últimos anos, tem aumentado seu consumo em vários países (AWIKA; ROONEY, 2004).

Composição nutricional do sorgo

Os grãos de sorgo integrais são os compostos por endosperma (81-84%), germe (embrião e escutelo, 8-12%) e farelo possuindo pericarpo (7-9%), testa pigmentada e a camada de aleurona. Onde o pericarpo do grão é constituído de três camadas: epicarpo, mesocarpo e endocarpo (MOHARRAM e YOUSSEF, 1995).

O pericarpo constitui-se principalmente de lignina e celulose (PEYRON et al., 2002), e os grãos de pericarpo grosso contêm grânulos de amido no mesocarpo, a testa pigmentada é constituída por taninos condensados (DYKES et al., 2009) e a camada de aleurona contém proteínas, minerais, vitaminas solúveis em água e enzimas lipolíticas (MOHARRAM e YOUSSEF, 1995; MEERA et al., 2011). O Endosperma periférico é composto por corpos proteicos e grânulos de amido. Já o endosperma córneo contém grânulos de amido poligonais rodeados de corpos proteicos e o endosperma farináceo de grânulos de amido angulares, rodeado por uma folha fina de corpos proteicos. As células do escutelo contêm lipídios e os corpos proteicos com união a alguns grânulos de amido (MOHARRAM e YOUSSEF, 1995; PEYRON et al., 2002). O germe contém enzimas lipolíticas e ácido fítico (MEERA et al., 2011; DUODU et al., 2003).

Segundo Dicko et al., (2006), o sorgo é composto por de 65 a 80% de carboidratos; 7 a 15% de proteínas; 1,5 a 6% de lipídeos; 1 a 4% de cinzas e umidade de 8 a 12%, variando de acordo com as condições ambientais.

A autora Wanika (2000), teve resultado de 1,2% a 6,6% de fibra alimentar, para amido os valores variavam entre 55,6% a 75,2%. Rooney; Serna-Saldivar (2003) citam valores de 50% a 75% de amido. E Dicko et al., (2006) observou valores de aporte energético de 356kcal/100g.

Awika et al., (2005) divulgou que o sorgo integral é fonte de compostos bioativos, como, taninos, ácidos fenólicos e antocianinas, possuindo também quantidades consideráveis de amido resistente, tocoferóis e tocotrienóis.

O sorgo vem sendo também estudado por sua composição de vitaminas, principalmente as do complexo B e minerais, como Mg, Fe, Zn e Cu (MEDEIROS et al., 2011).

Farinha do sorgo

A farinha do sorgo pode ser obtida de duas formas, industrial ou através de processo caseiro. Basicamente, as etapas do processamento do sorgo para produção de farinha caseira incluem: limpeza, descascamento, separação da casca e moagem do endosperma. Com o uso do grão integral, composto de casca e endosperma é que obtém a farinha integral. Possuindo produto mais escuro e pouco pesado, com valor nutricional mais elevado de fibras e proteínas do que a farinha usando o grão descorticado. A farinha descorticada é realizada a partir do grão que sofreu processo de descorticação prévia, por processo industrial ou caseiro, seu valor nutricional é inferior ao da farinha integral principalmente nos teores de fibras e proteínas. O produto é mais leve e possui cor mais clara (OLIVEIRA; CAMPOS, 1984).

A produção de farinha de sorgo instantânea, a farinha crua obtida da moagem dos grãos de sorgo, passa por uma extrusora dupla-rosca modelo EV 025, que possui matriz circular de quatro furos com diâmetro igual a 3,8 mm. São coletados os extrudados secos em estufa de ar forçado a 60° por 4 horas, e são moídos em moinho de disco, depois em moinhos de martelo. Para a viscoamilografia é usado a fração retida entre as peneiras, com emprego de um analisador rápido de viscosidade (CARVALHO e MITCHELL, 2000).

A farinha caseira pode ser realizada por dois métodos o à seco e o úmido. O método à seco resulta na farinha integral compreendendo os seguintes processos: limpeza, moagem/peneiragem e armazenamento. Já o método úmido o principal produto da moagem do grão molhados é o amido, obtido por: limpeza, sorgo em molho por 4 dias sempre trocando a água todos os dias, moagem, secagem e armazenamento (OLIVEIRA; CAMPOS, 1984).

Utilização da farinha de sorgo

A farinha do sorgo pode ser utilizada em diversas preparações como ingrediente principal ou em mistura com outras farinhas como de arroz e milho, usando em receitas como bolos, biscoitos, massas alimentícias, massas de panquecas, etc.

A panificação é uma das artes culinárias mais antigas e consumidas no mundo. O processo de produção de pão sofreu mudanças na incorporação a outras culturas. No antigo Egito a panificação foi transformada definitivamente, devido o desenvolvimento de técnicas para moagem de grãos e a implantação do processo fermentativo, que contribuiu para características melhores na maciez dos pães (REVISTA-FI, 2009).

Na busca por alternativas da substituição do trigo nas receitas culinárias da panificação, a farinha do sorgo tem se tornado promissora, por sua elevada diversidade e variabilidade genética, que possibilita elaborações de farinhas com diferentes nutrientes. Possuindo sabor suave, e níveis de amido resistente, amilose e amilopectina com diferentes teores, sendo relacionado a capacidade de geleificação e solubilidade da farinha, podendo ser apresentada como importante papel para substituição de glúten nas preparações. Além de panificação, a farinha do sorgo pode está sendo usada para outros tipos de receitas, como para cookies, tortas salgas e doces, barra de cereais e outros. Podendo ser um bom aliado para elaboração de produtos seguros para celíacos (LELOUP et al., 1992; CIACCI et al., 2007; PONTIERI et al., 2013).

METODOLOGIA

Para realização desta pesquisa, foram realizados ensaios no intuito de se obter farinha do grão de sorgo pelo método á seco. O processo de obtenção da farinha iniciou-se pelo procedimento de limpeza, com a retirada das sujidades de forma manual e com auxílio de peneira. Posteriormente os grãos foram pesados em balança culinária doméstica e lavados em água corrente, em seguida foram acondicionados em assadeiras rasas e levados ao forno para secagem, logo após, passaram por processo de trituração/moagem utilizando os eletrodoméstico: liquidificador, moedor de café elétrico e moinho de grãos manual, para verificar em qual destes se obteria maior rendimento do produto. Ao final do processo a farinha obtida foi peneirada para cálculo de rendimento. Essas informações podem ser observadas nas figuras de 1 a 6.

Figura 01. Pesagem do sorgo *in natura*.

Fonte: Própria (2021).

Figura 02. Sorgo em assadeiras levados aos forno para secagem.

Fonte: Própria (2021).

Figura 03. Moagem do sorgo no moinho de grãos.

Fonte: Própria (2021).

Figura 04: Moagem dos grãos de sorgo em moedor de café.

183

Fonte: Própria (2021).

Figura 05: Trituração dos grãos de sorgo no liquidificador.

Fonte: Própria (2021).

Figura 06: Peneiragem da farinha para obtenção de rendimento final.

Fonte: Própria (2021).

A farinha 1 (F1) foi obtida utilizando-se liquidificador, para a farinha 2 (F2) foi usado moedor de café elétrico em sua trituração, já para a farinha 3 (F3) foi empregado o moinho de grãos manual.

Após o processo de obtenção de farinha, foram realizadas três receitas escolhidas via internet e arquivo pessoal, considerando para o estudo receitas comumente formuladas com farinhas comuns, fazendo essa substituição por farinha de sorgo. Fichas técnicas culinárias foram elaboradas a partir das receitas realizadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A obtenção da farinha do sorgo pode ser realizada por vários processos, sendo eles doméstico ou industrial.

Abaixo na Tabela 1, observa-se o rendimento da farinha para diferentes tipos de equipamentos. Para o cálculo de rendimento, os grãos de sorgo foram inicialmente pesados (peso inicial) em sua forma original, e novamente pesados (peso final) após sua trituração. Pode-se observar através da tabela 1 que o método 3 (uso de moedor manual) foi o que obteve menor rendimento.

Tabela 1. Rendimento da farinha de sorgo integral utilizando três tipos de equipamentos

	Peso inicial (g)	Peso Final (g)	Rendimento (%)
F1 (Liquidificador)	500	461	92,2
F2 (Moedor café)	500	474	94,8
F3 (Moinho Manual)	500	65	13

Fonte: Própria (2021).

As formulações realizadas com a farinha de sorgo foram, cookies, bolo de chocolate e torta salgada com recheio de calabresa, conforme observado a seguir:

Figura 07: Cookies elaborados com farinha de sorgo.

Fonte: Própria (2021).

Figura 08: Bolo de chocolate elabora com farinha de sorgo.

Fonte: Própria (2021).

Figura 09: Torta salgada realizada com a farinha de sorgo.

Fonte: Própria (2021).

Para cada receita elaborada, foi produzido uma ficha técnica culinária de preparação, para controle de ingredientes e das etapas executadas, estabelecendo uma padronização, com intuito de contribuir na realização das tarefas e na qualidade do produto final. Podemos observar as fichas técnicas com seus respectivos rendimentos, ingredientes, modo de preparo e custos, nas figuras 10,11 e 12.

Figura 10: Ficha técnica culinária de cookies.

FICHA TÉCNICA

Descrição do produto: **COOKIES**

Rendimento: 8 porções

Ingredientes	Unidade	Qtde em uso	Custo un.	Custo Total
Margarina	250 g	33 g	R\$ 1,95	C 0,26
Açúcar	1000 g	10 g	R\$ 3,39	R\$ 0,03
Farinha de sorgo	-	108 g	-	
Amido de milho	200 g	7 g	R\$ 2,25	R\$ 0,08
Cacau em pó	200 g	8 g	R\$ 20,99	R\$ 0,84
Ovo	12 uni	1	R\$ 5,75	R\$ 0,48
CUSTO TOTAL:			R\$ 1,69	

MODO DE PREPARO

Despejar todos os ingredientes em um recipiente, e misturar com as mãos até formar uma farofa, após isso adicionar 1 ovo inteiro e misturar até formar uma massa mais densa. Depois separar bolinhas de 25g (equivale a uma colher de sobremesa), e colocar na assadeira achatando-as. Levar ao forno pré-aquecido a 180° por 20 minutos.

Fonte: Própria (2021).

Figura 11: Ficha técnica culinária do bolo de sorgo com chocolate.

FICHA TÉCNICA

Descrição do produto: **BOLO DE SORGO COM CHOCOLATE**

Rendimento: 10 porções

Ingredientes	Unidade	Qtde. em uso	Custo un.	Custo Total
Margarina	250 g	100g	R\$ 1,95	R\$ 0,78
Açúcar	1000 g	150g	R\$ 3,39	R\$ 0,51
Ovos	Un.	3 Un.	R\$ 5,75	R\$ 1,44
Farinha de sorgo	-	235g	-	-
Amido de milho	200 g	100g	R\$ 2,25	R\$ 1,13
Fermento	100 g	7g	R\$ 3,29	R\$ 0,23
Cacau em pó 100%	200 g	10g	R\$ 20,99	R\$ 1,05
Leite	1000mL	240mL	R\$ 4,25	R\$ 1,02

Calda de chocolate

Ingredientes	Unidade	Qtde. em uso	Custo un.	Custo Total
Creme de leite	200 g	200g	R\$ 2,59	R\$ 2,59
Cacau em pó 100%	200 g	15g	R\$ 20,99	R\$ 1,57
Açúcar	1000 g	50g	R\$ 3,39	R\$ 0,17

CUSTO TOTAL: R\$ 10,48

MODO DE PREPARO DA MASSA

Despejar todos os ingredientes na batedeira (exceto o fermento), e bater por 10 minutos, enquanto isso, untar uma assadeira com margarina e farinha. Incorporar o fermento a massa e mexer delicadamente. Despejar a massa do bolo em assadeira (200mm), levar ao forno pré-aquecido a 200° por 38 a 40 minutos. Tirar o bolo do forno, deixar esfriar e desenformar.

MODO DE PREPARO DA CALDA

Em uma panela misturar todos os ingredientes e levar ao fogo médio por 10 minutos sempre mexendo, até formar uma calda mais densa. Quando atingir o ponto uniforme despejar a calda sobre o bolo, e estará pronto para servir.

Fonte: Própria (2021).

Figura 12: Fica técnica de torta salgada de sorgo com calabresa.

FICHA TÉCNICA				
Descrição do produto:	TORTA SALGADA DE SORGO COM RECHEIO DE CALABRESA			
Rendimento: 10 porções
Ingredientes	Unidade	Qtde. em uso	Custo un.	Custo Total
Farinha de sorgo	-	100g	-	
Leite	1000 mL	240mL	R\$ 4,25	1,02
Óleo de soja	900 mL	120mL	R\$ 6,99	0,93
Ovos	12 un.	2 un.	R\$ 5,75	0,96
Fermento	100 g	10g	R\$ 3,29	0,33
Caldo de carne	57g	6g	R\$ 1,39	0,15
Recheio de calabresa				
Ingredientes	Unidade	Qtde. em uso	Custo un.	Custo Total
Cebola	1000g	39g	R\$ 5,99	0,23
Pimentão	1000g	22g	R\$ 3,69	0,08
Tomate	1000g	77g	R\$ 2,99	0,23
Alho	200g	6g	R\$ 2,99	0,09
Calabresa	1000g	300g	R\$ 23,15	6,95
Óleo	900 mL	15mL	R\$ 6,99	0,12
Sal	1000g	2g	R\$ 0,69	0,10
Coentro	200g	13g	R\$ 0,99	0,06
Requeijão cremoso light	200g	16g	R\$ 4,15	0,33
			CUSTO TOTAL:	R\$ 11,48

MODO DE PREPARO DA MASSA

Em um liquidificador misturar todos os ingredientes (exceto o fermento) por 3 minutos, até formar a massa, adicionar o fermento e misturar delicadamente. Despejar metade da massa em uma assadeira (243mm) untada e enfarinhada e acrescentar o recheio.

MODO DE PREPARO DA RECHEIO

Triturar toda a calabresa em um processador ou liquidificador. Em uma panela adicionar os vegetais (alho, cebola, pimentão, coentro, tomate) e a calabresa triturada, adicionar sal e tempero a gosto e refogar. Após isso, despejar o recheio na forma e adicionar o restante da massa. Levar ao forno pré-aquecido a 180°C por 45 minutos.

Fonte: Própria (2021).

Na visão geral é notório que o rendimento da farinha integral por método caseiro a seco, utilizando os eletrodomésticos citados, obtiveram um resultado satisfatório, bem como, as receitas elaboradas tiverem boa elaboração em sua estrutura e forma conforme demonstrado nas figuras acima, se comparado as receitas realizadas com outras farinhas tradicionalmente conhecidas.

CONCLUSÕES

Assim, observa-se que a produção de farinha de sorgo é uma obtenção de fácil acesso e elaboração, devido seu processamento, tendo em vista que ela pode ser obtida caseiramente, bem como, industrialmente, sendo então uma alternativa nutritiva, integral e indicada para substituição de várias farinhas convencionais em diversas receitas, além de ser um potencial aliado para elaboração de receitas seguras para os celíacos e para pessoas que buscam vida mais saudável e optam por produtos integrais.

Nesse estudo, o método avaliado com melhor rendimento foi o utilizado do equipamento moedor de café, que obteve 94% do rendimento do sorgo “*in natura*” em uma escala de 100%. Observando também que a farinha de Sorgo tem potencial de substituição das farinhas tradicionais utilizadas em receitas regionais. Ressaltando-se que a farinha elaborada foi a integral, necessitando de novos estudos para efetivação e comprovação científica do seu potencial nutritivo.

REFERÊNCIAS

- AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. **Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health**. *Phytochemistry*. v. 65, n. 9, p. 1199–1221, 2004.
- AWIKA, J.M.; MCDONOUGH, C.M.; ROONEY, L.W. **Decorticating sorghum to concentrate healthy phytochemicals**. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Easton, v. 53, n. 16, p. 6230-6234, 2005.
- CARVALHO, C. W. P.; MITCHELL, J. R. **Effect of sugar on the extrusion of maize grits and wheat flour**. *International Journal of Food Science and Technology*, v.35, n. 6, p.569-578. Dec. 2000.
- CIACCI, C.; MAIURI, L.; CAPORASO, N.; BUCCI, C. **Doença celíaca: segurança e palatabilidade in vitro e in vivo de produtos alimentícios de sorgo sem trigo**. *Nutrição Clínica (Edimburgo, Escócia)*, dez. 2007.
- DICKO, M.H.; GRUPPEN, H.; TRAORÉ, A.S.; VORAGEN, A.J.; BERKEL, W. **Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities**. *African Journal of Biotechnology*, v.5, n.5, p.384-395, 2006.
- DYKES, L.; SEITZ, L. M.; ROONEY, W. L.; ROONEY, L. W. **Flavonoid composition of red sorghum genotypes**. *Food Chemistry*, v. 116, n. 1, p. 313–317, 2009.
- DYKES, L.; ROONEY, L.W.; WANISKA, R. D.; ROONEY, W.L. **Phenolic compounds**

and antioxidant activity of sorghum grains of varying genotypes. Journal of Agricultural and food chemistry, Washington, v. 53, n. 17, p.6813-6818, 2005.

DUODU, K. G.; TAYLOR, J. R. N; BELTON, P. S.; HAMAKER, B. R. **Factors affecting sorghum protein digestibility.** Journal of Cereal Science, v. 38, n. 2, p. 117-131, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Laboratório de Qualidade de Grãos.** Embrapa Trigo, Rio Grande do Sul, 2009. Disponível em:

<http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/qualidade/laboratorio.htm> . Acesso em 14 fev. 2021.

FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations.** FAO, 2013.

Disponível em: <http://faosta.fao.org>. Acesso em: 10 fev. 2021.

FASANO, A.; ARAYA, M.; BHATNAGAR, S.; CAMERON, D.; CATASSI, C.; DIRKS, M. **Federation of International Societies of Pediatric Gastroenterology, Hepatology, and nutrition consensus report on celiac disease.** J Pediatr Gastroenterol Nutr 2008; 47: 214-219.

LELOUP, V. M.; COLONNA, P.; RING, S. G.; ROBERTS, K.; WELLS, B. **Microestrutura de géis de amilose.** Polímeros de carboidratos, vol. 18, ed. 3, p. 189-197, 1992.

MEDEIROS, D. M.; VÁZQUEZ-ARAÚJO, L.; CHAMBERS, E. L. V. **Sorghum: the forgotten grain.** Food Tech, v.65, n. 5, p. 53-60, 2011.

MEERA, M. S.; BHASHYAM, M. K.; ALI, S. Z. **Effect of heat treatment of sorghum grains on storage stability of flour.** LWT Food Science and Technology, v. 44, n. 10, 2199–2204, 2011.

MOHARRARA, Y. G.; YOUSSEF, A. M. A. **Sorghum grain and quality of its edible products.** Food Science and Technology Department Faculty of Agriculture, Alexandria University, Alexandria, Egypt, 1995.

MORRIS, P.C.; BRYCE, J.H. **Cereal biotechnology.** Woodhead Publishing Limited. Cambridge: England. 245 p. 2000.

MUTISYA, J.; SUN, C.; ROSENQUIST, S.; BAGUMA, Y.; JANSSON, C. **Diurnal oscillation of SBE expression in sorghum endosperm.** Journal of Plant Physiology, Stuttgart, v. 166, p. 428- 434, 2009.

OLIVEIRA, F. M.; CAMPOS, R. **O sorgo na alimentação humana.** Belo Horizonte, MG. EMATER-MG, p. 18, 1984.

PONTIERI, P.; MAMONE, G.; CARO, S.; TUINSTRA, M. R. **Sorgo, um alimento saudável e sem glúten para pacientes celíacos, conforme demonstrado por análises genômicas, bioquímicas e imunoquímicas.** Journal of Agricultural and Food Chemistry 61, març. 2013.

REVISTA-FI. Hisa: **Tendências para uma alimentação saudável.** Food Indredients Brasil, n° 7, 2009.

PEYRON, S.; CHAURAND, M.; ROUAU X.; ABECASSIS, J. **Relationship between bran**

mechanical properties and milling behaviour of durum wheat (*Triticum durum* Desf.). Influence of tissue thickness and cell wall structure. *Journal of Cereal Science*, v. 36, n. 3, p. 377–386, 2002b.

ROONEY, L.W.; SERNA-SALDIVAR, S.O. **Food use of whole corn and dry-milled fractions.** In: White, P.J; JOHNSON, L.A. *Corn Chemistry and Technology*, American Association of Cereal Chemists, 2a edição, p. 495-535, 2003.

TABOSA, J. N.; FRANÇA, J. G. E. de; SANTOS, J. P. O.; MACIEL, G. A.; LIRA, M. de A.; ARAÚJO, M. R. A.; GUERRA, N. B. **Teste em linhas de sorgo no semi-árido de Pernambuco para consumo humano.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 28, n. 12, p. 1385-1390, 1993.

WANISKA, R.D. **Structure, phenolic compounds and antifungal proteins of sorghum caryopses.** In: CHANDRASHEKAR, A.; BANDYOPADHYAY, R.; HALL, A.J. (Ed.). *Technical and institutional options for sorghum grain mold management: proceedings of an international consultation*, Patancheru: ICRISAT, 2000.

CAPÍTULO 14: AVALIAÇÃO DO EFEITO TECNOLÓGICO DO USO DA MUCILAGEM DE CHIA (*SALVIA HISPANICA*) NA ELABORAÇÃO DE LINGUIÇA DO PEIXE ARMAU (*PTERODORAS GRANULOSUS*)

CAPITULO 14: EVALUACIÓN DEL EFECTO TECNOLÓGICO DEL USO DE MUCILAGO DE CHIA (*SALVIA HISPANICA*) EN LA PREPARACIÓN DE ARMAU LINGUIÇA (*PTERODORAS GRANULOSUS*)

CHAPTER 14: EVALUATION OF THE TECHNOLOGICAL EFFECT OF THE USE OF CHIA MUCILAGE (*SALVIA HISPANICA*) IN THE PREPARATION OF ARMAU FISH SAUSAGE (*PTERODORAS GRANULOSUS*)

Jalison Barreto dos Santos¹; Lilia Calheiro de Oliveira Barretto²; Poliane Lima Santos³ Thatiane Santana Santos⁴; Acenini Lima Balieiro⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.193-212>

RESUMO

O pescado é um produto de elevado valor nutricional, rico em proteínas de qualidade e de alta digestibilidade. No entanto, seu consumo ainda é considerado baixo, sendo necessário o desenvolvimento de produtos alternativos que estimulem a sua ingestão, valorizem e agreguem valor a este tipo de matéria-prima. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito tecnológico do uso da mucilagem de chia na elaboração de linguiça de Armau (*Pterodoras granulosus*). As linguiças foram desenvolvidas a partir do filé de armau, com a adição de mucilagem de chia em diferentes concentrações (0,0, 3,0, 5,0 e 7,0), como substituto da gordura (toucinho) tradicionalmente utilizado. O filé de peixe foi caracterizado físico-quimicamente quanto ao pH, umidade e lipídios. As linguiças desenvolvidas foram avaliadas em relação à cor, Capacidade de Retenção de Água (CRA), rendimento na cocção e porcentagem de encolhimento. Os resultados foram avaliados estatisticamente pelas médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). As linguiças elaboradas a partir do filé de armau, apresentaram um bom rendimento de cocção nas três formulações com mucilagem, já no encolhimento a formulação com 5,0% de mucilagem teve o menor encolhimento com 5,88% e uma capacidade de retenção de água de 74,02%. Os valores de luminosidade (L^*) e tendência ao vermelho (a^*) não apresentaram diferença significativa entre as diferentes formulações de linguiças, mas a tendência ao amarelo (b^*) foi significativamente mais intensa para a formulação contendo 3,0% de mucilagem de chia. Portanto, conclui-se que a substituição do toucinho pela mucilagem de chia apresenta-se como alternativa viável para a produção de linguiça de armau.

Palavras-Chave: pescado, chia, linguiça

RESUMEN

El pescado es un producto de alto valor nutricional, rico en proteínas de calidad y altamente digestible. Sin embargo, su consumo aún se considera bajo, requiriendo el desarrollo de productos alternativos que estimulen su ingesta, valor y agreguen valor a este tipo de materia prima. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto tecnológico del uso de mucílago de chia

¹ Agroindústria, Universidade Federal de Sergipe, jalisonbarreto594@gmail.com

² Engenheira de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe, liliacalheiros@academico.ufs.br

³ Engenheira de Alimentos, Instituto Federal de Alagoas, poliane.lima@ifal.edu.br

⁴ Química, Universidade Federal de Sergipe, thaty.ufs@academico.ufs.br

⁵ Doutora, Universidade Federal de Sergipe, aceninibalieiro@academico.ufs.br

en la elaboración de salchicha Armau (*Pterodoras granulosus*). Los embutidos se elaboraron a partir del filete de armau, con la adición de mucílago de chía en diferentes concentraciones (0.0, 3.0, 5.0 y 7.0), como sustituto de la grasa (tocino) tradicionalmente utilizada. El filete de pescado se caracterizó físico-químicamente en términos de pH, humedad y lípidos. Las salchichas desarrolladas se evaluaron en cuanto a color, capacidad de retención de agua (CRA), rendimiento de cocción y porcentaje de contracción. Los resultados se evaluaron estadísticamente mediante la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Los embutidos elaborados a partir del filete de armau, presentaron un buen comportamiento de cocción en las tres formulaciones con mucílago, mientras que en la contracción la formulación con 5.0% de mucílago presentó la menor contracción con 5.88% y una capacidad de retención de agua de 74.02%. Los valores de luminosidad (L^*) y tendencia al rojo (a^*) no mostraron diferencia significativa entre las diferentes formulaciones de embutidos, pero la tendencia al amarillo (b^*) fue significativamente más intensa para la formulación que contiene 3.0% de mucílago de chía. Por tanto, se concluye que la sustitución del tocino por mucílago de chía se presenta como una alternativa viable para la producción de embutido armau.

Palabras clave: pescado, chía, salchicha

ABSTRACT

Fish is a product of high nutritional value, rich in quality proteins and highly digestible. However, its consumption is still considered low, requiring the development of alternative products that stimulate its ingestion, value and add value to this type of raw material. The objective of this work was to evaluate the technological effect of the use of chia mucilage in the elaboration of Armau sausage (*Pterodoras granulosus*). The sausages were developed from the fillet of armau, with the addition of chia mucilage in different concentrations (0.0, 3.0, 5.0 and 7.0), as a substitute for the fat (bacon) traditionally used. The fish fillet was characterized physically-chemically in terms of pH, moisture and lipids. The sausages developed were evaluated for color, water retention capacity (CRA), cooking performance and shrinkage percentage. The results were statistically evaluated by means compared by the Tukey test ($p < 0.05$). The sausages made from the fillet of armau, presented a good cooking performance in the three formulations with mucilage, while in the shrinkage the formulation with 5.0% mucilage had the least shrinkage with 5.88% and a water retention capacity. 74.02%. The values of luminosity (L^*) and tendency to red (a^*) did not show significant difference between the different sausage formulations, but the tendency to yellow (b^*) was significantly more intense for the formulation containing 3.0% mucilage of chia. Therefore, it is concluded that the replacement of bacon by chia mucilage presents itself as a viable alternative for the production of armau sausage.

Keywords: fish, chia, sausage

INTRODUÇÃO

Segundo o Art. 438/1952 do RIISPOA, a denominação genérica “PESCADO” compreende os peixes, crustáceos, moluscos, anfíbios, quelônios e mamíferos de água doce ou salgada que são usados na alimentação humana. O pescado é um produto de elevado valor nutricional, destacando-se como importante fonte de vitaminas como A e D e minerais, como cálcio e fósforo.

Apresenta teores de proteínas entre 15% e 25%, tendo em sua constituição todos os aminoácidos essenciais e sendo fonte proteica completa e de alta digestibilidade (SOARES e GONÇALVES, 2012). Além disso, os peixes são ricos em ácidos graxos ômega 3 (ALMEIDA e FRANCO, 2006) que conferem benefícios ao desenvolvimento e funcionamento do sistema nervoso central, auxiliam na redução dos triacilgliceróis séricos e de alergias crônicas e atuam também na prevenção de aterosclerose e trombose (SARTORI e AMANCO, 2012). Em 2016, o Brasil teve uma média de consumo anual per capita em torno de 9,6 kg/per capita de pescado, enquanto o recomendado é o consumo de 12 kg/per capita e estima-se que até o ano de 2025 a população nacional consuma em média 12,6 kg/per capita de pescado (FAO, 2016).

Segundo Godoy (1986), o peixe armau (*Pterodoras granulosus*) também conhecido por abotoado, armão ou mandi-capeta foi descrito em 1833 por Valenciennes, pertence à família *Doradidae*, apresentando distribuição geográfica restrita à América do Sul (MARTIN, 2003). É uma espécie rústica, permanecendo viva nos aparelhos de pesca por vários dias. Em função dessa característica, são concentrados em viveiros e mantidos vivos por semanas, sendo filetados e comercializados frescos em formas de postas nos entrepostos de compra (MARTIN, 2003). Acredita-se que estudos direcionados para a melhoria do processamento deste pescado, podem levar a um aumento na qualidade, agregando valor ao produto e melhorando a rentabilidade do setor, por tratar-se de uma espécie que não apresenta carne com boas características sensoriais (DIETERICH; BOSCOLO; MARTINS, 2003).

De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Linguiça instaurado pela Instrução Normativa nº 4, de 31 de março, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, entende-se por linguiça o produto cárneo obtido de carne de diferente espécies animais, submetida aos mais diversos e adequados processos tecnológicos, adicionado ou não de tecidos adiposos, ingredientes e embutidos em envoltório naturais ou artificiais. Estas são classificadas de acordo com a tecnologia de fabricação em produto: fresco, seco curado e/ou maturado, produto cozido e outros (BRASIL, 2000).

Em resposta à crescente demanda dos consumidores por alimentos com teor de gordura reduzida, a indústria alimentícia tem buscado por alternativas viáveis. Assim, para estabelecer uma formulação com baixo teor de gordura em produtos, é necessário o uso de ingredientes sem gorduras com diferentes funções para fornecer os atributos de qualidade perdidos quando a gordura é removida (SHEN; LUO; DONG, 2011).

A chia (*Salvia hispanica* L.) é uma planta herbácea cultivada anualmente, possui alto valor nutricional, com elevado teor de ácidos graxos poliinsaturados (especialmente ômega-3),

além de proteínas e de minerais como cálcio, ferro e potássio, grande quantidade de fibra alimentar e presença de polifenóis (REYES-CAUDILLO, 2008).

A concentração de mucilagem nos grãos de chia varia de 5 a 6% e possui grande capacidade de absorção de água (REYES-CAUDILLO; TECANTE; VALDIVIA-LÓPEZ, 2008). A mucilagem da chia é uma fibra solúvel que apresenta ótimas propriedades de hidratação, retenção de água, desenvolvimento de viscosidade e conservação de frescor, especialmente em produtos de forno (FELISBERTO et al., 2015; VÁZQUEZ-OVANDO et al., 2009).

A mucilagem da chia foi descrita por Timilsena *et al.* (2016a) e Avila-de la Rosa et al. (2015) como tendo uma solubilidade elevada em água, capacidade 50 de formar géis viscosos em baixas concentrações e geralmente contém uma pequena quantidade de proteína como parte integrante de sua estrutura que pode ser adsorvida na interface óleo-água. Conforme Capitani, Nolasco e Tomás (2016) e Felisberto *et al.* (2015), essa mucilagem pode ser usada na indústria de alimentos como um agente espessante/estabilizante na formulação de alimentos emulsionados, como sobremesas, molhos e sucos e como substituto de gordura em bolos e outros produtos.

Poucos estudos são encontrados sobre o uso da mucilagem de chia em alimentos, seja como substituinte de algum ingrediente ou pela sua simples adição a fim de melhorar alguma característica do produto. Diante disto, este trabalho teve o objetivo de elaborar linguiça a partir do filé do peixe Armau utilizando a mucilagem da chia como substituto da gordura como uma alternativa para o beneficiamento da matéria-prima *in natura* para prolongar a sua vida útil e agregar valor ao produto.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Aspecto nutricional e de consumo de pescado

Conforme o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal (RIISPOA) entende-se por “pescado todo organismo que vive no meio aquático, sejam peixes, crustáceos, moluscos, anfíbios, quelônios e mamíferos de água doce ou salgada destinados à alimentação humana” (BRASIL, 2017).

Na nutrição humana, o peixe constitui fonte de proteínas de alto valor biológico, com um balanceamento de aminoácidos essenciais, comparável a proteína padrão da FAO, sendo rico em lisina, um aminoácido limitante em cereais como arroz, milho e farinha de trigo. A

exemplo de carnes, leite e ovos, o músculo de pescado é rico em proteínas e lipídios (OGAWA; MAIA, 1999).

O músculo do pescado pode conter 60% a 85% de umidade, ao redor de 20% de proteína, 1% a 2% de cinzas, 0,3% a 1,0% de carboidratos e 0,6% a 36% de lipídeos (OGAWA; MAIA 1999). Segundo Skorski; Kolakowska e Pan (1994), os conteúdos dos principais componentes do pescado dependem da espécie, grau de maturação sexual, estado nutritivo dos peixes, habitat e sexo.

Os lipídeos dos pescados são ricos em ácidos graxos da família ômega 3 e demais ácidos graxos poli-insaturados (AGPI). Pequenas porções de peixes consumidas uma a duas vezes por semana, pode conter em torno de 2g de AGPI da família ômega 3, o qual está associado à redução de risco de Acidente Vascular Cerebral (AVC), Alzheimer, e também a depressão (LUZIA *et al.*, 2003; SARTORI; AMANCIO, 2012).

Linguiça

De acordo com a legislação brasileira do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (2000), entende-se por linguiça o produto cárneo industrializado, obtido de carnes de animais de açougue, adicionados ou não de tecidos adiposos, ingredientes, embutido em envoltório natural ou artificial e submetido ao processo tecnológico adequado. Pode ser consumida fresca após preparada, sofrer processo de cura, ou então o processo de defumação. De acordo com a composição da matéria-prima e das técnicas de fabricação a linguiça toscana, que é o tipo de linguiça utilizada no experimento, é o produto cru ou curado, obtido de carnes, adicionada de gordura suína e ingredientes. Nesse trabalho, o toucinho foi substituído por mucilagem de chia.

A produção de embutidos a partir de carne de pescado, é uma alternativa de beneficiamento da matéria prima *in natura* para prolongar a sua vida útil e para agregar valor ao produto. Estes produtos são apreciados pelo fato de serem práticos para consumo, pois necessitam de pouco ou nenhum trabalho para o preparo (OGAWA, 1999 a).

Levando em consideração o aumento da procura por produtos com proteínas de alto valor nutricional e valor tecnológico agregado, a carne de pescado surge como uma ótima alternativa para a elaboração de linguiça frescal (SIMÕES *et al.* 2007).

Para a linguiça frescal é comum à adição de toucinho como fonte de gordura, de sal (cloreto de sódio), condimentos e recentemente varias pesquisas buscam a utilização de agentes ligantes como farinhas, amidos, mucilagem e hidrocolóides, atrelados ao uso de envoltório natural, visando a produção de produto cárneo com características de saudabilidade

Chia (*Salvia hispanica* L.)

Nos últimos anos, tem-se verificado uma crescente tendência no mercado para o consumo de alimentos funcionais, que podem contribuir para a prevenção de doenças cardiovasculares, respiratórias e cancerígenas, entre outras.

Visando recuperar a qualidade de vida, o consumidor vem se tornando cada vez mais exigente e preocupado em buscar uma alimentação mais saudável. Neste contexto, as indústrias de alimentos têm procurado atender aos anseios da população, adequando as formulações de seus produtos, a fim de disponibilizar no mercado, alimentos com perfis mais saudáveis (PINTADO *et al.*, 2016).

Dentre estes tipos de alimentos, destaca-se a chia. A chia (*Salvia hispanica* L.) é uma semente antiga cultivada no México, utilizada como alimento cujas sementes são consumidas embebidas em água ou suco de frutas, fonte natural rica em ácidos graxos poli-insaturados, cujas frações fibrosas evidenciam uma grande capacidade de reter e absorver água, podendo ser utilizada como um agente emulsionante e estabilizante de emulsões (CAPITANI *et al.*, 2015). A alta quantidade de fibras da semente de chia (34,6%) pode aumentar a saciedade e diminuir o consumo de energia (OLIVOS-LUGO et al., 2010; COELHO; SALAS-MELLADO, 2014).

Na elaboração de novos produtos, as indústrias de alimentos têm se beneficiado cada vez mais da presença dos hidrocoloides para utilização como espessantes, gelificantes, estabilizantes e emulsificantes em sistemas alimentícios. Os grãos de chia, quando em contato com a água, liberam gel mucilaginoso de alta solubilidade e com propriedades espessantes, porém, são necessários mais estudos visando à metodologia de extração desse gel pelo fato de se apresentar extremamente aderido aos grãos em questão (CAPITANI *et al.*, 2015).

Assim, uma das estratégias na fabricação de alimentos mais saudáveis se estabelece na obtenção de produtos com reduzidos teores de gorduras. Desta forma, surgem os substitutos de gordura, *fat replacers*, descritos como ingredientes de formulações alimentícias que substituem algumas ou todas as funções da gordura, mas não apresentam calorias ou possuem valor reduzido de calorias. São utilizados para a redução de gordura, ingredientes derivados dos próprios lipídeos, dos carboidratos (mucilagens, amidos e outros), proteínas e ingredientes sintéticos (LI; NIE, 2015).

Obtenção do filé do armau (*Pterodoras granulosus*)

O peixe armau foi cedido por pescadores de uma comunidade da região do Baixo São Francisco na cidade de Olhos D'Água do Casado - AL, uma vez que essa espécie estava sendo descartada. No Laboratório Multiusuário da Universidade Federal de Sergipe, Campus do Sertão, seguindo todas as condições higiênica-sanitárias, foi realizada a retirada das vísceras, carapaças, nadadeiras e espinha.

Processamento da linguiça de armau (*Pterodoras granulosus*)**Materiais**

Foram utilizados peixe Armau (*Pterodoras granulosus*) com o máximo de frescor, provenientes de pescadores artesanais da cidade de Olhos D'água do Casado, no estado de Alagoas. Os peixes foram acondicionados em caixas térmicas com gelo em escamas e levados até ao Laboratório Multiusuário da Universidade Federal de Sergipe/Campus do Sertão na cidade de Nossa Senhora da Glória no estado de Sergipe. Então, os peixes foram lavados com água clorada a 5ppm para a retirada do muco e realizado a filetagem. Após isso, a matéria-prima carne foi congelada em freezer comercial (-20°C) e mantida nesta condição até a elaboração das linguiças. Além do filé de peixe, foram utilizados a tripa suína natural para o embutimento, e os seguintes ingredientes não cárneos: sal de cozinha, cebola, alho, salsa, manjericão, pimenta do reino, orégano desidratados, ácido cítrico e a mucilagem de chia.

Preparo da linguiça

A linguiça foi preparada com 4 formulações diferentes, de acordo com as formulações apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Formulações de linguças elaboradas com filés de Armau (*Pterodoras granulosus*) e diferentes concentrações de mucilagem de chia (*Salvia hispanica*).

Ingredientes	Formulações (%)			
	0,0	3,0	5,0	7,0
File de peixe	90,0	87,0	85,0	83,0
Chia	0	3,0	5,0	7,0
Condimentos	10,0	10,0	10,0	10,0

Os ingredientes secos foram previamente pesados em copos plásticos descartáveis. E então, as linguças foram elaboradas seguindo com o fluxograma apresentado na Figura 1, adaptado de Vaz (2005).

Figura 01: Fluxograma de elaboração da linguça de armau (*Pterodoras granulosus*)

Fonte: Adaptado de Vaz (2005)

Caracterização físico-química do filé de peixe

Todas as análises foram feitas em triplicata e seguindo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Determinação de umidade

Para medida de umidade foi utilizada a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo

Lutz (2008). Esse método se baseia na perda de massa de uma amostra de 2-5g em estufa a 105°C, até peso constante. As amostra foram bem homogeneizadas (aproximadamente 5g) colocadas em cadinhos de alumínio (previamente tarados) e levadas para a estufa a temperatura de 105°C por 8 horas. Após esse tempo foi colocada em dessecador para ocorrer o resfriamento das amostras até temperatura ambiente e medida a massa das amostras seca. O procedimento se repetiu de aquecimento e resfriamento até massa constante. Os resultados foram calculados de acordo com a Fórmula (1):

$$\text{Umidade} = \frac{100 * N}{P} \quad (1)$$

Onde, N = peso final da amostra e P = peso inicial da amostra, ambos expressos em gramas.

Determinação Lipídeos por Bligh Dyer

Foram pesadas 2g da amostra e transferidas para provetas de 150 mL, em seguida foi adicionado 10 mL de clorofórmio, 20 mL de metanol e 8 mL de água destilada, tampando hermeticamente. Essa mistura foi agitada vigorosamente por 30 minutos. Em seguida foi adicionado mais 10 mL de clorofórmio e 10 mL da solução de sulfato de sódio 1,5% e agitada por mais mais 2 minutos. Posteriormente, as amostras foram deixadas em repouso para a separação das fases. Em seguida, foi retirada 5 mL da fase etérea e despejada num béquer de 50 mL, previamente tarado. Logo em seguida, o béquer foi colocado numa estufa a 100 °C, até evaporar o solvente. Depois das amostras resfriadas, foram pesadas e os resultados calculados de acordo com a Fórmula (2).

$$\text{Gorduras totais (\%)} = \frac{(A-B)*C*100}{5*P} \quad (2)$$

Onde, A = Peso do béquer + resíduo; B = Peso do béquer; P = Peso da amostra em gramas; C = Volume de Clorofórmio adicionado.

Determinação do pH

Para medida de pH foi utilizada a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Foi pesada 10 g da amostra em um béquer e diluída com auxílio de 100 mL de água e analisada o seu pH em pHmetro digital (Digimed, DM-23).

A extração aquosa da mucilagem de chia foi adaptado de (MUÑOZ, 2012). As sementes foram mergulhadas em água destilada em uma concentração de semente/água: na proporção 1:20, 1:30 e 1:40 (peso:volume) e agitadas em agitador magnético por 90 minutos a temperatura ambiente (24°C). Para liberar a mucilagem que fica fortemente aderida a superfície da semente foi empregado mixer de 500W de potência da marca Mondial, durante 40 segundos. As laminas do mixer foram recobertas com fita de silicone para evitar o rompimento da camada intermediária da chia onde se encontra as fibras e o endocarpo. A mucilagem então foi separada da semente por meio de filtração em peneira simples. Em seguida, a mucilagem foi armazenada na geladeira, até o momento do desenvolvimento da linguiça.

Características de cocção da linguiça

Rendimento na cocção

O rendimento na cocção foi realizado conforme Meira (2013) e Seabra *et al.* (2002). As amostras de linguiça congeladas foram submetidos ao cozimento em fritadeira elétrica (Mondial) a 200 °C por 20 min, sendo 10 min de cocção para cada lado das linguiças (nesse momento, foi mensurado a temperatura interna da linguiça com termômetro digital), tempo necessário para alcançarem uma temperatura interna de 70 °C. A avaliação foi realizada em triplicata. O rendimento foi calculado em função da diferença entre a massa inicial e final, sendo expressa em percentagem, conforme Fórmula 4 (ALESON-CARBONELL *et al.*, 2005).

$$\% \text{ Rendimento na cocção} = \frac{\text{Massa da amostra cozida}}{\text{Massa da amostra crua}} * 100 \quad (4)$$

Porcentagem de encolhimento

A percentagem de encolhimento foi determinada segundo Berry (1992) *apud* Seabra *et al.* (2002) conforme a Fórmula 5.

$$\% \text{ Encolhimento} = \frac{(\text{Diâmetro da amostra crua} - \text{Diâmetro da amostra cozida})}{\text{Diâmetro da amostra crua}} * 100 \quad (5)$$

Capacidade de Retenção de Água (CRA) da linguiça

A capacidade de retenção de água (CRA) foi calculada de acordo com a Fórmula 6, conforme Aleson-Carbonell et al. (2005).

$$\% \text{ CRA} = \frac{\text{Massa da amostra cozida} * \text{umidade da amostra cozida}}{\text{Massa da amostra crua} * \text{umidade da amostra crua}} * 100 \quad (6)$$

Análise de cor

A cor das linguiças foi avaliada após o cozimento, por meio de colorímetro (CR 410, Konica Minolta), previamente calibrado, avaliando os parâmetros L^* , a^* e b^* . Onde L^* é a luminosidade, que varia de 0 a 100, sendo correspondente ao preto total e 100 representa o branco total, a^* é o eixo correspondente do verde (-) ao vermelho (+) e b^* é o eixo de cromaticidade do azul (-) ao amarelo (+). Foram tomadas 10 medidas de cada amostra, seguindo o guia de avaliação da cor de carnes da Associação Americana de Ciência da Carne (HUNT et al., 1991). A cor foi determinada na superfície e no interior das amostras, ou seja, a cor das amostras foi determinada pela média desses valores (superfície + interior). Para a determinação da cor interna, as linguiças foram através do centro, paralelamente à superfície.

Análise estatística

Para verificar o efeito das formulações sobre os parâmetros rendimento, encolhimento e CRA, foram aplicados a Análise de Variância e o teste de comparação de médias de Tukey ($p < 0,05$) por meio do pacote estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição química do filé do armau

A composição físico-química do filé de armau esta descrita na Tabela 2.

Tabela 2: Composição química (g.100g⁻¹) do filé do armau, valores expressos como média e desvio padrão:

Análise	Filé
Umidade (%)	77,52±1,51
pH	6,83±1,00
Lipídios (%)	3,51±0,03

Contreras-Guzmán (1994) considera que os vários fatores podem influenciar na composição química dos peixes, como fatores exógenos, clima, estação do ano e tipo de alimentação também podem afetar a composição corporal, além desses podem ter alguns de natureza intrínseca, fatores genéticos, fisiológicos e morfológico. Assim, a partir dos resultados apresentados na Tabela 2, podemos observar que o teor de umidade (77,52%) para o peixe armau capturado no estado de Alagoas, foi inferior aos valores encontrados por Munhoz e Camposano (2016) que também avaliaram a composição nutricional do peixe Armau capturado no Estado do Mato Grosso do Sul. A diferença na umidade pode estar relacionada à região onde o peixe foi obtido, uma vez que a composição nutricional do peixe pode variar de acordo com a espécie, região de pesca, métodos de captura.

O teor de lipídeos encontrado (3,57%), foi semelhante ao valor reportado por Bombardelli e Sanches (2008), de 3,57%, que trabalharam com avaliação das características morfométricas corporais, do rendimentos de cortes e composição centesimal da carne do armado (*Pterodoras granus*). Quanto ao pH, a análise revelou valores de 6,83 de acordo com a legislação (BRASIL, 1980), ou seja, teores aceitáveis.

Características de cocção da linguça

Os valores médios para as características de cocção da linguça e seus desvios-padrão estão expressos na Tabela 3.

Tabela 3: Características de cocção das formulações da linguça de Armau.

Avaliação (%)	Formulações (%)			
	0,0	3,0	5,0	7,0
Rendimento de cocção	70,72±2,17 ^a	64,21±2,00 ^b	61,75±1,70 ^{b,c}	59,01±0,07 ^c
Encolhimento	11,08±1,99 ^c	28,17±0,56 ^a	16,68±0,78 ^b	5,88±0,24 ^d
CRA	77,23±10,20 ^a	82,20±9,63 ^a	85,75±11,11 ^a	74,02±1,96 ^a

*Resultados expressos com médias ± desvio-padrão, seguidos pela mesma letra, na mesma linha, não apresentam diferença significativa (p>0,05) pelo teste de Tukey.

O assamento, método de cocção usado neste trabalho, tem a função de alterar as propriedades sensoriais, melhorar a palatabilidade e aumentar a gama de sabores, aromas e texturas em alimentos (FELLOWS, 2006).

Na análise de CRA (Capacidade de Retenção de Água), não foi observado diferença estatística ($p < 0,05$) entre as amostras, ou seja, todas as amostras se comportaram da mesma forma. A amostra contendo 7,0% de mucilagem apresentou menor CRA, e este valor pode indicar um menor teor de água livre na estrutura daquela amostra e isso causaria um aumento na concentração de alguns componentes presentes no alimento, como por exemplo, os lipídios. Este fato favorece o desenvolvimento de reações químicas (rancidez oxidativa), o que poderia justificar o aumento na tendência à coloração amarela desta amostra (3,0%) (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008).

Como observado na Tabela 3, podemos notar que houve diferença significativa entre as formulações de linguiça para os parâmetros de rendimento de cocção. O rendimento na cocção para as linguiças de armau (*Pterodoras granulosus*) cozidas, nas concentrações, estudadas, obteve um rendimento máximo de 70% e menor de 59%, Fernandes *et al.* (2011) em seus experimentos com resíduos de filetagem de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) obtiveram um rendimento na cocção de 65%. Lima *et al.* (2012) apresentaram para caranha (*Piaractus mesopotamicus*) um rendimento na cocção elevado de 85,17% e Teixeira (1999) obteve um rendimento de 58,55% para o hambúrguer de sardinha (*Sardinella brasiliensis*). No presente estudo, os valores de obtidos foram respectivamente de 70,72%; 64,21%; 61,75% e 59,01, tendo um rendimento expressivo na formulação (0,0) e (3,0%).

Com relação ao rendimento de cocção, entende-se que essa medida pode ser influenciada pelo tempo de processamento, temperatura de cozimento e utilização de agentes ligantes, como a mucilagem de chia na formulação da linguiça (SANTOS *et al.*, 2019). Sleder *et al.* (2015) ao analisar linguiças elaboradas com filé de Tambaquis, obteve um rendimento de cocção variando de 24,21 a 26,59% e Dallabona *et al.* (2013) ao analisar linguiças defumadas elaboradas com carne mecanicamente separada (CMS), de resíduos de filetagem de Tilápias do Nilo, obteve rendimento de cocção de 24,5%, ambos inferiores que o encontrado na linguiça do presente estudo o que comprova ser um produto com boa textura e rendimento.

Quanto ao parâmetro de encolhimento, observou-se que houve diferença significativa entre as amostras. Vieira (2017) desenvolveu e avaliou a elaboração de embutido tipo linguiça frescal com filés de bagres marinhos variando o percentual de toucinho suíno defumado (TSD), e encontrou porcentagem de encolhimento, passando de 11,91% (sem adição de TSD) para 17,58% (30% de TSD). Perfil similar ao encontrado nesse trabalho, uma vez que com a adição

de mucilagem de chia (3,0%), ocorreu o aumento do encolhimento da amostra de linguiça. Tal fato pode ter ocorrido devido à desintegração da mucilagem de chia com a elevação da temperatura de cozimento ou até mesmo da gordura do filé de peixe. Entende-se que, o encolhimento dos produtos cárneos não é interessante para o consumidor, fazendo com que o mesmo pague por algo que não condiz com o que é ofertado pela indústria alimentícia. Com isso, o uso de 3,0% de mucilagem de chia, apresenta o mesmo comportamento (redução) comparado a gordura de porco, por exemplo.

O encolhimento ocorreu provavelmente durante o processo de assamento, a temperatura age principalmente sobre a estabilidade das interações não covalentes, sendo as pontes de hidrogênio e as interações eletrostáticas, que são exotérmicas por natureza, desestabilizadas. Desta forma, as proteínas se desnaturam e se retraem, ocorrendo a perda de umidade, de nutrientes e de gordura vindo a refletir no rendimento do produto, além de perder parte de sua capacidade de retenção de água. Isso provoca o endurecimento e encolhimento do produto cárneo (ROSA et al., 2006; FELLOWS, 2006; DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Análise de Cor

A cor é um dos atributos mais importantes para o consumidor na escolha ou rejeição de um produto (RAMOS; GOMIDE, 2007). A Tabela 4 apresenta as coordenadas L^* , a^* e b^* das diferentes formulações de linguiça (0,0, 3,0, 5,0 e 7,0) após a cocção.

Tabela 4: Avaliação da cor das diferentes formulações de linguiças de Armau.

Cor	Formulações (%)			
	0,0 (controle)	3,0	5,0	7,0
L^*	38,1±2,06 ^a	37,55±3,97 ^a	37,02±2,22 ^a	37,92±3,28 ^a
a^*	9,2±1,6 ^a	8,56±0,38 ^a	9,22±1,33 ^a	8,17±0,85 ^a
b^*	9,099±1,8 ^b	12,26±2,49 ^a	9,73±1,91 ^{ab}	9,54±2,49 ^b

*Resultados expressos com médias ± desvio-padrão, seguidos pela mesma letra, na mesma linha, não apresentam diferença significativa ($p>0,05$) pelo teste de Tukey.

A luminosidade (L^*) das diferentes formulações de linguiça de armau após a cocção tendeu ao preto, ou seja, produtos escuros, pois a cor da carne do Armau é escura, isso porque na carne cozida, o principal pigmento é de coloração marrom, causado pela desnaturação e oxidação da mioglobina. Também participam da tonalidade castanha da carne cozida os produtos resultantes

da caramelização dos açúcares e da reação de Maillard, sendo estes pigmentos desejáveis (LAWRIE, 2005; PRICE; SCHWEIGERT, 1976; ORDOÑEZ, 2005). Como mostrado na Tabela 4, não houve diferença significativa entre as diferentes formulações para este parâmetro, demonstrando que a adição parcial da mucilagem não influenciou na luminosidade (L^*) das amostras.

Para a coordenada a^* , que indica a variação entre o verde e o vermelho, as diferentes formulações apresentaram tendência à coloração vermelha, não diferindo estatisticamente entre si ($p > 0,05$). Logo as concentrações de mucilagem testadas não afetaram os parâmetros L^* e a^* . Quanto ao parâmetro b^* , que indica a variação entre o azul e o amarelo, a formulação F1 contendo 3% de mucilagem, diferiu estatisticamente das demais formulações (0,0; 3,0 e 5,0), indicando uma tendência à coloração amarela mais intensa quando comparada às demais amostras.

CONCLUSÕES

As linguças frescas elaboradas com filés de armãu e diferentes concentrações de mucilagem de chia, apresentaram boas características de cocção (Rendimento de cocção, Encolhimento e CRA).

Para os parâmetros de cor avaliados (L^* , a^* e b^*), somente a coordenada b^* foi afetada pelas diferentes concentrações de mucilagem de chia.

Diante do exposto, é possível concluir que a mucilagem de chia apresentou-se como excelente alternativa para substituição da gordura tradicionalmente utilizada na elaboração de linguça (o toucinho). Assim, seria possível oferecer ao mercado consumidor uma alternativa viável para cumprir as metas de redução do teor de gordura em embutidos cárneos, além de disponibilizar produtos mais saudáveis para os consumidores, principalmente para os hipercolesterolemicos.

REFERÊNCIAS

ALESON-CARBONELL, L.; J. FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. T.; PÉREZ-ALVAREZ, J. A.; KURI, V. Characteristics of beef burger as influenced by various types of lemon albedo. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. v. 6, n. 2, p. 247-255, 2005

ALMEIDA, N. M.; FRANCO, M. R. B. Influência da dieta alimentar na composição de ácidos

graxos em pescado: aspectos nutricionais e benefícios à saúde humana. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v.65, n.1, p.7-14, 2006.

AVILA-DE LA ROSA, G.; ALVAREZ-RAMIREZ, J.; VERNON-CARTER, E.J.; CARRILLO-NAVAS, H.; PÉREZ-ALONSO, C. Viscoelasticity of chia (*Salvia hispanica* L.) seed mucilage dispersion in the vicinity of an oil-water interface. **Food Hydrocolloids**, v. 49, p. 200–207, 2015.

BARBOSA, R.D.; RIBEIRO, K.P.; PINTO, D.M.; CASSOL, L.A. Desenvolvimento de Linguiça frescal de peixe barbado com adição de farinha de aveia: características físicoquímica e sensorial. **ConnectionLine**, n.12, 2015.

BOMBARDELLI, R. A.; SYPERRECK, M. A.; SANCHES, E. A. Situação atual e perspectivas para o consumo, processamento e agregação de valor ao pescado. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar**, v. 8, n. 2, p. 181-195, 2005.

BLIGH, E.G., DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Instrução Normativa nº4. Anexo III – Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de linguça. Diário Oficial da União, Brasília, 05 de abril de 2000.

BRUSCHI, F. L. F. Rendimento, composição química e perfil de ácidos graxos de pescados e seus resíduos: uma comparação. 2001, 65 f. **Monografia** (Centro de Ciências Tecnológicas, da Terra e do Mar, Oceanografia) Universidade do Vale do Itajaí.

CAPITANI, M. I. Rheological properties of aqueous dispersions of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage. **Journal of Food Engineering**, v. 149, p. 70–77, 2015.

CAPITANI, M. I.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C. Stability of oil-in-water (O/W) emulsions with chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage. **Food Hydrocolloids**, v. 61, p. 537–546, 2016.

CAPITANI, M. I. Caracterización y funcionalidad de subproductos de chíá (*Salvia hispanica* L.) aplicación em tecnología de alimentos. **Tese** – Universidade Nacional de La Plata, Argentina, 2013.

CHAU, C. F.; CHEUNG, P. C. K.; WONG, Y. S. Functional properties of protein concentrates from three chinese indigenous legume seeds. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 45, p. 2500-2503, 1997.

CONTRERAS-GUZMÁN, E. S. **Bioquímica de pescados e derivados**. Jaboticabal: FUNEP, 1994.

DALLABONA, B.R.; KARAM, L.B.; WAGNER, R.; BARTOLOMEU, D.A.F.S.; MIKOS, J.D.; FRANCISCO, J.G.P.; MACEDO, R.E.F.; KIRSCHNIK, P.G. Effect of heat treatment and packaging systems on the stability of fish sausage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.42, n.12, p.835-843, 2013.

DIETERICH, F., BOSCOLO, W. R.; MARTINS, C. V. B. Rendimento e composicao quimica de nuggets obtidos de tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: XII Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, 2003, Porto Seguro. **Anais...** Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, 2003.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. Porto Alegre: Artmed, 2010, 900 p.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nation. The state of world fisheries and aquaculture. Roma: FAO, 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9229en/>. Acesso em: 21/04/2021.

FELISBERTO, M. H. F. Use of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage gel to reduce fat in pound cakes. **LWT - Food Science and Technology**, v. 63, p. 1049–1055, 2015.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. Porto Alegre: Artmed, 2006, 602 p

FERNANDES, M. P; PINTO, L. S. R. C; BONNAS, D. S. Aproveitamento de resíduos da filetagem de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na elaboração de empanados. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.13, p.1385-1390, 2011.

FERREIRA, D.F. **Sistema de análises de variância para dados balanceados**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000.(SISVAR 4. 1. – pacote computacional).

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2014.

GODOY, M. P de. **Peixes e pesca do Rio Paraná: área do futuro reservatório da usina hidrelétrica de Ilha Grande**. Florianópolis: ELETROSUL, 1986.

HUNT, M. C.; ACTON, J. C.; BENEDICT, R. C.; CALKINS, C. R.; CORNFORTH, D. P.; JEREMIAH, L. E. Guidelines for meat color evaluation. **American Meat Science Association and National Live Stock and Meat Board**, 1991.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos** – São Paulo : instituto Adolfo Lutz, p.1020. versão eletrônica, 2008.

LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384 p

LIMA, M. M.; MUJICA, P. I. C.; LIMA, A. M. Caracterização química e avaliação do rendimento em filés de caranha (*Piaractus mesopotamicus*). **Brazilian Journal Food Technology**, IV SSA, maio 2012, p. 41-46 <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232012005000031>

LINDSAY, R. D. **Aditivos alimentares**. FENNEMA, O. R. Química de Alimentos de Fennema. 4. ed.[s.l.] Artmed, 2010. p. 900.

LI, J.-M; NIE S.-P. The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods. **Food Hydrocolloids**, v. 53, p. 46-61, 2016.

MARTIN, R. V. Agroindustrialização da carne do armado (*Pterodoras granulosus*), do Reservatório de Itaipu, sob a forma de salsicha: avaliação sensorial e valor agregado. Cascavel, 2003. 64 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Área de Concentração em Engenharia de Sistemas Agroindustriais. Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

MEIRA, D. P. Produto tipo hambúrguer formulado com carne bovina e mandioca. 2013, 42 p. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2013.

MERLOTTI, N. S. Projeto de desenvolvimento de alimentos infantis orgânicos no mercado. 2010. 82 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação) – Curso de Engenharia de Alimentos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MORALES-ULLOA, D.F.; OETTERER, M. Bioconversão de resíduos da indústria pesqueira. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 15, n. 3, p. 206-214, 1995.

MUNDIM, A. P. F.; ROZENFELD, H.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L.; GUERRERO, V.; HORTA, L. C. Aplicando o Cenário de Desenvolvimento de Produtos em um caso prático de Capacitação profissional. **Gestão e Produção**. São Carlos, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 1516, 2002.

MUNHOZ, C. L.; CAMPOZANO, R.; J. **Ciência e tecnologia de alimentos: elaboração de fishburguer de peixe armado**. 2018. Disponível em: <http://periodicos.iftm.edu.br/index.php/inova/article/viewFile/445/264>. Acesso em: 26/04/2021.

MUÑOZ, L. A., COBOS, A., DIAZ, O.; AGUILERA, J. M. Chia seeds: microstructure, mucilage extraction and hydration. **Journal of Food Engineering**, v. 108, p. 216 – 224, 2012.

OGAWA, M., MAIA, E. L. **Manual de Pesca: Ciência e Tecnologia do Pescado**. São Paulo: Varela, 1999.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos – Alimentos de origem animal**. Porto Alegre: Artmed, 2005, 279 p.

PINTADO, T. Strategies for incorporation of chia (*Salvia hispanica* L.) in frankfurters as a health-promoting ingredient. **Meat Science**, v. 114, p. 75–84, 2016.

PRICE, J. F.; SCHWEIGERT, B. S.; BARRADO, A. M. **Ciência de la carne y de los productos carnicos**. Zaragoza; Acribia, 1976. 668 p.

RAMOS, E. D.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologia**. Minas Gerais: Ed. UFV, 2007. 599 p.

REYES-CAUDILLO, E.; TECANTE, A.; VALDIVIA-LÓPEZ, M. A. Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. **Food Chemistry**, v. 107, p. 656–663, 2008.

RIISPOA. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal.

Estatuiu as normas que regulam, em todo o território nacional, a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. 1952. 154 p.

ROSA, F. C.; BRESSAN, M. C.; BERTECHINI, A. G.; FASSANI, E. J.; VIEIRA, J. O.; FARIA, P. B.; SAVIAN, T.V. Efeito de métodos de cocção sobre a composição química e colesterol em peito e coxa de frangos de corte. **Revista Ciência Agrotécnica**. v. 30, n. 4, p. 707-714, 2006.

SANTOS, M.; E. Utilização de Tilapia do Nilo (*Oreochromis Niloticus*) no Desenvolvimento De Linguíça Frescal: Agregação de Valor e Incentivo Ao Consumo Do Pescado. 51 f. 2019. **Monografia** (Trabalho de Conclusão do Curso Superior em Tecnologia de Alimentos), UFPB, João Pessoa.

SARTORI, A. G. O; AMANCIO, R. D. Pescado: importância nutricional e consumo no Brasil. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 19, n.2, p. 83-93, 2012.

SEABRA, L. M. J.; ZAPATA, J. F. F.; NOGUEIRA, C. M.; DANTAS, M. A.; ALMEIDA, R. B. Fécula de mandioca e farinha de aveia como substitutos De gordura na formulação de hambúrguer de carne ovina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 22, n. 3, p. 244-248, 2002.

SHEN, R.; LUO, S.; DONG, J. Application of oat dextrine for fat substitute in mayonnaise. **Food Chemistry**, v. 126, p. 65–71, 2011.

SIMÕES, M. R.; RIBEIRO, C. F. A.; RIBEIRO, S. C. A.; PARK, K. J.; MURR, F. E. X. Composição físicoquímica, microbiológica e rendimento do filé de Tilápia tailandesa (*Oreochromis niloticus*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 608-613, 2007.

SLEDER, F.; CARDOSO, D.A.; SAVAY-DA-SILVA, L.S.; ABREU, J.S.; OLIVEIRA, A.C.S.; ALMEIDA FILHO, E.S. Development and characterization of a tambaqui sausage. **Ciência e Agrotecnologia**, v.39, n.6, p.604-612, 2015.

SKORSKI, Z. E.; KOLAKOWSKA, A.; PAN, B. S. **Composicion nutritive de los principales grupos de animales marinos utilizados como alimento**. In: SIKORSKI,Z. E. Tecnologia de los productos del mar: recursos, composicion nutritiva y conservacion. Zaragoza: Acribia, 1994. p. 52-59.

SOARES, K.M.P; GONÇALVES, A.A. Qualidade e segurança do pescado. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n.1, p. 1-10, 2012.

TEIXEIRA, A. M. Influência do amido e do cloreto de sódio sobre a capacidade de retenção de água e características sensoriais de hambúrguer de peixe elaborado a partir de surimi de sardinha (*Sardinella brasiliensis*). 1999. 112 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências dos Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina., Florianópolis, Santa Catarina, 1999.

TENUTA FILHO, A.; JESUS, R.S. Aspectos da utilização de carne mecanicamente separada de pescado como matéria-prima industrial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 37, n.2, p.59-64, 2003.

TIMILSENA, Y. P. et al. Molecular and functional characteristics of purified gum from Australian chia seeds. **Carbohydrate Polymers**, v. 136, p. 128–136, 2016

TONDO, E. C.; BARTZ, S. **Microbiologia e sistemas de gestão da segurança de alimentos**. Porto Alegre: Sulina, 2011. 263 p.

VAZ, S. K. **ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE LINGÜIÇA FRESCA “TIPO TOSCANA” DE TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*)**. 2005. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/2169/Disserta%C3%A7ao%20simone%20vaz.pdf;jsessionid=CDA17D0D122AA4508756AEDC5DF7A44F?sequence=1> . Acesso em: 21/04/2021.

VÁZQUEZ-OVANDO, A. Physicochemical properties of a fibrous fraction from chia (*Salvia hispanica* L.). **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, p. 168–173, 2009.

VIEIRA, P.; H.; DE SÁ. Desenvolvimento e avaliação de embutido tipo linguiça frescal elaborada com filés de bagres marinhos da espécie *Sciades herzbergii* (Bloch, 1794). 42 f. 2017. **Dissertação** (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura). Departamento de Pesca e Aquicultura. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

CAPÍTULO 15: A SACARIFICAÇÃO ENZIMÁTICA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR AUMENTA APÓS PRÉ-TRATAMENTO COM DIFERENTES LACASES**CAPITULO 15: LA SACARIFICACIÓN ENZIMÁTICA DEL BAGAJO DE CAÑA DE AZÚCAR AUMENTA DESPUÉS DEL TRATAMIENTO PREVIO CON DIFERENTES LACASAS****CHAPTER 15: ENZYMATIC SACARIFICATION OF SUGARCANE BAGASSE INCREASES AFTER PRE-TREATMENT WITH DIFFERENT LACASES**

Kamila C. Spacki¹; Thaís Marques Uber²; Daniela L. Pasquarelli³; Emanueli Backes⁴; Rosane M. Peralta⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.213-226>

RESUMO

A agroindústria é fornecedora de biomassa lignocelulósica até agora não satisfatoriamente aproveitada, sendo responsável por grande parcela dos chamados rejeitos industriais. A elevada disponibilidade de fibras lignocelulósicas abre uma oportunidade para avanços tecnológicos que agreguem valor aos produtos. Por exemplo, a produção de álcool a partir dos resíduos lignocelulósicos tem sido considerada, em escala mundial, como uma forma viável de produção de um combustível que substituiria os combustíveis derivados de petróleo. Dentre as enzimas ligninolíticas (lacases, lignina peroxidase, peroxidase dependente de manganês e peroxidase versátil), as lacases parecem ser as enzimas mais aptas a serem utilizadas em larga escala na transformação das fibras lignocelulósicas graças à existência de um número considerável de microrganismos produtores, à facilidade de produção destas enzimas através de cultivos submersos e em estado sólido, à ampla especificidade de substrato das lacases e à sua capacidade de utilizar o oxigênio atmosférico como doador de elétrons. As lacases são enzimas capazes de oxidar diferentes aromáticos, fenólicos e não-fenólicos, e possuem diversas aplicações industriais e biotecnológicas. Neste trabalho, as lacases de *Ganoderma lucidum*, *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus pulmonarius* foram produzidas em cultivos em estado sólido utilizando uma mistura de farelo de trigo e bagaço de cana. Os extratos ricos em lacases foram utilizados no pré-tratamento do bagaço de cana na presença e ausência dos mediadores acetil-acetona, ácido violúrico e hidrobenzotriazol visando sua deslignificação e posterior sacarificação para a produção de açúcares fermentescíveis. A sacarificação foi realizada com as enzimas celulolíticas e xilanolíticas comerciais Cellic Ctec2 e Htec2 da Novozymes. As quantidades de açúcares redutores totais liberados na sacarificação do bagaço de cana pré-tratado com as lacases dos três fungos foram até 6 vezes superiores aos obtidos na sacarificação do bagaço de cana não submetido ao pré-tratamento. Dos 3 mediadores utilizados, o sistema lacase-ácido violúrico resultou na maior liberação de açúcares redutores na etapa de sacarificação. O sistema lacase de *P. ostreatus*-ácido violúrico 0,25 mM possibilitou a obtenção de 172 ± 5 μ moles/mL de açúcares redutores a partir do bagaço de cana. Este valor corresponde a um acréscimo de 10 vezes a quantidade de açúcares redutores obtidos a partir do bagaço de cana sem pré-tratamento. Em conclusão, os dados obtidos sugerem que após o pré-tratamento com as lacases, as frações hemicelulose e celulose das fibras de bagaço de cana ficaram mais expostas ao ataque das enzimas hidrolíticas resultando em aumento na liberação de açúcares fermentescíveis quando comparados com o bagaço de cana sem pré-tratamento. Os melhores resultados foram obtidos com a lacase de *P. ostreatus* em associação com o mediador ácido violúrico.

Palavras-chaves: Bagaço de cana, biomassa, fungos da podridão branca, pré-tratamento, sacarificação.

¹Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, Universidade Estadual de Maringá, kamilaspacki@outlook.com

²Programa de Pós-graduação em Bioquímica, Universidade Estadual de Maringá, thaisuber@gmail.com

³Bacharelado em Bioquímica, Universidade Estadual de Maringá, dani.pasquarelli@hotmail.com

⁴Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, Universidade Estadual de Maringá, emanuelibackes@outlook.com

⁵Doutora em Bioquímica, Universidade Estadual de Maringá, rmperalta@uem.br

RESUMEN

La agroindustria es un importante proveedor de biomasa lignocelulósica que hasta ahora no se utiliza satisfactoriamente, siendo responsable de una gran parte de los denominados residuos industriales. La alta disponibilidad de fibras lignocelulósicas abre una gran oportunidad para los avances tecnológicos que agregan valor a los productos agroindustriales. Por ejemplo, la producción de alcohol a partir de residuos lignocelulósicos se ha considerado, en todo el mundo, como una forma viable de producir un combustible que reemplazaría a los combustibles derivados del petróleo. Entre las enzimas ligninolíticas (lacasas, lignina peroxidasa, peroxidasa dependiente de manganeso y peroxidasa versátil), las lacasas parecen ser las enzimas más adecuadas para ser utilizadas a gran escala en la transformación de fibras lignocelulósicas gracias a la existencia de un número considerable de microorganismos productores, a la facilidad de producción de estas enzimas a través de cultivos sumergidos y en estado sólido, la amplia especificidad del sustrato de lacasa y su capacidad para utilizar oxígeno atmosférico como donante de electrones. Las lacasas son enzimas capaces de oxidar diferentes aromáticos fenólicos y no fenólicos y tienen varias aplicaciones industriales y biotecnológicas. En este trabajo, las lacasas de *Ganoderma lucidum*, *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius* fueron producidas en cultivos en estado sólido utilizando una mezcla de salvado de trigo y bagazo de caña de azúcar. Los extractos ricos en lacasa se utilizaron en el pretratamiento del bagazo de caña de azúcar en presencia y ausencia de los mediadores acetil-acetona, ácido violúrico e hidrobenzotriazol para su deslignificación y posterior sacarificación para la producción de azúcares fermentables. La sacarificación se realizó con las enzimas comerciales celulolíticas y xilanolíticas de Novozymes Cellic Ctec 2 y Htec 2. Las cantidades de azúcares reductores totales liberados en la sacarificación del bagazo de caña de azúcar pretratado con las lacasas de los tres hongos fueron hasta 6 veces superiores a las obtenidas en la sacarificación del bagazo de caña de azúcar no sometido a pretratamiento. De los 3 mediadores utilizados, el sistema lacasa-ácido violúrico resultó en la mayor liberación de azúcares reductores en la etapa de sacarificación. El sistema de lacasa de *P. ostreatus*-ácido violúrico 0,25 mM permitió obtener 172 ± 5 μ moles / mL de azúcares reductores a partir del bagazo de caña de azúcar. Este valor corresponde a un aumento de 10 veces la cantidad de azúcares reductores obtenidos del bagazo de caña de azúcar sin pretratamiento. En conclusión, los datos obtenidos sugieren que después del pretratamiento con lacasas, las fracciones de hemicelulosa y celulosa de las fibras de bagazo de caña de azúcar estuvieron más expuestas al ataque de enzimas hidrolíticas resultando en un aumento en la liberación de azúcares fermentables en comparación con el bagazo de caña de azúcar sin pretratamiento. Los mejores resultados se obtuvieron con la lacasa de *P. ostreatus* en asociación con el mediador ácido violúrico.

Palabras Clave: Bagazo de caña de azúcar, biomasa, hongos de pudrición blanca, pretratamiento, sacarificación.

ABSTRACT

Agroindustry is a major supplier of biomass so far not satisfactorily used, being responsible for a large portion of the so-called industrial waste. The high availability of lignocellulosic fibers opens up a great opportunity for technological advances that add value to the products of the agribusiness. For example, the production of alcohol from lignocellulosic residues has been considered, worldwide, as a viable way of producing a fuel that would replace petroleum-derived fuels. Among the ligninolytic enzymes (laccases, lignin peroxidase, manganese peroxidase and versatile peroxidase), laccases seem to be the most suitable enzymes to be used on large scale in the transformation of lignocellulosic fibers thanks to the existence of a considerable number of producing microorganisms, to the ease of production of these enzymes through submerged cultures and in solid state, the broad substrate specificities of the laccases and their ability to use atmospheric oxygen as an electron donor. Laccases are enzymes capable of oxidizing different phenolic and non-phenolic aromatics and have several industrial and biotechnological applications. In this work, the laccases of *Ganoderma lucidum*, *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus pulmonarius* were produced in solid state crops using a mixture of wheat bran and sugarcane bagasse. Laccase-rich extracts were used in the pre-treatment of sugarcane bagasse in the presence and absence of acetyl-acetone, violuric acid and hydrobenzotriazole mediators in order to delignify it, thus opening the way for saccharification. Saccharification was performed with commercial cellulolytic and xylanolytic commercial enzymes Cellic Ctec2 and Htec2 from Novozymes. The amounts of total reducing sugars released in saccharification of sugarcane bagasse pretreated with the laccases of the three fungi were up to 6 times higher than those obtained in saccharification of sugarcane bagasse

not subjected to pretreatment. Among the 3 mediators used, the laccase-violuric acid system resulted in the highest release of reducing sugars in the saccharification stage. The laccase system of *P. ostreatus*-0.25 mM violuric acid made it possible to obtain 172 ± 5 $\mu\text{moles} / \text{mL}$ of reducing sugars from sugarcane bagasse. This value corresponds to an increase of 10 times the amount of reducing sugars obtained from sugarcane bagasse without pre-treatment. In conclusion, the data obtained suggest that after pretreatment with laccases, the hemicellulose and cellulose fractions of the sugarcane bagasse fibers were more exposed to attack by hydrolytic enzymes resulting in an increase in the release of fermentable sugars when compared to the sugarcane bagasse without pre-treatment. The best results were obtained with the laccase of *P. ostreatus* in association with the mediator violuric acid.

Keywords: Sugarcane bagasse, biomass, white rot fungi, pre-treatment, saccharification.

INTRODUÇÃO

Lacases (EC.1.10.3.2) são cobre oxidases que catalisam a oxidação de fenólicos, aminas aromáticas com concomitante redução do O_2 a água. Estas enzimas são amplamente distribuídas na natureza e são encontradas em fungos, bactérias, plantas e insetos. As lacases tem várias funções biológicas, incluindo degradação de polímeros complexos como a lignina e ácido húmico, lignificação (principalmente as de plantas), detoxificação, patogenicidade, morfogênese, esporulação, polimerização de melanina, entre outras (COUTO & HERRERA, 2006).

As lacases mais estudadas são as dos fungos basidiomicetos envolvidos na podridão branca da madeira. Nestes fungos, as lacases, em associação com as peroxidases dependente de manganês (Mn peroxidases) e as peroxidases capazes de oxidar o modelo de lignina veratril álcool (lignina peroxidase), estão envolvidas na degradação da lignina, um polímero fenólico altamente recalcitrante (PERALTA et al., 2017). Lacases fúngicas são glicoproteínas extracelulares, com massas moleculares entre 60 e 80 kDa e pI entre 3–6. Geralmente ocorrem como isoenzimas, com estruturas monoméricas, diméricas ou poliméricas todas mostrando uma arquitetura tipo beta-barril (KUNAMNENI et al., 2008, PERALTA et al., 2017).

As lacases são enzimas com especificidade ampla em relação ao substrato, podendo oxidar diversos compostos fenólicos e não fenólicos. Apesar dos substratos fenólicos serem mais facilmente oxidados, a ação oxidativa da enzima pode ser estendida a substratos não fenólicos pela inclusão de mediadores. Mediadores são compostos orgânicos de baixa massa molecular que primeiro são oxidados pela lacase e depois oxidam os compostos não fenólicos que a lacase sozinha não é capaz de oxidar (PERALTA et al., 2017). Mediadores naturais, como diferentes fenólicos encontrados em plantas e mediadores sintéticos como acetilacetona, ácido violúrico e hidroxibenzotriazol tem sido descritos como potencializadores da ação oxidativa da lacase sobre diversas moléculas (RENCORET et al., 2016).

Por conta da capacidade das lacases oxidar diversos compostos fenólicos e não fenólicos, estas enzimas são de grande interesse na área da bioenergia. Elas podem ser utilizadas para degradar o componente lignina, um polímero fenólico recalcitrante, das fibras lignocelulósicas de diversos resíduos agro-industriais como bagaço de cana, sabugo e casca de milho e casca de arroz, por exemplo. Dessa forma, as frações polissacarídicas (celulose e hemicelulose) ficam mais acessíveis à hidrólise enzimática por celulasas e hemicelulasas (sacarificação) aumentando a formação de monossacarídeos fermentescíveis (CASTOLDI et al., 2014, 2017). Tais monossacarídeos podem ser posteriormente fermentados por leveduras e outros microrganismos gerando combustíveis renováveis como etanol, butanol, entre outros (ISIKGOR & BECER, 2015). A redução do teor em lignina necessária para uma posterior sacarificação eficiente recebe o nome de pré-tratamento (Fig. 1). O pré-tratamento pode ser realizado por métodos físicos, químicos e biológicos (HEAP et al., 2014, RABEMANOLONTSOA & SAKA, 2016). Métodos biológicos são amigáveis ao ambiente, pois não geram poluição mas, até o momento, ainda não são competitivos quando comparados aos métodos físicos e químicos (SINDHU et al., 2016). Os métodos biológicos, entretanto, tem um grande diferencial sobre os métodos físicos e químicos: eles não geram produtos tóxicos ou inibidores à etapa posterior de fermentação (ABO et al., 2019, JÖNSSON & MARTIN, 2016, KARIMI & TAHERZADEH, 2016, MAURYA et al., 2015).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do pré-tratamento com lacases provenientes de três basidiomicetos ligninolíticos *Ganoderma lucidum*, *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus pulmonarius* na presença ou não dos mediadores sintéticos acetil-acetona, ácido violúrico e hidroxibenzotriazol na posterior sacarificação enzimática utilizando celulasas e hemicelulasas comerciais.

Figura 01. O pré-tratamento da biomassa lignocelulósica é necessário para a desconstrução da fibra lignocelulósica e facilitação da etapa posterior de sacarificação

Fonte: CASTOLDI et al., 2017 com modificações

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A biomassa vegetal num contexto biotecnológico pode ser definida como sendo toda a matéria orgânica produzida pela fotossíntese. A biomassa pode ser utilizada como fonte de alimento, combustível, fibras, materiais de construção, entre várias outras aplicações. Quimicamente, a biomassa consiste de diferentes carboidratos especialmente celulose, hemicelulose (termo que engloba diversos polissacarídeos incluindo xilanas, mananas, glicanas, etc), outros polissacarídeos (principalmente amido e pectina), e a lignina, uma complexa estrutura polifenólica recalcitrante. A agroindústria é grande fornecedora de biomassa até agora não satisfatoriamente aproveitada, sendo responsável por grande parcela dos chamados rejeitos industriais. A elevada disponibilidade de fibras lignocelulósicas abre uma grande oportunidade para avanços tecnológicos que agreguem valor aos produtos da agroindústria. Por exemplo, a produção de álcool a partir dos resíduos lignocelulósicos tem sido considerada, em escala mundial, como uma forma viável de produção de um combustível que substituiria os combustíveis derivados de petróleo (ABO et al., 2019). A biomassa lignocelulósica é uma fonte potencial de carboidratos poliméricos para fermentação, mas a conversão destes polímeros em açúcares simples fermentáveis é altamente problemática devido à recalcitrância da lignina.

A lignina é o segundo polímero orgânico mais abundante na terra. Ela compreende 20-35% do peso seco de parede celular de plantas, dependendo da fonte de biomassa. É uma macromolécula que contém grupos funcionais, tais como metoxilo, hidroxila fenólica, hidroxila

alcoólica e grupos carbonila que possuem um impacto profundo em sua reatividade. A lignina é composta por unidades fenilpropanóides, conhecidas como monolignols ou precursores da lignina, que estão ligados entre si através de ligações carbono-carbono e carbono-oxigênio com um grau variável de metoxilação. A lignina é de difícil degradação porque é um polímero tri-dimensional interconectado através de diversas ligações carbono-carbono e outras ligações que não são hidrolisáveis em condições biológicas (Fig. 1). Além disto, a presença da lignina associada aos carboidratos nas fibras lignocelulósicas dificulta a degradação enzimática ou química da celulose (ABO et al., 2019; BEIG et al., 2021).

A remoção da lignina tem sido considerada um pré-requisito para uma utilização eficiente dos carboidratos dos materiais lignocelulósicos. São considerados como pré-tratamentos da biomassa lignocelulósica os métodos físicos e químicos (JĘDRZEJCZYK et al., 2019) e biológicos (SING, 2021) que priorizam a remoção da lignina (deslignificação) sem, entretanto, causar quebras nos carboidratos estruturais. Pré-tratamentos físico-químicos tais como tratamentos ácidos, tratamentos alcalinos e a explosão a vapor são bastante conhecidos por melhorar a conversão da biomassa celulósica em açúcares monoméricos. Entretanto, estes tratamentos requerem grande quantidade de energia e frequentemente geram produtos tóxicos, o que os tornam ambientalmente indesejáveis. A explosão a vapor degrada parcialmente e solubiliza lignina e hemicelulose, devido às condições elevadas de pressão e temperatura utilizadas no processo. O líquido efluente ou pré-hidrolisado, com hemiceluloses parcialmente degradadas, é separado da biomassa pré-tratada, e, em seguida, a celulose é enzimaticamente hidrolisada em glucose a ser fermentado por *Saccharomyces cerevisiae* em etanol. A fim de ter um custo competitivo com etanol derivado de grãos, a presença de açúcares glicose e não glicose na matéria-prima deve ser considerada para se obter um processo de fermentação mais eficiente, bem como o uso integrado da lignina para fornecer calor e eletricidade para o processo ou para obter valiosos co-produtos. Em geral, a adição de um catalisador ácido, tal como H_2SO_4 ou SO_2 , é um pré-requisito para aumentar a recuperação de açúcares hemicelulose na fase líquida (pré-hidrolisado), e a hidrólise enzimática das frações sólidas, onde a celulose é o principal polissacarídeo. No entanto, este processo também afeta a fração não-açúcar formando compostos que contaminam o pré-hidrolisado e pode também ser incorporado na biomassa, produzindo efeitos adversos sobre os processos a jusante. Os compostos inibidores derivados do pré-tratamento de vapor de explosão são classificados de acordo com sua composição química estrutura e incluem ácidos fracos, derivados de furano, e fenólicos compostos inorgânicos. Vários procedimentos para a remoção destes compostos têm sido avaliados, incluindo as lacases, que tem sido aplicadas na remoção dos compostos fenólicos quando se

utilizou a explosão a vapor como pré-tratamento da madeira e do bagaço de cana (QIU & CHEN, 2012).

Dentre as enzimas ligninolíticas (lacases, lignina peroxidase, peroxidase dependente de manganês e peroxidase versátil), as lacases parecem ser as enzimas mais aptas a serem utilizadas em larga escala para a deslignificação das biomassas lignocelulósicas. As principais razões para esta escolha são: 1). a existência de um número considerável de microrganismos produtores; 2). a facilidade de produção destas enzimas através de cultivos submersos e em estado sólido; 3). a ampla especificidade ao substrato das lacases e 4). as lacases utilizam o oxigênio atmosférico como doador de elétrons.

A capacidade aumentada das lacases na degradação da lignina em associação com moléculas mediadoras é atualmente visto como grande potencializador da ação das lacases. A ação direta de lacases na lignina é, em princípio, limitada às unidades fenólicas que representam apenas uma pequena porcentagem do total do polímero, o que limita a sua aplicação biotecnológica. No entanto, a descoberta de que alguns compostos sintéticos, chamados mediadores, podem atuar como transportadores de elétrons entre a enzima e o substrato final (CHRISTOPHER et al., 2014). Estudos já confirmaram o potencial dos sistemas lacase-mediador e suas várias aplicações na síntese orgânica (KUNAMNENI et al., 2008), na modificação de polímeros (PRASETYO et al., 2010), na indústria florestal (WIDSTEN & KANDELBAUER, 2008) e na produção de bioetanol a partir de resíduos pré-tratados (RENCORET et al., 2016). Um mediador é um composto químico continuamente oxidado pela enzima de lacase e, subsequentemente, reduzida pelo substrato.

Figura 02. Representação esquemática da oxidação do substrato via lacase-mediador

Fonte: Peralta et al., 2017 com modificações

Devido ao seu tamanho, o mediador não age como substrato pois não pode entrar no sítio ativo da enzima. O mediador apenas atua como um transportador de elétrons entre a enzima e o substrato ultrapassando assim as barreiras que existem entre eles. A reatividade da lacase diminui com o aumento do tamanho do substrato e essa limitação de acessibilidade ao substrato é superada através do uso de mediadores adequados de lacase. No passo inicial da reação, o

mediador é oxidado para intermediários estáveis com elevado potencial redox. Depois, na sequência da cinética da reação de difusão controlada, o mediador oxidado difunde para longe da enzima, e devido ao seu pequeno tamanho é capaz de penetrar nos poros da planta paredes das células para atingir o substrato alvo. Como resultado, o substrato (lignina, compostos aromáticos, etc.) é oxidado pelos intermediários que não podem ser oxidados diretamente pela lacase, enquanto o mediador oxidado é reduzido à sua forma inicial.

METODOLOGIA

A pesquisa realizada foi de natureza quantitativa experimental. Substratos enzimáticos e mediadores utilizados neste trabalho foram adquiridos da Sigma-Aldrich Brasil. Todos os demais reagentes utilizados foram de grau analítico. *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus pulmonarius* foram gentilmente cedido pelo Instituto de Botânica de São Paulo. *Ganoderma lucidum* foi isolado e identificado pelo Laboratório de Bioquímica de Microrganismos e de Alimentos-UEM. Todos os fungos foram mantidos em laboratório através de repiques sucessivos em ágar-batata-dextrose. O bagaço de cana utilizado neste trabalho foi obtido do resíduo final do processo de extração de sacarose e foi gentilmente cedido pela Usina Santa Terezinha, Iguatemi, PR. As enzimas comerciais celulolíticas e xilanolíticas Cellic Ctec2 e Htec2 foram gentilmente cedidas pela Novozymes.

Os fungos foram cultivados em estado sólido utilizando uma mistura de bagaço de cana e farelo de trigo como substratos a uma umidade inicial de 80%. Após 5-6 dias, os cultivos foram interrompidos adicionando-se 20 mL de água destilada a cada frasco. Os frascos foram agitados a 100 rpm por 30 min. As misturas foram filtradas em gaze e posteriormente submetidas à centrifugação (8000 rpm por 10 minutos). Os sobrenadantes foram considerados como sendo os extratos enzimáticos brutos. Os extratos enzimáticos brutos foram avaliados quanto a atividade de celulase e xilanase, utilizando o método do ácido 3,5 dinitrosalicílico (MILLER, 1959) e as enzimas ligninolíticas lacase, peroxidase dependente de manganês (Mn peroxidase) e lignina peroxidase conforme previamente descrito (MOTA et al., 2015).

Para o pré-tratamento com as lacases, utilizou-se bagaço de cana seco a 40 °C até atingir peso constante, triturado e peneirado (50 mesh). Experimentos para avaliar o efeito dos extratos enzimáticos ricos em lacase sobre o bagaço-de-cana foram conduzidos em frascos Erlenmeyer de 250 mL, contendo 5 g do bagaço-de-cana. Em um volume de 100 mL de tampão citrato 50 mM, pH 5,0, adicionou-se extrato para obtenção de atividade lacase de 2 U/g de bagaço de

cana. Quatro ciclos de pré-tratamento foram realizados. Após cada ciclo de pré-tratamento (24 h de agitação, 120 rpm e 28 °C), as biomassas foram filtradas com auxílio de bomba a vácuo e a parte insolúvel foi lavada em água destilada. Ao final do último ciclo de pré-tratamento, as biomassas foram secas em estufa a 40 °C até atingir peso constante. Como controles negativos foram usados extratos brutos previamente fervidos a 100 °C durante 3 minutos. Cada pré tratamento foi realizado em quadruplicata. Para os controles, o pré-tratamento foi conduzido utilizando-se extratos enzimáticos desnaturados por fervura.

Para os pré-tratamentos com os sistemas lacase-mediador, utilizou-se o mesmo protocolo descrito acima, adicionando-se uma de três opções de mediadores acetil-acetona, ácido violúrico e HBT (hidroxibenzotriazol) em concentrações variando de 0,25 a 1 mM (concentração final)

Para a sacarificação, 0,5 g de bagaço de cana pré-tratado com lacases e bagaço de cana não tratado foram colocados em frasco Erlenmeyer de 125 mL e um volume de 9 mL de tampão citrato de sódio 50 mM pH 5,0 e 1 mL de extrato das enzimas comerciais Novozymes Cellic Ctec 2 e Htec 2, gentilmente doadas pela empresa Novozymes, na proporção de 9:1 (v/v). As misturas foram mantidas sob agitação de 120 rpm a 42 °C durante 48 horas. Ao final, avaliou-se os açúcares redutores presentes nas amostras pelo método do ácido 3,5 dinitrosalicílico (MILLER, 1959) e glicose pelo método da glicose oxidase-peroxidase utilizando kit comercial. Bagaço de cana pré-tratado com extrato enzimático desnaturado foi submetido à sacarificação utilizando a mesma metodologia.

As análises foram realizadas em quadruplicata para cada amostra. Os resultados foram expressos como as médias $\pm$ desvio padrão. A análise estatística foi realizada por análise da variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey utilizando-se o software Graphpad Prism. VERSÃO 8.0. O mesmo programa foi utilizado para a construção das figuras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Completa colonização dos substratos foi obtida nas culturas de *G. lucidum*, *P. ostreatus* e *P. pulmonarius* após 5 a 6 dias. Todos os extratos enzimáticos foram avaliados quanto à atividade das enzimas celulase (como carboximetilcelulase, CMCase), xilanase, lacase, lignina peroxidase e peroxidase dependente de manganês (Mn peroxidase). Todos os extratos enzimáticos apresentaram baixas atividades de CMCase (menores de 0,10 U/mL) e xilanase (menores de 0,40 U/mL). Em relação às enzimas ligninolíticas, nas condições de cultivo utilizadas neste trabalho não foram detectadas as enzimas lignina peroxidase e Mn peroxidase.

Atividades de lacase variaram entre 15 U/mL e 20 U/mL. Para os pré-tratamentos do bagaço de cana, utilizou-se quantidades equivalentes de lacase.

As quantidades de açúcares redutores totais liberados na sacarificação do bagaço de cana pré-tratado com as lacases foram até 6 vezes superiores aos obtidos na sacarificação do bagaço de cana não submetido ao pré-tratamento. Os pré-tratamentos do bagaço de cana com as lacases dos três fungos mostrou significância estatística ($p \leq 0,05$, ANOVA) em relação à liberação de açúcares redutores na etapa de sacarificação quando comparados com os valores obtidos a partir do bagaço de cana não pré-tratado (Fig. 3).

Figura 03. Avaliação da produção de açúcares redutores totais na sacarificação do bagaço de cana com as enzimas Ctec2+Htec2. O bagaço de cana foi pré-tratado com diferentes lacases conforme indicado

Fonte: Própria, 2021

Estudos prévios têm associado o uso de lacases no processo de deslignificação. Exemplos são os experimentos onde a lacase de *Pleurotus ostreatus* foi utilizada com sucesso no pré-tratamento de bagaço de maçã, cascas de batata e casca de café (GIACOBBE et al., 2018) e a lacase de *Trametes versicolor* utilizada com sucesso no pré-tratamento de palha de trigo (DENG et al., 2019).

Para avaliar se a adição de um mediador ao sistema de pré-tratamento seria mais eficiente que os realizados somente com lacase, três mediadores foram testados em concentrações variando as concentrações de 0,25 mM a 1,0 mM. Na Fig. 4 apresentamos

apresentamos os melhores resultados obtidos. Dos 3 mediadores, o sistema lacase-ácido violúrico resultou na maior liberação de açúcares redutores na etapa de sacarificação. O sistema lacase de *P. ostreatus*-ácido violúrico 0,25 mM possibilitou a obtenção de 172 ± 5 $\mu\text{moles/mL}$ de açúcares redutores a partir do bagaço de cana. Este valor corresponde a um acréscimo de 10 vezes a quantidade de açúcares redutores obtidos a partir do bagaço de cana sem pré-tratamento.

Figura 04. Avaliação da produção de açúcares redutores totais na sacarificação do bagaço de cana com as enzimas Ctec2+Htec2. O bagaço de cana foi pré-tratado com diferentes sistemas lacase-mediador conforme indicado

Fonte: Própria, 2021

Os resultados corroboram os pré-tratamentos com diferentes sistemas lacase-mediador em diferentes resíduos lignocelulósicos (RENCORET et al., 2016; HEAP et al., 2014; MAURYA et al., 2015; BEZERRA et al., 2016) e abrem oportunidades futuras de otimização do processo para ampliar a produção de açúcares fermentáveis a partir do bagaço de cana

CONCLUSÕES

Os dados obtidos sugerem que o pré-tratamento com as lacases dos fungos ligninolíticos *G. lucidum*, *P. ostreatus* e *P. pulmonarius* com e sem a presença de mediadores ácido violúrico, acetil-acetona e HBT causou uma deslignificação da fibra lignocelulósica tornando as frações hemicelulose e celulose das fibras de bagaço de cana mais expostas ao ataque das enzimas hidrolíticas Ctec2+Htec2, resultando em aumento da produção de açúcares fermentescíveis. Os melhores resultados foram obtidos utilizando o sistema lacase

de *P. ostreatus*-ácido violúrico. Os desafios estão associados à obtenção de grandes quantidades de enzima e à obtenção de uma formulação estável da enzima para ampliação de escala do pré-tratamento.

REFERÊNCIAS

ABO, B.O.; GAO, M.; WANG, Y.; WU, C.; MA, H.; WANG, Q. 2019. Lignocellulosic biomass for bioethanol: an overview on pretreatment, hydrolysis and fermentation processes. **Reviews on Environmental Health**, v. 34, p. 57-68, 2019

BEIG, B.; RIAZ, M.; RAZA, S.; HASSAN, N.M.; ZHENG, Z.; KARIMI, K.; PUGAZHENDHI, A.; ATAB, A.E.; CHI, N.T.L. Current challenges and innovative developments in pretreatment of lignocellulosic residues for biofuel production: A review. **Fuel**, v. 287, artigo 119670, 2021

BEZERRA, T.L.; RAGAUSKAS, A.J. A review of sugarcane bagasse for second-generation bioethanol and biopower production. **Biofuel, Products and Biorefining**, v. 10, p. 634-647, 2016

CASTOLDI, R.; BRACHT, A.; MORAIS, G.R.; BAESSO, M.L.; CORREA, R.C.G.; PERALTA, R.A.; MOREIRA, R.F.P.M.; POLIZELI, M.L.T.M.; SOUZA, C.G.M.; PERALTA, R.M. Biological pretreatment of *Eucalyptus grandis* sawdust with white-rot fungi: Study of degradation patterns and saccharification kinetics. **Chemical Engineering Journal**, v. 258, p. 240-246, 2014

CASTOLDI, R.; CORREA, V.G.; MORAIS, G.R.; SOUZA, C.G.M.; BRACHT, A.; PERALTA, R.A.; PERALTA-MUNIZ-MOREIRA, R.F.; PERALTA, R.M. 2017. Liquid nitrogen pretreatment of eucalyptus sawdust and rice hull for enhanced enzymatic saccharification. **Bioresource Technology**, v. 224, p. 648-655, 2017

COUTO, S.R. HERRERA, J.L.T. 2006. Industrial and biotechnological applications of laccases: A review. **Biotechnology Advances**, v. 24, p. 500-513, 2006

CHRISTOPHER, L. P.; YAO, B.; & JI, Y. Lignin biodegradation with laccase-mediator systems. **Frontiers in Energy Research**, v. 2, artigo 12, 2014.

DENG, Z., XIA, A., LIAO, Q., ZHU, X., HUANG, Y., FU, Q. Laccase pretreatment of wheat straw: effects of the physicochemical characteristics and the kinetics of enzymatic hydrolysis. **Biotechnology for Biofuels**, 12, artigo 159, 2019

GIACOBBE, S.; PEZZELLA, C.; LETTERA, V.; SANNIA, G.; PISCITELLI, A. Laccase pretreatment for agrofood wastes valorization. **Bioresource Technology**, v. 265, p. 59-65, 2018

HEAP, L.; GREEN, A.; BROWN, D.; VON DONGEN, B.; TURNER, N. Role of laccase as an enzymatic pretreatment method to improve lignocellulosic saccharification. **Catalysis, Science & Technology**, v. 4, p. 2251-2259, 2014

ISIKGOR, F.; BECER, C.R. Lignocellulosic biomass: a sustainable platform for the production of bio-based chemicals and polymers. **Polymers Chemistry**, v. 6, p. 4497-4559, 2015

JEDRZEICZYK, M.; SOSZKA, E.; CZAPNIK, M.; RUPPERT, A.M.; GRAMS, J. Physical and chemical pretreatment of lignocellulosic biomass. Second and Third Generation of Feedstocks. **The Evolution of Biofuels**, v. p. 143-196, 2019

JÖNSSON, L.J.; MARTIN, C. Pre-treatment of lignocellulose: formation of inhibitory by products and strategies for minimizing their effects. **Bioresource Technology**, v. 199, p. 103-112, 2016

KARIMI, K.; TAHERZADEH, M.J. A critical review of analytical methods in pretreatment of lignocelluloses: composition, imaging, and crystallinity. **Bioresource Technology**, v. 200, p. 1008-1018, 2016

KUNAMNENI, A.; PLOU, F.J.; BALLESTEROS, A.; ALCALDE, M. 2008. Laccases and their applications: a patent review. **Recent Patents in Biotechnology**, v. 2, p. 10-24, 2008

MAURYA, D.P.; SINGLA, A.; NEGI, S. An overview of key pretreatment processes for biological conversion of lignocellulosic biomass to bioethanol. **Biotech**, v. 5, p. 597-609, 2015

MILLER, G.L. Dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, v. 31, p. 426-428, 1959

MOTA, T.R.; KATO, C.G.K.; PERALTA, R.A.; BRACHT, A.; MORAIS, G.R.; BAESSO, M.L.; SOUZA, C.G.M.; PERALTA, R.M. Decolourization of congo red by *Ganoderma lucidum* laccase: evaluation of degradation products and toxicity. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 226, p. 351-362, 2015

PERALTA, R.M., SILVA, B.P., CORREA, R.C.G., KATO, C.G., SIEXAS, F.A.V., BRACHT, A. 2017. Enzymes from basidiomycetes: peculiar and efficient tools for biotechnology. In: **Biotechnology of Microbial Enzymes**. Ed. G. BRAMACHARI, A.L. DEMAIN & J.L. ADRIO. Elsevier, pp 119-150.

PRASETYO, E.N.; KUDANGA, T.; OSTERGAARD, L.; RENCORET, J.; GUTIERREZ, A.; DEL RIO, J.C.; SANTOS, J.I.; NIETO, L.; JIMÉNEZ-BARBERO, J.; MARTINEZ, A.T.; LI, J.; GELLERSTEDT, G.; LEPIFRE, S.; SILVA, C.; KIM, S.Y.; CAVACO-PAULO, A.; KLAUSEN, B.S.; LUTNAES, B.F.; NYANHONGO, G.S.; GUEBITZ, G.M. Polymerization of lignosulfonates by the laccase-HBT (1-hydroxybenzotriazole) system improves dispersibility. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 5054-5062, 2010

QIU, W.; CHEN, H. Enhanced the enzymatic hydrolysis efficiency of wheat straw after combined steam explosion and laccase pretreatment. **Bioresource Technology**, v. 118, p. 8-12, 2012

RABEMANOLONTSOA, H.; SAKA, S. Various pretreatments of lignocellulosics. **Bioresource Technology**, v. 199, p. 83-91, 2016

RENCORET, J.; PEREIRA, A.; DEL RÍO, J.C.; MARTINEZ, A.T.; GUTIÉRREZ, A. Laccase-mediator pretreatment of wheat straw degrades lignin and improves saccharification. **Bioenergy Research**, v. 9, 917, 2016

SINDHU, R.; BINOD, P.; PANDEY, A. Biological pretreatment of lignocellulosic biomass – an overview. **Bioresource Technology**, v. 199, p. 76-82, 2016

226

SING, S. K. Biological treatment of plant biomass and factors affecting bioactivity. **Journal of Cleaner Production**, v. 279, artigo 123546, 2021.

WIDSTEN, P.; KANDELBAUER, A. Laccase applications in the forest products industry: A review. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 42, p. 293-307, 2008.

CAPÍTULO 16: VALORIZAÇÃO DOS SUBPRODUTOS DE PEIXES, CRUSTÁCEOS E MOLUSCOS: UMA BREVE REVISÃO

CAPITULO 16: VALORACIÓN DE LOS PECES, CRUSTÁCEOS Y MOLUSCOS SUBPRODUCTOS: UNA REVISIÓN BREVE

CHAPTER 16: VALUATION OF FISH, CRUSTACEANS AND MOLLUSCS BY-PRODUCTS: A BRIEF REVIEW

Vagne Melo Oliveira¹; Gil Braz de Oliveira²; Klarissa Albuquerque Larocerie da Silva³; Maria Fernanda da Silva Morais⁴; Ana Lúcia Figueiredo Porto⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.227-242>

RESUMO

O aumento da produção de pescado tem levado ao aumento concomitante dos resíduos, uma vez que apenas parte do pescado é de fato aproveitado para comercialização. Quase 2/3 do pescado são descartados, acarretando danos ambientais. Tendo em vista a potencialidade desses resíduos, este trabalho objetivou realizar uma mini-revisão sobre os subprodutos de peixes, crustáceos e frutos do mar, enfatizando suas potencialidades biotecnológicas. Para tanto, foram utilizadas as bases de dado ScienceDirect, Scielo, Elsevier, Google Scholar, Springer e PubMed, utilizando como descritores os termos: “pescado”, “frutos do mar”, “subprodutos pesqueiros”, “resíduos da pesca e aquicultura”, sem que haver nenhum tipo de restrição temporal. De acordo com as informações catalogadas, foi possível constatar que os subprodutos do pescado são considerados excelentes matéria-prima para uso industrial. Dos peixes, é possível obter uma gama de compostos com propriedades físico-químicas já estabelecidas e de interesse comercial, como colágeno, gelatina e hidrolisado proteico. Dos subprodutos de crustáceos, é possível obter quitina e seus derivados (quitosana e quitoooligossacarídeos), carotenóides e lipídios de alto valor, como ácidos graxos ômega-3, para uso nas indústrias farmacêutica, cosmética, alimentícia e biomateriais. Assim, esses materiais são fontes em potencial para investigação dadas a abundância e diversidade de espécies de peixes e crustáceos, e de suas possíveis futuras aplicações biotecnológicas.

Palavras-Chave: Peixes, Crustáceos, Moluscos, Subprodutos.

RESUMEN

El aumento de la producción de pescado ha provocado un aumento concomitante de los desechos, ya que solo una parte del pescado se utiliza realmente para la comercialización. Casi 2/3 de los peces se descartan, lo que provoca daños medioambientales. En vista del potencial de estos residuos, este estudio tuvo como objetivo realizar una mini revisión de los subproductos de pescado, crustáceos y mariscos, enfatizando su potencial biotecnológico. Para ello se utilizaron las bases de datos ScienceDirect, Scielo, Elsevier, Google Scholar, Springer y PubMed, utilizando como términos los términos: “pescado”, “mariscos”, “subproductos pesqueros”, “residuos pesqueros y acuícolas”, sin ningún tipo de restricción de tiempo. Según la información catalogada, se encontró que los subproductos del pescado se consideran excelentes materias primas para uso industrial. A partir del pescado es posible obtener una gama de compuestos con propiedades fisicoquímicas ya establecidas y de interés comercial, como el colágeno, la gelatina y el hidrolizado de proteínas. A partir de subproductos de crustáceos, es posible obtener quitina y sus derivados (quitosano y quitoooligosacáridos), carotenoides y lípidos de alto valor, como los ácidos grasos omega-3, para su uso en las industrias farmacéutica, cosmética, alimentaria y biomateriales. Así, estos materiales son fuentes potenciales de investigación dada la abundancia y diversidad de especies de peces y crustáceos, y sus posibles aplicaciones biotecnológicas futuras.

Palabras Clave: Pescado, Crustáceos, Moluscos, Subproductos.

¹ Doutor, Universidade Federal Rural de Pernambuco, vagne_melo@hotmail.com

² Curso de Engenharia de Pesca, Universidade Federal Rural de Pernambuco, gilbrazoliveira@gmail.com

³ Curso de Engenharia de Pesca, Universidade Federal Rural de Pernambuco, klaralarocerie@gmail.com

⁴ Curso de Engenharia de Pesca, Universidade Federal Rural de Pernambuco, mariafernanda.mf432@gmail.com

⁵ Doutora, Universidade Federal Rural de Pernambuco, analuporto@yahoo.com.br

ABSTRACT

The increase in fish production has led to an increase in contaminant residues, as only part of the fish is in fact used for commercialization. Almost 2/3 of the fish are discarded, leading to environmental damage. In view of the potential in these residues, this work aimed to perform a mini-review about fish, crustaceans and seafood byproducts, highlighting their biotechnological potential. For such, the databases used were ScienceDirect, Scielo, Elsevier, Google Scholar, Springer e PubMed, using the following terms as descriptors: “fish”, “seafood”, “fishery byproducts”, “fishing and aquiculture residues”, without any date restriction. According to the cataloged information, it was possible to verify that fish byproducts are considered excellent source-material for industrial use. From fish, it is possible to obtain a number of compounds with stablished and interesting physio-chemical properties for commercial use, such as collagen, gelatin, and protein hydrolysates. From crustacean byproducts, it is possible to obtain chitin and its derivates (chitosan and chitooligosaccharides), carotenoids and high-value lipids, such as omega-3 fatty acids, for use in the pharmaceutical, cosmetic, food and biomaterials industries. Thus, these materials are potential sources for research given the abundance and diversity of species of fish and crustaceans, and their possible future biotechnological applications.

Keywords: Fish, Crustaceans, Molluscs, Byproducts.

INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), a produção global de pescado atingiu cerca de 179 milhões de toneladas em 2018. Do total, 156 milhões de toneladas foi destinado ao consumo humano, equivalendo ao abastecimento anual estimado de 20,5 kg *per capita*. As 22 milhões de toneladas restantes foram destinadas a usos não alimentares, principalmente para a produção de farinha e óleo de peixe. A aquicultura foi responsável por 46% da produção total e 52% do pescado para consumo humano. O consumo global de alimentos a base de pescado aumentou a uma taxa média anual de 3,1% de 1961 a 2017, uma taxa quase duas vezes maior do que o crescimento anual da população mundial (1,6%) no mesmo período, e maior do que a de todos os outros alimentos de proteína animal (carne, laticínios, leite, etc.), que aumentaram 2,1%/ano. O consumo *per capita* de peixes alimentares cresceu de 9,0 kg (equivalente em peso vivo) em 1961 para 20,5 kg em 2018, aproximadamente 1,5%/ano (FAO, 2020).

O aumento do consumo de pescado pela população tem sido acompanhado da geração de resíduos de peixes foi produzido de modo global, ocasionando quase sempre problemas ambientais, tornando-se cada vez mais uma questão em evidência (COPPOLA *et al.*, 2021). Por resíduos, entendem-se as partes não aproveitadas e/ou comercialmente subutilizadas, incluindo neste conceito: carcaça, cabeça, pele, escamas e vísceras internas de peixes, conchas de crustáceos (HAMED; ÖZOGUL; REGENSTEIN, 2016; CARUSO, 2017). Segundo dados da FAO, em 2018, os moluscos com conchas (17,3 milhões de toneladas) representaram 56,3 por cento da produção da aquicultura marinha e costeira, enquanto os crustáceos foram de 5,7 milhões de toneladas.

Subprodutos agroindustriais podem ser aplicados na própria cadeia de beneficiamento do pescado. Uma ampla gama de subprodutos de processos vegetais, animais e industriais têm sido estudados e possuem composição de nutrientes que podem ser explorados como ingredientes dietéticos (FALAYE, 1993). Parte dos subprodutos subutilizados é gerado nas indústrias de processamento de frutos do mar, podendo ser utilizados biotecnologicamente devido sua potencialidade em fornecer inúmeros compostos bioativos de uso alimentício, biomédico, nutracêutico e/ou terapêutico (SENEVIRATHNE; KIM, 2012). Assim, este trabalho objetivou realizar uma mini-revisão sobre os subprodutos de peixes, crustáceos e frutos do mar, enfatizando suas potencialidades biotecnológicas.

REFERENCIAL TEÓRICO

A produção na indústria de aquicultura está numa tendência de crescimento. De acordo com as últimas estatísticas mundiais sobre aquicultura compiladas pela FAO, a produção mundial da aquicultura atingiu outro recorde histórico de 114,5 milhões de toneladas de peso vivo em 2018, com um valor total de venda na porta da fazenda de US \$ 263,6 bilhões. A produção total consistiu em 82,1 milhões de toneladas de animais aquáticos (US \$ 250,1 bilhões), 32,4 milhões de toneladas de algas aquáticas (US \$ 13,3 bilhões) e 26 mil toneladas de conchas e pérolas ornamentais (US \$ 179 mil) (FAO, 2020).

O pescado é uma fonte rica em proteínas de alta qualidade contendo todos os aminoácidos essenciais, também fornecem gorduras essenciais (ácidos graxos ômega-3 de cadeia longa), vitaminas (D, A, B), minerais (cálcio, iodo, zinco, ferro e selênio). Apesar do baixo valor tradicionalmente atribuído aos subprodutos pesqueiros, desta enorme massa de recursos não utilizados/subutilizados pode ser produzida uma quantidade significativa de compostos bioativos com reais aplicações industriais (alimentícia, farmacêutica, terapêutica, nutracêutica, entre outros), como produtos de base proteica (enzimas, colágeno, hidrolisados), lipídica, pigmentos e materiais carboidráticos como, por exemplo, a quitina extraída de crustáceos (CARUSO, 2017; WANG *et al.*, 2019; COPPOLA *et al.*, 2021).

Resíduos de espécies marinhas, como peixes menores, águas-vivas, tubarões, estrelas-do-mar e esponjas, possuem um conteúdo de colágeno muito alto. A utilização de biomassa descartada e subutilizada pode contribuir para o desenvolvimento de um processo sustentável de extração de colágeno, com impacto ambiental significativamente reduzido (COPPOLA *et al.*, 2020). Dentre os compostos bioativos extraídos, já foram identificados proteínas e óleos ricos em ácidos graxos poli-insaturados (PUFAs), especialmente o ácido eicosapentaenoico

(EPA) e o ácido docosaenoico (DHA) são particularmente interessantes por seu alto valor comercial, bem como por seu possível uso na ração de peixes (CARUSO, 2017; COPPOLA *et al.*, 2021). A alta proporção de PUFA ω -3 de cadeia longa, bem como grandes quantidades de pigmentos heme e traços metálicos como ferro e cobre, são fatores cruciais que tornam o músculo dos peixes propenso à oxidação lipídica. A oxidação de lipídios de peixes não só produz odores e sabores indesejáveis, mas também pode diminuir a qualidade nutricional e a segurança pela formação de produtos de oxidação lipídica secundária (NIKOO; BENJAKUL, 2015). Assim, como os resíduos da pesca são ricos em nutrientes de alta qualidade, há um grande potencial na indústria de bioprocessos marinhos para converter e utilizar uma grande fração desses produtos valiosos (CARUSO, 2017; COPPOLA *et al.*, 2021).

As espécies de peixes e crustáceos também resultam no desembarque de quantidades consideráveis de capturas acessórias, que não têm valor comercial devido ao seu fraco apelo ao consumidor. A sensibilidade à rápida putrefação dos resíduos da pesca tem sério impacto adverso no meio ambiente, que precisa de medidas corretivas. O processamento secundário dos resíduos tem potencial para gerar uma série de subprodutos valiosos, como de enzimas (VENUGOPAL, 2016).

Os fluxos de resíduos do processamento marinho não representam apenas um recurso abundante, eles também são enriquecidos com moléculas estruturalmente diversas que possuem um amplo painel de bioatividades, incluindo ação antioxidante, anticoagulante, antimicrobiana, antitrombótica, anticoagulante, anti-hipertensiva, antidiabética, anticâncer e imunestimulante (SULERIA *et al.*, 2016; WANG *et al.*, 2019).

METODOLOGIA

Esta mini-revisão foi desenvolvida a partir de levantamento bibliográfico, fazendo uso de plataformas científicas, tais como: ScienceDirect (<http://www.sciencedirect.com/>), Scielo (<http://www.scielo.com/>), Elsevier (<https://www.elsevier.com/pt-br>), Google Scholar (<https://scholar.google.com.br/>), Springer (<http://www.springer.com/>) e PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>), utilizando como descritores os termos: “pescado”, “frutos do mar”, “subprodutos pesqueiros”, “resíduos da pesca e aquicultura”, sem que haver nenhum tipo de restrição temporal, nem quanto ao tipo de pesquisa (artigo original, artigo de revisão, dissertação e/ou teses) e/ou análise quantitativa/qualitativa, tendo os conceitos, definições e exemplos utilizados de acordo com o interesse dos autores.

Os recursos da pesca e da aquicultura, nos ecossistemas marinhos e de água doce, constituem uma das maiores fontes mundiais de proteína animal. A pesca é crucial para a segurança alimentar e nutricional global e oferece caminhos de desenvolvimento para contribuir para um mundo mais próspero, pacífico e igualitário (FAO, 2020). A sustentabilidade do abastecimento de frutos do mar muitas vezes só é avaliada em nível nacional e geralmente se concentra em se o abastecimento da produção dos setores de pesca de captura e aquicultura é sustentável no longo prazo, levando em consideração os objetivos biológicos, ecológicos, sociais e econômicos (GUILLEN *et al.*, 2019). Globalmente, peixes, camarões, caranguejos e lulas são alguns dos recursos marinhos comerciais mais importantes por serem fontes únicas de nutrientes (WANG *et al.*, 2019).

O processamento de grande quantidade de peixes, camarões e de outros organismos aquáticos produz uma grande quantidade correspondente de subprodutos e resíduos (ISLAM; KHAN; TANAKA, 2004). Vísceras, cabeças, peles, nadadeiras, aparas e cascas de caranguejo e camarão são descartadas, embora sejam fontes de componentes nitrogenados bioativos diversos, podendo ser usados em aplicações alimentícias e farmacêuticas (SHAVANDI *et al.*, 2019). O processamento químico, enzimático e/ou microbiano das capturas acessórias ou subprodutos da pesca permite a produção de diferentes compostos bioativos valiosos; até o momento, no entanto, a falta de estratégias de extração com boa relação custo-benefício impediu sua exploração em grande escala (CARUSO *et al.*, 2020). Os peptídeos obtidos a partir de frutos do mar podem ser usados como ingredientes bifuncionais para reduzir a reação oxidativa durante o armazenamento, além de ser usado como antioxidantes e crioprotetores, em que a oxidação de lipídios e a desnaturação de proteínas podem ser retardadas (NIKOO; BENJAKUL, 2015). O quadro 01 ilustra o potencial biotecnológico dos subprodutos de peixes, crustáceos e moluscos.

Quadro 01: Potencial biotecnológico dos subprodutos do processamento do pescado.

Subproduto	Aplicação biotecnológica
Cabeça de peixe	Hidrolisado proteico
Vísceras diversas de peixes	Meio de crescimento microbiano
Vísceras digestivas de peixes	Enzimas
Pele e escamas de peixe	Colágeno, gelatina e peptídeos
Cabeça de camarão	hidrolisado proteico, proteases, quitina, oligômeros de quitina, carotenoides
Cabeça de lula	Aminoácidos
Visceras, cabeça e pele de lula	Hidrolisado proteico

Fonte: Wang *et al.* (2019)

Peixes e crustáceos marinhos são fontes ricas de componentes nitrogenados bioativos estruturalmente diversos. Com base em evidências emergentes de benefícios potenciais à saúde, esses componentes mostram uma promessa significativa como ingredientes de alimentos funcionais, já tendo sido reportadas atividades anti-hipertensivas, antioxidantes, antimicrobianas, anticoagulantes, antidiabéticas, anticâncer, imunoestimuladora, de ligação de cálcio, hipocolesteremia e de supressão do apetite. Os componentes dos resíduos de peixes e crustáceos contêm níveis significativos de proteína de alta qualidade (10–23% (peso/peso)), o que representa uma fonte compostos biofuncionais (HARNEDY; FITZGERALD, 2012). Cudennec *et al.* (2008) investigaram a ação dos peptídeos presentes nos hidrolisados proteicos de peixe (*Micromesistius poutassou*) e de camarão (*Penaeus aztecus*) na liberação de colecistocinina (CCK) das células endócrinas intestinais (STC-1) e puderam observar pela primeira vez que o hidrolisado proteico em questão era capaz de estimular altamente a atividade de liberação de CCK das células STC-1 e que essa estimulação era devida aos peptídeos presentes no hidrolisado de peixe e camarão.

Uso de subprodutos de processamento de peixes

O termo “pescado comestível” refere-se aos destinados ao consumo humano, excluindo-se, usos não alimentares. O termo “consumo” refere-se ao consumo aparente, que é o alimento médio disponível para consumo, que, por uma série de razões (por exemplo, desperdício no nível doméstico), não é igual à ingestão de alimentos. O peixe e os produtos da pesca continuam a ser alguns dos produtos alimentares mais comercializados em todo o mundo. Segundo a FAO, em 2018, 67 milhões de toneladas, ou 38% da produção total da pesca e da aquicultura, foram comercializados internacionalmente (FAO, 2020).

O aumento da produção pesqueira é acompanhado do aumento dos resíduos. Numa perspectiva, quase 70% do total do pescado que é capturado são submetidos ao processamento adicional antes de ser colocado para comercialização, resultando na produção de grandes quantidades (em torno de 20-80%) de resíduos, dependendo do nível de processamento (evisceração, descamação, filetagem) e espécies de peixes, uma vez que cada espécie tem uma composição, tamanho, forma e química intrínseca específica. As operações pesqueiras geram descartes que incluem, principalmente, aparas de músculos (15–20%), pele e nadadeiras (1–3%), ossos (9–15%), cabeças (9–12%), vísceras (12–18%) e escamas (5%) (COPPOLA *et al.*, 2021). Os componentes dos resíduos de peixes contêm níveis significativos de proteína de alta qualidade, representando ampla fonte de peptídeos biofuncionais (WANG *et al.*, 2019). Os

peptídeos são cadeias curtas ou longas de aminoácidos que diferem em estrutura e peso molecular. Eles podem ser considerados biologicamente ativos, pois podem contribuir para funções fisiológicas em organismos com aplicações nas indústrias alimentícia e farmacêutica (UCAK *et al.*, 2021). Biopeptídeos de subprodutos de peixes com atividades antioxidantes, antimicrobianas e inibidoras da ECA foram descritos por Ghalamara *et al.* (2020). Ainda, apresentam uma ampla gama de compostos bioativos para o organismo, como descritos no quadro 02, segundo Ashraf *et al.* (2020).

Quadro 02: Alguns compostos bioativos obtidos a partir dos subprodutos de peixes.

Componentes nutracêuticos	Efeito biológico
<i>Ácidos gráxos</i>	
ômega-3	Efeitos antiinflamatórios, cardio-protetores, visuais e neurodesenvolvimento, diferentes tipos de câncer (mama, colorretal, próstata, etc.), asma, doença inflamatória intestinal, artrite reumatóide e osteoporose, melhoram a sensibilidade à insulina.
ômega-6	Reduz o risco de problemas cardiovasculares, melhora doenças como artrite e hipertensão, aumenta a expressão da molécula 1 de adesão vascular, oxidação, agregação plaquetária, vasoconstrição, síntese de eicosanóides.
<i>Aminoácidos</i>	
Histidina	Precursor de vários hormônios (hormônio liberador de tireotropina), metabólito crítico para funções renais, neurotransmissão, secreção gástrica e sistema imunológico, propriedades antioxidantes e antiinflamatórias, importantes para a regulação e metabolismo de oligoelementos e precursor da histamina.
Arginina	Necessário para a desintoxicação da amônia, nutricionalmente essencial para a espermatogênese, sobrevivência embrionária, crescimento fetal e neonatal, bem como manutenção do tônus vascular e hemodinâmica.
Isoleucina	Ajuda na formação muscular e crescimento adequado.
Lisina	Necessário para um crescimento ideal e para atuar como imunomodulador, prevenção e tratamento de herpes labial.
Metionina	Usado em vários níveis no metabolismo celular, como um constituinte de proteína, na iniciação da tradução do mRNA e como uma molécula reguladora na forma de S-adenosilmetionina.
Fenilalanina	Precursor para tirosina.
Treonina	Desempenha um papel crítico na manutenção da integridade da mucosa intestinal e função de barreira.
Tirosina	Precursor de dopamina e norepinefrina.
Valina	Síntese de proteínas, homeostase de glicose, anti-obesidade e vias de sinalização sensíveis a nutrientes.
Glutamina	Atua como substrato para a síntese de nucleotídeos (purinas, pirimidinas e amino açúcares), fosfato de dinucleotídeo de nicotinamida adenina (NADPH), antioxidantes e muitas outras vias biossintéticas envolvidas na manutenção da integridade e função celular.
Glicina	Ajuda na regulação da expressão gênica, configuração e atividade de proteínas e diversas funções biológicas, como a síntese de glutathione. Baixas concentrações de glicina plasmática têm sido relatadas de forma consistente em associação com obesidade e diabetes tipo 2

Fonte: Adaptado de Ashraf *et al.* (2020)

Dos subprodutos de peixes é possível obter proteínas de alta qualidade extraídas da musculatura (LIMA; MUJICA; LIMA, 2012); colágeno extraído da cabeça, carcaça, ossos, pele, escamas (quando presentes), barbatanas e bexiga natatória com real aplicação industrial (SIONKOWSKA *et al.*, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2021), gelatina da pele para fins industriais (LV *et al.*, 2019; RANASINGHE *et al.*, 2020); uma ampla gama de enzimas, tais como tripsina (POONSIN *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2020), quimotripsina, amilase (FALCÓN-HIDALGO *et al.*, 2011), collagenases, fibrinolíticas (OLIVEIRA *et al.*, 2017) e hidrolisados proteicos das carcaças (GEVAERT *et al.*, 2016; MANGANO *et al.*, 2021).

As enzimas podem ter diversas aplicações, incluindo o isolamento e modificação de proteínas e óleos marinhos, produção de peptídeos bioativos, aceleração da fermentação tradicional, descascamento de crustáceos, descamação de peixes, remoção de membranas de ovos de peixe, extração de sabores, extensão do prazo de validade, modificação de textura, remoção de odores estranhos e para controle de qualidade diretamente ou como componentes de biossensores. Enzimas de peixes de hábitat frios são particularmente úteis, pois podem funcionar comparativamente em temperaturas mais baixas, economizando energia e protegendo os produtos alimentícios (VENUGOPAL, 2016). Wang *et al.* (2015) utilizaram hidrolisados de gelatina de pele de peixe como inibidores da dipeptidil peptidase IV e estimuladores do peptídeo 1 semelhante ao glucagon e observaram que os peptídeos provenientes desse subproduto melhoram o controle glicêmico em ratos diabéticos.

Pateiro *et al.* (2020) numa tentativa de valorizar os subprodutos da dourada, avaliaram a composição e o valor nutricional do músculo e rejeitos (espinha de peixe, guelras, vísceras, cabeças, fígado e pele), que representam aproximadamente 61% do peixe inteiro. Os autores detectaram diferenças significativas entre músculos e subprodutos para perfil de ácidos graxos, aminoácidos e conteúdo mineral. Os descartes estudados foram ricos em proteínas (10-25%), apresentando pele e espinha de peixe os maiores teores. O perfil de aminoácidos refletiu a alta qualidade de sua proteína, com 41-49% sendo aminoácidos essenciais (lisina, leucina e arginina foram os mais abundantes). Ainda, segundo os autores, intestino, fígado e pele foram os subprodutos mais gordurosos (25-35%). O alto teor de ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) (31-34%), ácidos graxos (12-14%) e ácido eicosapentaenóico (EPA) + ácido docosahexaenóico (DHA) (6-8%) caracterizaram esses descartes. Por fim, a cabeça apresentou, de longe, o maior teor de cinzas (9,14%), o que se refletiu no teor de minerais, especialmente em cálcio e fósforo. Segundo os autores, esses resultados revelaram que os subprodutos da dourada podem ser usados como fonte de produtos de valor agregado, como proteínas, óleos e suplementos

Uso de subprodutos do processamento de crustáceos e moluscos

A geração de resíduos durante o processamento dos alimentos é inevitável e o descarte pode ser um dos maiores problemas para essas indústrias e para a sociedade. Especialmente se não for feito de forma adequada, pode ter impactos negativos no meio ambiente (ou seja, poluição), criar riscos para a saúde humana e uma perda de receita para o gerador de resíduos. A indústria de processamento de frutos do mar produz uma grande quantidade de subprodutos e descartes (cabeças, caudas, peles, escamas, vísceras, espinha dorsal e conchas), sendo que 75% de o peso total dos crustáceos (camarão, caranguejo, camarão, lagosta e krill). Esses materiais residuais podem ser uma excelente fonte de proteínas, lipídios, pigmentos e pequenas moléculas. Além disso, os materiais do invólucro podem ser uma fonte de materiais quitinosos (HAMED; ÖZOGUL; REGENSTEIN, 2016).

Os subprodutos do marisco são uma excelente fonte de várias biomoléculas com alta perspectiva de recuperação por processos biotecnológicos e que podem aumentar a receita e melhorar os produtos de valor agregado comercializáveis (SIMPSON; ARYEE; TOLDRÁ, 2019). Os moluscos possuem papel de destaque nos recursos pesqueiros. O mercado de moluscos, embora não seja tão amplamente desenvolvido quanto os já citados, peixes, sua produção também tem crescido anualmente, no seu mercado são incluídos moluscos bivalves como amêijoas, ostras e mexilhões, como também se incluem cefalópodes como polvos e lulas. A produção mundial de moluscos atingiu a marca histórica de 17,7 milhões de toneladas, dentre os quais 17,3 milhões correspondem a produção de moluscos bivalves, superando a produção de crustáceos e representando 56,3% da aquicultura marinha e costeira. Quando abordamos a temática de pesca, temos que as espécies mais capturadas de moluscos na natureza, são a lula de Humboldt (*Dosidicus gigas*) e várias lulas das famílias Loliginidae e Ommastrephidae. Em termos de aquicultura, encontramos grandes produções de bivalves como ostras (*Crassostrea* spp), a amêijoia japonesa (*Ruditapes philippinarum*) e membros da família Pectinidae (FAO, 2020).

A lula é um exemplo de pescado de grande interesse comercial. Após o processamento de lulas, existem muitos subprodutos e resíduos, com reais possibilidades de aplicações, incluindo antioxidantes e inibidores de α -glucosidase, entre outras (WANG *et al.*, 2019). Barboza (2012) realizou estudos tecnológicos comparativos da carne e subprodutos dos moluscos *Achatina fulica* (Escargot) e *Pomacea lineata* (Aruá) e observou que os subprodutos,

também chamados de material de descarte (vísceras e conchas) na forma de farinhas demonstraram que é possível o emprego destes resíduos como matéria prima para ração, levando em consideração as exigências do controle de qualidade para a comercialização. Em geral, os resíduos de frutos do mar são jogados no mar, queimados, depositados em aterro ou simplesmente deixados de fora estragar. É crescente o volume de resíduos provenientes de camarão e caranguejo produzidos pela indústria, como descrito no quadro 01. Além das partes comestíveis, a quantidade de resíduos contendo quitina pode chegar a 60% -80% da biomassa. As cascas de camarão e caranguejo contêm quitina, proteína e uma alta proporção de sais minerais (WANG *et al.*, 2019).

Os principais componentes das cascas de crustáceos (camarão, caranguejo, lagosta, entre outros) são quitina (15-40%), proteína (20-40%), carbonato de cálcio e magnésio (20-50%), juntamente com outros componentes menores como lipídios, astaxantina e minerais. A remoção de outras substâncias (proteínas, lipídios e outras impurezas) é essencial para a produção de quitina. A quitina e seus produtos derivados são usados para produzir rações aquáticas e biofertilizantes com boa relação custo-benefício (MOHAN *et al.*, 2021).

A quitina tem uma estrutura semelhante à celulose, sendo considerado o segundo biopolímero mais abundante na natureza (a celulose é o primeiro), apresentando boa biodegradabilidade, biocompatibilidade, não toxicidade e adsorção (WANG *et al.*, 2019). A extração de quitina de conchas de crustáceos e seu uso como estão ou após processamento adicional pode ser uma forma de minimizar o desperdício e produzir compostos valiosos com propriedades biológicas notáveis e aplicação crucial em vários campos (HAMED; ÖZOGUL; REGENSTEIN, 2016). A quitina pode ser extraída a partir dos exoesqueletos de crustáceos após tratamentos de desmineralização e desproteinização. Sedaghat *et al.* (2017) extraíram quitina de resíduos de camarão *Penaeus merguensis* por tratamento biológico, utilizando a *Pseudomonas aeruginosa*, uma técnica considerada simples; enquanto que Ghorbel-Bellaaj *et al.* (2013) otimizaram a extração de quitina de resíduos de camarão com *Bacillus pumilus* A1 usando metodologia de superfície de resposta.

Uma das limitações no uso deste biopolímero em larga escala é a sua insolubilidade em água. Quitina e seus derivados são compostos renováveis, biocompatíveis, biodegradáveis e não tóxicos que têm muitas propriedades biológicas, como: anticâncer, antioxidante, antimicrobiano e anticoagulante. Além disso, são utilizados como biomateriais em uma ampla gama de aplicações: para fins biomédicos, como para fins artificiais regeneração da pele, ossos e cartilagem, para preservação de alimentos, como para filmes comestíveis e para fins terapêuticos (HAMED; ÖZOGUL; REGENSTEIN, 2016).

A quitosana é um polissacarídeo catiônico obtido pela N-desacetilação da quitina sob condições alcalinas ou hidrólise enzimática na presença de uma quitina desacetilase. Quitina, quitosana e seus derivados, como os quitoooligossacarídeos (produtos despolimerizados de quitosana, com graus de polimerização menos de 20 e um peso molecular médio inferior a 3900) (HAMED; ÖZOGUL; REGENSTEIN, 2016), são aplicados em vários segmentos industriais (alimentício, agrícola, biomédico, cosmético, farmacêutico, e têxtil, por exemplo) pelas suas propriedades: biocompatibilidade, biodegradabilidade, antitumoral, hemostática, anti-hipertensivas, anticâncer, anticoagulantes, cicatrizantes (WANG *et al.*, 2019), antimicrobiana e antioxidante (MAHETY SAMAR *et al.*, 2013). O quadro 03 traz as principais aplicações da quitina e de seus derivados segundo Hamed; Özogul; Regenstein (2016).

Quadro 03: Aplicações da quitina e de seus derivados extraídos de crustáceos

Indústria	Aplicações biotecnológicas
Alimentícia	<ul style="list-style-type: none"> - Barreira protetora contra a deterioração de alimentos; - Aditivos conservantes de alimentos e formação de biofilme (embalagens comestíveis); - Compostos estabilizantes e espessantes; - Ingredientes prebióticos (fibras dietéticas).
Agrícola	<ul style="list-style-type: none"> - Agentes de revestimento de sementes; - Melhoria das defesas das plantas e proteção contra pragas e microorganismos; - Substituição de pesticidas químicos; - Aceleração da germinação de sementes.
Biomédica	<ul style="list-style-type: none"> - Fabricação de andaimes para regeneração de tecidos; - Barreira de curativo à base de quitina para infecções microbianas; - Desenvolvimento de pontos cirúrgicos.
Cosméticos	<ul style="list-style-type: none"> - Transportadores ativos de produtos cosméticos; - Produtos para pele, cabelo e higiene bucal; - Agentes hidratantes e anti-envelhecimento.
Farmacêuticas	<ul style="list-style-type: none"> - Vetores não virais para entrega de genes; - Encapsulamento e proteção de genes e constituintes ativos; - Liberação gradual de drogas; - Melhorar a chegada de ácidos nucleicos aos alvos terapêuticos.
Papel	<ul style="list-style-type: none"> - Confere resistência ao papel contra umidade; - Embalagem biodegradável para embalagem de alimentos.
Têxtil	<ul style="list-style-type: none"> - Fibras antimicrobianas e não alergênicas; - Agentes coagulantes e floculantes para remoção de corantes e produtos químicos de águas residuais têxteis; - Agente quelante que elimina metais pesados da água poluída.

Fonte: Adaptado de Hamed; Özogul; Regenstein (2016).

O desenvolvimento de processos de valorização “verdes” viabilizou a recuperação de compostos bioativos dos subprodutos do processamento do camarão (AHMADKELAYEH; HAWBOLDT, 2020). Dos resíduos dos crustáceos também é possível obter pigmentos para fins industriais. A astaxantina é um pigmento solúvel em gordura vermelho aprovado pela Food

and Drug Administration e pela Comissão Europeia como corante e corante alimentar em rações para animais e peixes. A astaxantina (3,3'-diidroxib- β '-caroteno-4-4'-diona) é o principal cetocarotenóide responsável pela cor vermelho-laranja em salmonídeos e crustáceos, sendo sua quantidade dependente da espécie, estação e condições ambientais de cultivo (ÖZOGUL *et al.*, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Subprodutos do pescado são considerados excelentes matéria-prima para uso industrial. Dos peixes, é possível obter uma gama de compostos com propriedades físico-químicas já estabelecidas e de interesse comercial, como colágeno, gelatina e hidrolisado proteico. Dos subprodutos de crustáceos, é possível obter quitina e seus derivados (quitosana e quitooligossacarídeos), carotenoides e lipídios de alto valor, como ácidos graxos ômega-3, para uso nas indústrias farmacêutica, cosmética, alimentícia e biomateriais. Assim, esses materiais são fontes potenciais para investigação dadas a quantidade de abundância e diversidade de espécies e aplicações biotecnológicas ainda para serem investigados. A valorização dos subprodutos de peixes, crustáceos e moluscos passa, primordialmente, pela iniciativa de reutilização desses materiais em processos biotecnológicos mais sustentáveis possíveis ou com risco mínimo para o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

AHMADKELAYEH, S. HAWBOLDT, K. Extraction of lipids and astaxanthin from crustacean by-products: A review on supercritical CO₂ extraction. **Trends in Food Science & Technology**, v.103, p.94-108, 2020.

ASHRAF, S.A.; ADNAN, M.; PATEL, M.; SIDDIQUI, A.J.; SACHIDANANDAN, M.; SNOUSSI, M.; HADI, S. Fish-based Bioactives as Potent Nutraceuticals: Exploring the Therapeutic Perspective of Sustainable Food from the Sea. **Marine drugs**, v.18, n.5, Artigo 265, 2020.

BARBOZA, S.H.R. **Estudos tecnológicos comparativos da carne e subprodutos dos moluscos *Achatina fulica* (Escargot) e *Pomacea lineata* (Aruá)**. 2002. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2002. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/88434> . Acesso: 30/04/2021.

CARUSO, G. Fishery Wastes and By-products: A Resource to Be Valorised. **Journal of FisheriesSciences.com**, v.10, n.1, p.012-015, 2016.

CARUSO, G.; FLORIS, R.; SERANGELI, C.; DI PAOLA, L. Fishery Wastes as a Yet Undiscovered Treasure from the Sea: Biomolecules Sources, Extraction Methods and Valorization. **Marine drugs**, v.18, n.12, Artigo 622, 2020.

COPPOLA, D.; OLIVIERO, M.; VITALE, G.A.; LAURITANO, C.; D'AMBRA, I.; IANNACE, S.; PASCALE, D. Marine Collagen from Alternative and Sustainable Sources: Extraction, Processing and Applications. **Marine drugs**, v.18, n.4, Artigo 214, 2020.

COPPOLA, D.; LAURITANO, C.; PALMA ESPOSITO, F.; RICCIO, G.; RIZZO, C.; PASCALE, D. Fish Waste: From Problem to Valuable Resource. **Marine drugs**, v.19, n.2, Artigo 116, 2021.

CUDENNEC, B.; RAVALLEC-PLÉ, R.; COUROIS, E.; FOUCHEREAU-PERON, M. Peptides from fish and crustacean by-products hydrolysates stimulate cholecystokinin release in STC-1 cells. **Food Chemistry**, v.111, n.4, p.970–975, 2008.

FALAYE, A.E. **Utilization of agro-industrial wastes as fish feedstuffs in Nigeria**. In: 10th Annual Conference of the Fisheries Society of Nigeria (FISON), 16-20 November 1992, Abeokuta, Nigeria, p.47-57, 1993.

FALCÓN-HIDALGO, B.; FORRELLAT-BARRIOS, A.; CARRILLO FARNÉS, O.; KENIA UBIETA HERNÁNDEZ, K.U. Digestive enzymes of two freshwater fishes (*Limia vittata* and *Gambusia punctata*) with different dietary preferences at three developmental stages. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v.158, n.2, p.136-141, 2011.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020**. Sustainability in action. Iália: Rome, 244p., 2020.

GEVAERT, B.; VERYSER, L.; VERBEKE, F.; WYNENDAELE, E.; DE SPIEGELEER, B. Fish Hydrolysates: A Regulatory Perspective of Bioactive Peptides. **Protein and peptide letters**, v.23, n.12, p.1052–1060, 2016. 10.2174/0929866523666161102122637

GHALAMARA, S.; SILVA, S.; BRAZINHA, C.; PINTADO, M. Valorization of Fish by-products: Purification of Bioactive Peptides from Codfish Blood and Sardine Cooking Wastewaters by Membrane Processing. **Membranes**, v.10, n.3, Artigo 44, 2020.

GHORBEL-BELLAAJ, O.; HAJJI, S.; YOUNES, I.; CHAABOUNI, M.; NASRI, M.; JELLOULI, K. Optimization of chitin extraction from shrimp waste with *Bacillus pumilus* A1 using response surface methodology. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.61, p.243–250, 2013.

GUILLEN, J.; NATALE, F.; CARVALHO, N.; CASEY, J.; HOFHERR, J.; DRUON, J.N.; FIORE, G.; GIBIN, M.; ZANZI, A.; MARTINSOHN, J.T. Global seafood consumption footprint. **Ambio**, v.48, n.2, p.111–122, 2019.

HAMED, I.; OZOGUL, F.; REGENSTEIN, J.M. Industrial applications of crustacean by-products (chitin, chitosan, and chitoooligosaccharides): A review. **Trends in Food Science & Technology**, v.48, p.40-50, 2016.

HARNEDY, P.A.; FITZGERALD, R.J. Bioactive peptides from marine processing waste and shellfish: A review. **Journal of Functional Foods**, v.4, n.1, p.6–24, 2012.

ISLAM, M.S.; KHAN, S.; TANAKA, M. Waste loading in shrimp and fish processing effluents: potential source of hazards to the coastal and nearshore environments. **Marine pollution bulletin**, v.49, n.1-2, p.103–110, 2004.

LIMA, M.M.; MUJICA, P.I.C.; LIMA, A.M. Caracterização química e avaliação do rendimento em filés de caranha (*Piaractus mesopotamicus*). **Brazilian Journal of Food Technology**, v.15, p.41-46, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1981-67232012005000031>. Acesso: 29/04/2021.

LV, L.-C.; HUANG, Q.-Y.; DING, W.; XIAO, X.-H.; ZHANG, H.-Y.; XIONG, X.X. Fish gelatin: The novel potential applications. **Journal of Functional Foods**, v.63, Artigo 103581, 2019.

MAHDY SAMAR, M.; EL-KALYOUNI, M.H.; KHALAF, M.M.; ABD EL-RAZIK, M.M. Physicochemical, functional, antioxidant and antibacterial properties of chitosan extracted from shrimp wastes by microwave technique. **Annals of Agricultural Sciences**, v.58, n.1, p.33–41, 2013.

MANGANO, V.; GERVASI, T.; ROTONDO, A.; DE PASQUALE, P.; DUGO, G.; MACRÌ, F.; SALVO, A. Protein hydrolysates from anchovy waste: purification and chemical characterization. **Natural product research**, v.35, n.3, p.399–406, 2021.

MOHAN, K.; MURALISANKAR, T.; JAYAKUMAR, R.; RAJEEVGANDHI, C. A study on structural comparisons of α -chitin extracted from marine crustacean shell waste. **Carbohydrate Polymer Technologies and Applications**, v.2, Artigo 100037, 2021.

NIKOO, M.; BENJAKUL, S. Potential application of seafood-derived peptides as bifunctional ingredients, antioxidant–cryoprotectant: A review. **Journal of Functional Foods**, v.19, p.753–764, 2015.

OLIVEIRA, V.M.; ASSIS, C.R.D.; HERCULANO, P.N.; CAVALCANTI, M.T.H.; BEZERRA, R.S.; PORTO, A.L.F. Collagenase from smooth weakfish: extraction, partial purification, characterization and collagen specificity test for industrial application. **Boletim do Instituto de Pesca (Online)**, v.43, p. 52-64, 2017b. 10.20950/1678-2305.2017v43n1p52

OLIVEIRA, V.M.; ASSIS, C.R.D.; SILVA, J.C.; SILVA, Q.J.; BEZERRA, R.S.; PORTO, A.L.F. Recovery of fibrinolytic and collagenolytic enzymes from fish and shrimp byproducts: potential source for biomedical applications. **Boletim do Instituto de Pesca (Online)**, v. 45, p.1-10, 2019.

OLIVEIRA, V.M.; ASSIS, C.R.D.; COSTA, B.A.M.; NERI, R.C.A.; DUARTE DO MONTE, F.T.; FREITAS, H.M.S.C.V.; FRANÇA, R.C.P.; SANTOS, J.F.; BEZERRA, R.S.; PORTO, A.L.F. Physical, biochemical, densitometric and spectroscopic techniques for characterization collagen from alternative sources: a review based on the sustainable valorization of aquatic by-products. **Journal of Molecular Structure**, v.1224, p.1-28, Artigo 129023, 2021.

ÖZOGUL, F.; HAMED, I.; ÖZOGUL, Y.; REGENSTEIN, J.M. **Crustacean By-products**. In:

MELTON, L.; SHAHIDI, F.; VARELIS, P. Encyclopedia of Food Chemistry, p.33-38, 2019.

PATEIRO, M.; MUNEKATA, P.; DOMÍNGUEZ, R.; WANG, M.; BARBA, F.J.; BERMÚDEZ, R.; LORENZO, J.M. Nutritional profiling and the value of processing by-products from gilthead sea bream (*Sparus aurata*). **Marine drugs**, v.18, n.2, Artigo 101, 2020.

POONSIN, T.; SIMPSON, B.K.; BENJAKUL, S.; VISESSANGUAN, W.; YOSHIDA, A.; KLOMKLAO, S. Albacore tuna spleen trypsin: Potential application as laundry detergent additive and in carotenoprotein extraction from Pacific white shrimp shells. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v.17, p.638-646, 2019.

RANASINGHE, R.A.S.N. *et al.* Functional and Bioactive Properties of Gelatin Extracted from Aquatic Bioresources – A Review. **Food Reviews International**, p.1-44, 2020.

SANTOS, D.M.R.C.; SANTOS, C.W.V.; SOUZA, C.B.; ALBUQUERQUE, F.S.; OLIVEIRA, J.M.S.; PEREIRA, H.J.V. Trypsin purified from *Coryphaena hippurus* (common dolphinfish): Purification, characterization, and application in commercial detergents. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v.25, Artigo 101584, 2020.

SEDAGHAT, F.; YOUSEFZADI, M.; TOISERKANI, H.; NAJAFIPOUR, S. Bioconversion of shrimp waste *Penaeus merguensis* using lactic acid fermentation: An alternative procedure for chemical extraction of chitin and chitosan. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.104, p.883–888, 2017.

SENEVIRATHNE, M.; KIM, S.K. Utilization of seafood processing by-products: medicinal applications. **Advances in food and nutrition research**, v.65, p.495–512, 2012.

SHAVANDI, A.; HOU, Y.; CARNE, A.; MCCONNELL, M.; BEKHIT, A. Marine Waste Utilization as a Source of Functional and Health Compounds. **Advances in food and nutrition research**, v.87, p.187–254, 2019.

SIMPSON, B.K.; ARYEE, A.N.A.; TOLDRÁ, F. **Byproducts from Shellfish Harvesting and Processing**. In: SIMPSON, B.K.; ARYEE, A.N.A.; TOLDRÁ, F. Byproducts from Agriculture and Fisheries: Adding Value for Food, Feed, Pharma, and Fuels, p.219–257, 2019.

SIONKOWSKA, A.; ADAMIAK, K.; MUSIAŁ, K.; GADOMSKA, M. Collagen Based Materials in Cosmetic Applications: A Review. **Materials (Basel, Switzerland)**, v.13, n.19, Artigo 4217, 2020.

SULERIA, H.A.; MASCI, P.; GOBE, G.; OSBORNE, S. Current and potential uses of bioactive molecules from marine processing waste. **Journal of the science of food and agriculture**, v.96, n.4, p.1064–1067, 2016.

UCAK, I.; AFREEN, M.; MONTESANO, D.; CARRILLO, C.; TOMASEVIC, I.; SIMAL-GANDARA, J.; BARBA, F.J. Functional and Bioactive Properties of Peptides Derived from Marine Side Streams. **Marine drugs**, v.19, n.2, Artigo 71, 2021.

VENUGOPAL, V. Enzymes from Seafood Processing Waste and Their Applications in Seafood Processing. **Advances in food and nutrition research**, v.78, p.47–69, 2016.

WANG, T.-Y.; HSIEH, C.-H.; HUNG, C.-C.; JAO, C.-L.; CHEN, M.-C.; HSU, K.-C. Fish skin gelatin hydrolysates as dipeptidyl peptidase IV inhibitors and glucagon-like peptide-1 stimulators improve glycaemic control in diabetic rats: A comparison between warm- and cold-water fish. **Journal of Functional Foods**, v.19, p.330–340, 2015.

WANG, C.-H.; DOAN, C.T.; NGUYEN, V.B.; NGUYEN, A.D.; WANG, S.-L. Reclamation of Fishery Processing Waste: A Mini-Review. **Molecules** 2019.

CAPÍTULO 17: UTILIZAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS NOS ALIMENTOS: UMA REVISÃO

CAPITULO 17: USO DE ACEITES ESENCIALES EN LOS ALIMENTOS: REVISIÓN

CHAPTER 17: USE OF ESSENTIAL OILS IN THE FOODS: A REVIEW

Cássia Duarte Oliveira¹; Gabriela Fontes Alvarenga²; Anderson Henrique Venâncio³ Bruna Azevedo Balduino⁴; Maria das Graças Cardoso⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.243-259>

RESUMO

Os óleos essenciais são metabólitos secundários de plantas constituídos de terpenos, terpenóides e fenilpropanoides. Devido a essa constituição, eles possuem propriedades biológicas de interesse, como antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatória, inseticida, anticâncer e diversas outras. Esses óleos são insolúveis em água, voláteis e possuem sabor forte e característico. Porém, essas características limitantes podem afetar a incorporação desses óleos nos alimentos. No entanto, estudos vêm sendo realizados, e atrelados ao desenvolvimento tecnológico, alternativas para essas limitações vêm sendo descobertas, como a utilização de nanoemulsões, nanocápsulas, micelas poliméricas, lipossomas, partículas de lipídeos, polissacarídeos, nano e micropartículas poliméricas. Assim, neste contexto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão de literatura sobre os óleos essenciais e suas potencialidades para utilização na indústria de alimentos devido suas atividades antimicrobianas e antioxidantes. Bem como, exemplificar alternativas de aplicação desses óleos puros e submetidos a diferentes tecnologias para facilitar sua incorporação em diversos alimentos. Para realizar a pesquisa foram utilizadas as seguintes palavras chave: *essential oil*, *antioxidante activity*, *animicrobial activity* e *encapsulation* nas bases de dados: Science direct, Scielo e Web of Science. Como resultados foi constatada a importância da utilização dos óleos essenciais em diversas áreas nos setores alimentícios, visto que o mesmo pode ser empregado como alternativa aos aditivos sintéticos tradicionais. Seu uso em embalagens com liberação controlada e na formulação durante o desenvolvimento de novos produtos vem sendo bastante estudado. O emprego dessas tecnologias melhora a estabilidade dos óleos, reduz os impactos organolépticos nos alimentos, e confere a liberação gradativa, favorecendo suas propriedades como antioxidante e antimicrobiano nos alimentos, aumentando a vida útil e reduzindo a utilização de aditivos sintéticos.

Palavras-Chave: Antimicrobiano, antioxidante, encapsulação, metabólitos secundários.

RESUMEN

Los aceites esenciales son metabolitos secundarios de plantas compuestos por terpenos, terpenoides y fenilpropanoides. Debido a esta constitución, poseen propiedades biológicas de interés, como antioxidantes, antimicrobianas, antiinflamatorias, insecticidas, anticancerígenas y varias otras. Estos aceites son insolubles en agua, volátiles y tienen un sabor fuerte y característico. Sin embargo, estas características limitantes pueden afectar la incorporación de estos aceites en los alimentos. Sin embargo, se han realizado estudios, y ligados al desarrollo tecnológico, se han descubierto alternativas a estas limitaciones, como el uso de nanoemulsiones, nanocápsulas, micelas poliméricas, liposomas, partículas

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, cassiaduarte2@hotmail.com

² Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, gabrielaalvarenga@gmail.com

³ Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, anderson123dfgh21@gmail.com

⁴ Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, brunaazevedo.94@hotmail.com

⁵ Doutora em Química, Universidade Federal de Lavras, mc Cardoso@ufla.br

lipídicas, polisacáridos, nano y micropartículas poliméricas. Así, en este contexto, el objetivo de este trabajo fue realizar una revisión de la literatura sobre los aceites esenciales y su potencial de uso en la industria alimentaria por sus actividades antimicrobianas y antioxidantes. Así como, ejemplificar alternativas para la aplicación de estos aceites puros y sometidos a diferentes tecnologías para facilitar su incorporación en diferentes alimentos. Para realizar la investigación se utilizaron las siguientes palabras clave: aceite esencial, actividad antioxidante, actividad antimicrobiana y encapsulación en las bases de datos: Science direct, Scielo y Web of Science. Como resultado, se comprobó la importancia del uso de aceites esenciales en varias áreas del sector alimentario, ya que se puede utilizar como alternativa a los aditivos sintéticos tradicionales. Su uso en envases con liberación controlada y en la formulación durante el desarrollo de nuevos productos ha sido ampliamente estudiado. El uso de estas tecnologías mejora la estabilidad de los aceites, reduce los impactos organolépticos en los alimentos y proporciona una liberación gradual, favoreciendo sus propiedades como antioxidantes y antimicrobianos en los alimentos, aumentando la vida útil y reduciendo el uso de aditivos sintéticos.

Palabras Clave: Antimicrobiano, antioxidante, encapsulado, metabolitos secundarios.

ABSTRACT

Essential oils are secondary metabolites of plants made up of terpenes, terpenoids and phenylpropanoids. Due to this constitution, they have biological properties of interest, such as antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory, insecticide, anticancer and several others. These oils are insoluble in water, volatile and have a strong and characteristic flavor. However, these limiting characteristics can affect the incorporation of these oils in food. However, studies have been carried out, and linked to technological development, alternatives to these limitations have been discovered, such as the use of nanoemulsions, nanocapsules, polymeric micelles, liposomes, lipid particles, polysaccharides, nano and polymeric microparticles. Thus, in this context, the objective of this work was to carry out a literature review on essential oils and their potential for use in the food industry due to their antimicrobial and antioxidant activities. As well as, exemplify alternatives for applying these pure oils and subjected to different technologies to facilitate their incorporation into different foods. To carry out the research, the following keywords were used: essential oil, antioxidant activity, antimicrobial activity and encapsulation in the databases: Science direct, Scielo and Web of Science. As a result, it was verified the importance of using essential oils in several areas in the food sectors, since it can be used as an alternative to traditional synthetic additives. Its use in packaging with controlled release and in the formulation during the development of new products has been extensively studied. The use of these technologies improves the stability of oils, reduces the organoleptic impacts on foods, and provides gradual release, favoring their properties as antioxidants and antimicrobials in foods, increasing the shelf life and reducing the use of synthetic additives.

Keywords: Antimicrobial, antioxidant, encapsulation, secondary metabolites.

INTRODUÇÃO

Durante os últimos anos observa-se uma mudança no comportamento dos consumidores de alimentos industrializados que exigem, cada vez mais, alimentos naturais e seguros para a saúde. Este fato vem impulsionando uma transformação no desenvolvimento de novos produtos com a utilização de matérias-primas naturais em suas formulações. Uma das alternativas para atender a essa demanda de mercado é o uso de aditivos naturais como substituintes dos tradicionais aditivos sintéticos, sendo os óleos essenciais uma opção para isso (RIBEIRO-SANTOS et al., 2018; HASSOUN; ÇOBAN, 2017).

De acordo com Organização internacional de padronização (ISO - International Organization for Standardization), óleo essencial é um produto obtido a partir de uma matéria-

prima natural de origem vegetal, por destilação a vapor, por processos de extração mecânica do epicarpo de frutas cítricas, ou por destilação a seco, seguido da separação da fase aquosa, se houver, por processos físicos, podendo também ser tratado fisicamente sem que ocorra alterações da sua composição (SHARMA et al., 2021).

Os óleos essenciais são constituídos de uma mistura complexa de compostos poucos solúveis em água, como terpenos, terpenóides e fenilpropanóides. Tanto os terpenos, terpenóides e os fenilpropanóides são formados a partir do metabolismo da glicose, como demonstrado na Figura 01. Os terpenos são hidrocarbonetos compostos por várias unidades de isopreno, e podem ser classificadas pelo número de unidades de isopreno na molécula (mono, sesqui e diterpenos). Os terpenóides são terpenos contendo oxigênio e podem ser classificados em álcoois, ésteres, aldeídos, cetonas, éteres e fenóis. Já os fenilpropanóides, como o eugenol e o cinamaldeído, são derivados do aminoácido fenilalanina (RIBEIRO-SANTOS et al., 2018; STEVANOVIĆ et al., 2018; HASSOUN; ÇOBAN, 2017; DIMA; DIMA, 2015).

Figura 01: Metabolismo da glicose, vias do ácido chiquímico e acetil-CoA

Fonte: Simões et al. (2017).

Nas plantas esses compostos são sintetizados como metabólitos secundários para fornecer proteção contra agentes externos, como luz UV, herbívoros, insetos e patógenos. Eles são obtidos a partir de três vias biossintéticas diferentes: a via metileritritol-fosfato para monoterpenos e diterpenos, a via do mevalonato para sesquiterpenos e a via do ácido chiquímico para fenilpropanóides. São produzidos por diferentes partes das plantas, e podem ser extraídos de diferentes materiais vegetais, como folhas, cascas, caules, raízes, flores e frutas. No total, mais de 3000 tipos óleos essenciais são conhecidos, dos quais apenas 300 são de interesse comercial para aplicações em alimentos ou outras indústrias (RIBEIRO-SANTOS et al., 2018; HASSOUN; ÇOBAN, 2017).

Os óleos essenciais têm sido usados há séculos como fragrâncias de perfumes, na culinária como aromatizantes e na medicina popular. Atualmente, o interesse nesses produtos está associado principalmente as suas diferentes propriedades biológicas, como antioxidante, antimicrobiana, antitumoral, analgésica, inseticida, antidiabética e anti-inflamatória. Devido a essas características, a indústria de alimentos, cada vez mais, está empregando-os na formulação de produtos ou incorporando-os em embalagens. Sendo que um óleo essencial ideal para indústria de alimentos seria aquele que está disponível em grandes volumes, como co-

produto e que é geralmente reconhecido como seguro (GRAS) porque já faz parte da dieta humana típica há anos (RIBEIRO-SANTOS et al., 2018; STEVANOVIĆ et al., 2018; TOMAR et al., 2018).

Entretanto, a utilização dos óleos essenciais de forma industrial pode apresentar algumas limitações como a grande variabilidade da composição química, interações com a matriz alimentar, toxicidade, características sensoriais peculiares, necessidade de padronização prévia da forma de aplicação no produto, natureza volátil, susceptibilidade a oxidação e riscos a biodiversidade ecológica. Sendo necessário o desenvolvimento de tecnologias e de pesquisas para encontrar alternativas que superem essas barreiras (STEVANOVIĆ et al., 2018; RIBEIRO-SANTOS et al., 2018).

Uma dessas alternativas é a encapsulação ou produção de nanoemulsões dos óleos, essas tecnologias contribuem para melhorar a estabilidade, prolongar a vida de prateleira, direcionar a ação dos compostos bioativos, melhora a biodisponibilidade, facilitar a incorporação no alimento e a mistura com outros ingredientes e pode mascarar a percepção de odores fortes. Outra opção é a incorporação do óleo essencial em embalagens, com o desenvolvimento de embalagens ativas, que permitem a interação entre o alimento e a embalagem, promovendo atividade antimicrobiana e antioxidante, sem a necessidade do óleo ser incorporado ao alimento (STEVANOVIĆ et al., 2018; RIBEIRO-SANTOS et al., 2017; PRAKASH et al., 2018).

Assim, neste contexto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão de literatura sobre os óleos essenciais e suas potencialidades para utilização pela indústria de alimentos devido suas atividades antimicrobianas e antioxidantes. Bem como, exemplificar alternativas de aplicação desses óleos puros e submetidos a diferentes tecnologias para facilitar sua incorporação em diversos alimentos.

METODOLOGIA

Para a seleção dos artigos científicos, utilizou-se as seguintes bases de dados: Science direct, Scielo e Web of Science, considerando os artigos publicados nos últimos 10 anos (2011-2021) e utilizando como termos de buscas *essential oil*, *antioxidante activity*, *animicrobial activity* e *encapsulation*. Foram selecionados para essa revisão somente os artigos que possibilitaram aos autores alcançar os objetivos estabelecidos anteriormente.

Atividade antimicrobiana dos óleos essenciais

Muitos óleos essenciais apresentam propriedade antimicrobiana que pode variar de acordo com a composição química. Essa composição também determina o modo de ação desses óleos sobre as bactérias. Dessa forma, como a composição dos óleos essenciais é bem variada, a atividade antimicrobiana não pode ser atribuída a um único mecanismo de ação, uma vez que diferentes grupos podem exercer diferentes ações em diferentes regiões das células microbianas (PATEIRO et al., 2021).

Os óleos essenciais podem provocar efeitos bactericidas e bacteriostáticos, sendo o primeiro relacionado com a morte das bactérias e o segundo com a inibição do crescimento, de forma que as células microbianas possam recuperar a capacidade reprodutiva (FALLEH et al., 2020; PATEIRO et al., 2021).

A atividade microbiana dos óleos essenciais não é a mesma sobre as bactérias gram-negativas e positivas e isso ocorre devido a limitação da membrana externa nas gram-negativas à entrada de componentes hidrofóbicos nas células. Porém, estudos mostram que óleos essenciais como canela, cravo da Índia e orégano possuem a mesma eficiência sobre as duas bactérias. Os compostos fenólicos são os principais responsáveis pelos mecanismos de ação dos óleos essenciais, e a atividade microbiológica está relacionada com a posição do grupo hidroxila (PATEIRO et al., 2021).

O mecanismo de ação dos óleos essenciais depende da concentração e dos constituintes químicos. Os diferentes constituintes podem atuar sob diferentes mecanismos e ter como alvos diferentes microrganismos como bactérias gram-positivas e negativas, bolores e leveduras, uma vez que esses microrganismos diferem na composição das membranas celulares. Diversos autores atribuem o mecanismo de ação dos óleos essenciais à capacidade de penetrar nas membranas externas das células bacterianas e nas membranas citoplasmáticas para o interior da célula, desintegrando as estruturas celulares e tornando-as mais permeáveis aos óleos essenciais. Assim, os mecanismos comuns de ação dos óleos essenciais em células bacterianas são: alteração do ácido graxo na membrana externa, danificação da membrana citoplasmática, depleção da força motriz do próton e vazamento de metabólitos e íons vitais às células (RAO; CHEN; MCCLEMENTS, 2019).

Alguns óleos essenciais apresentam maior atividade antioxidante do que outros e isso se deve aos constituintes presentes em cada óleo. Um exemplo é o óleo essencial de alecrim que possui capacidade quelante e antioxidante. Esse óleo possui como constituintes: 1,8-cineol, α -pineno, cânfora, acetato de bornil, borneol, canfeno, α -terpineol, limoneno, β -pineno, β -cariofileno e mirceno (CHÁVEZ-GONZÁLEZ et al., 2016, BORGES et al., 2019).

Essa capacidade antioxidante e quelante foi avaliada por meio de um estudo que mostrou a capacidade de absorção de radicais de oxigênio por β -pineno, limoneno, γ -terpineno, linalol, terpin-4-ol, α -terpineol e β -cariofileno, além da atividade quelante dos íons Fe^{2+} por α -pineno, canfeno e 1,8-cineol (CUTILLAS et al., 2018, BORGES et al., 2019). Outros estudos também mostraram que o óleo essencial de alecrim inibiu a peroxidação lipídica induzida pela reação de Fenton com Fe^{2+} , ascorbato e Fe^{2+} e H_2O_2 (BOZIN et al., 2007; BORGES et al., 2019).

De acordo com Pateiro et al. (2018), a atividade antioxidante dos compostos fenólicos acontece em três fases distintas, iniciação, propagação e término. O grupo hidroxila doa o hidrogênio inativando os radicais livres da oxidação dos ácidos graxos insaturados. A oxidação causa a formação de novos radicais que são incapazes de extrair átomos de hidrogênio de lipídeos insaturados. Os radicais livres formados podem reagir com espécies radicalares semelhantes ou outros radicais lipídicos, o que resultará em espécies não radicalares. As propriedades redox dos compostos fenólicos se devem a capacidade de doação de um elétron ao radical livre, o que o caracteriza um antioxidante eficaz, evitando a oxidação de outros compostos (PATEIRO et al., 2018).

A capacidade antioxidante dos óleos essenciais deve ser avaliada por diferentes métodos. Sarikurkcü et al. (2015) avaliaram essa capacidade antioxidante do óleo essencial de orégano de 2 espécies diferentes (*Vulgare* e *Hirtum*) por meio de sete ensaios: eliminação de radicais livres (DPPH e ABTS), poder redutor (FRAP e CUPRAC), β -caroteno / ácido linoléico, quelante de metal e ensaios de fosfomolibdênio.

Para serem considerados bons eliminadores de radicais livres, como o DPPH e o ABTS, os óleos essenciais devem possuir em sua constituição eliminadores eficazes desses radicais, como o timol e o carvacrol, que são compostos fenólicos. O poder redutor dos óleos essenciais é utilizado como indicador significativo do potencial atividade antioxidante, e isso pode ser observado por meio da capacidade dos constituintes dos óleos em reduzir os íons ferro e cúprico. O método de branqueamento do β caroteno é realizado para avaliar a capacidade do componente em estudo inibir a peroxidação lipídica. Isso porque o β caroteno é oxidado pelos

radicais formados pela oxidação do ácido linoleico e o sistema perde seu cromóforo e a cor laranja característica. Todos esses testes são monitorados espectrofotometricamente. Com relação ao efeito quelante dos íons ferrosos, essa análise avalia a capacidade do óleo essencial em interferir na formação do Fe^{2+} e do complexo ferrozine, e caso esse óleo tenha efeito quelante, ele irá capturar o Fe^{2+} antes do ferrozine. No ensaio fosfomolibidênio, o teste é baseado na redução do Mo (VI) a Mo (V) por meio das substâncias antioxidantes (SARIKURKCU et al., 2015). Nesse estudo, foi observado que houve diferença nos resultados dos métodos antioxidantes das diferentes espécies óleo essencial de orégano, sendo que a espécie *Vulgare* possuiu maior eliminação de radicais livres, poder de redução e branqueamento do β -caroteno, enquanto o óleo de orégano da espécie *Hirtum* apresentou maior capacidade quelante de metais e sobre o ensaio de fosfomolibidênio.

Uso dos óleos essenciais nos alimentos

Os óleos essenciais vêm sendo incorporados aos alimentos pelo fato de conferirem propriedades desejáveis, como antioxidante, antibacteriano, antifúngico, e outras, além de ser um produto natural que aumenta a vida de prateleira dos alimentos. Assim, como no Quadro 01, o uso em diversos alimentos vem sendo estudado.

Quadro 01: Uso de óleos essenciais em alimentos.

Óleo essencial	Alimentos	Referências
Orégano mexicano (<i>Lippia berlandieri</i>)	Pão	SÁNCHEZ et al., 2015
Tomilho vermelho (<i>Thymus zygis</i> L.); Casca de canela (<i>Cinnamomum zeylanicum</i>); Orégano (<i>Origanum vulgare</i> L.)	Hambúrgueres de salmão e algas marinhas	DOLEA et al., 2018
Folha de canela (<i>Cinnamomum zeylanicum</i>)	Suco de laranja	SÁNCHEZ-RUBIO et al., 2018
Saxífraga (<i>Pimpinella saxifraga</i>)	Queijo	KSOUDA et al., 2019
Folha de limão siciliano (<i>Citrus limon</i>)	Queijo ricota	FANCELLO et al., 2020
Hortelã-pimenta (<i>Mentha piperita</i> L.)	Linguiça de porco	ŠOJIC et al., 2020
Litsea cubeba (<i>Litsea cubeba</i> (Lour.) <i>Pers.</i>)	Sucos de vegetais	DAI et al., 2021
Capim-limão (<i>Cymbopogon citratus</i>)	Frango	DEWI et al., 2021
Tomilho (<i>Thymus vulgaris</i>)	Salsicha de carne de cavalo defumada	HUANG et al., 2021
Orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	Salsicha cozida fermentada	OZAKI et al., 2021

Fonte: Própria (2021)

No entanto, devido ao odor intenso, alta volatilidade e instabilidade devido à presença de oxigênio, luz e temperatura, a utilização dos óleos essenciais na indústria de alimentos se torna limitado (RADÜNZ et al., 2019).

Por serem conhecidos pelas atividades antimicrobianas, os óleos essenciais não são muito utilizados nos alimentos como conservantes devido à necessidade de utilização de altas concentrações para agir sobre os microrganismos nos alimentos e sua capacidade de alterar as características sensoriais dos alimentos em que são adicionados, excedendo o limite de sabor aceitável pelos consumidores (PINELLI et al., 2021). Assim, muitas alternativas vêm sendo utilizadas para superar essas limitações quando incorporados aos alimentos.

Atualmente, estudos sobre os óleos essenciais encapsulados vem se destacando. Isso porque a encapsulação pode melhorar a estabilidade desses óleos durante o processamento térmico e armazenamento, melhorar a atividade farmacológica e aumentar a solubilidade em água e a aplicação desses metabólitos secundários nos diversos setores em que podem ser utilizados como alimentício, de cosméticos, agricultura, fármacos e microbiológico (DE MATOS et al., 2019; FRAJ et al., 2019).

Existem diversos sistemas de entrega que podem ser utilizados nos óleos essenciais como micelas poliméricas, lipossomas, nanoemulsões, partículas de lipídeos, polissacarídeos, nano e micropartículas poliméricas (PIMENTEL-MORAL et al., 2016; FRAJ et al., 2019).

Alternativas para diminuir as limitações do uso de óleos essenciais em alimentos

Diversas metodologias podem ser utilizadas para melhorar as limitações dos óleos essenciais, com o intuito de incorporá-los aos alimentos. Dentre essas metodologias, destaca-se a encapsulação, em escala nanométrica, nanoemulsão e lipossomas.

O encapsulamento é aplicado em ingredientes alimentícios, com o objetivo de protegê-los das condições adversas relacionadas com o processamento de alimentos. Muitos ingredientes que são adicionados aos alimentos, como compostos aromáticos, óleos essenciais e vitaminas são sensíveis às condições de processamento, como a utilização de temperaturas elevadas. Isso pode causar perda de qualidade desses ingredientes devido à volatilização, oxidação lipídica e outros efeitos provocados pela luz e umidade. Assim, os materiais mais utilizados para o encapsulamento desses ingredientes são carboidratos, lipídeos e proteínas, e são empregados em vários processos como secagem por spray, resfriamento por spray e liofilização (DIMOPOULOS et al., 2021).

A utilização da encapsulação de óleos essenciais aumenta a estabilidade e a biodisponibilidade dos compostos bioativos, com o intuito de garantir o alcance dos sistemas-

alvo, além de permitir o controle da liberação dos compostos encapsulados. Os óleos essenciais encapsulados possuem diversas aplicações na área de alimentos. Isso porque o encapsulamento é utilizado para superar problemas relacionados com a degradação dos compostos voláteis e também aplicação em matrizes alimentares para conservação. As principais aplicação dos óleos essenciais encapsulados nos alimentos se devem à atividade antimicrobiana e antioxidante desses óleos (RAZOLA-DÍAZ et al., 2021).

Rosa et al. (2020) realizaram um estudo sobre óleos essenciais de orégano e tomilho encapsulados em nanocápsulas de zeína. Essas nanocápsulas foram avaliadas quanto a sua atividade antioxidante por meio dos testes de remoção do radical DPPH e ABTS e FRAP. Os resultados para a capacidade antioxidante por DPPH, ABTS e FRAP foram para as nanocápsulas contendo óleo essencial de orégano 0,42; 1,88 e 0,24 e para as nanocápsulas contendo óleo essencial de tomilho de 0,49; 1,38 e 0,23. Foi possível observar que as nanopartículas contendo óleos essenciais inibiram os radicais livres DPPH e ABTS e atuaram como antioxidante reduzindo íons de ferro (FRAP), e isso está diretamente relacionado com a presença de compostos fenólicos nos óleos essenciais, como o timol e o carvacrol, conhecidos como antioxidantes primários, que quebram a cadeia e eliminam radicais livres com eficácia (PATEIRO et al., 2018; ROSA et al., 2020).

Ainda sobre esse estudo, além de avaliar a atividade antioxidante das nanocápsulas contendo óleo essencial, foi realizada a incorporação dessas nanocápsulas em pães para avaliar a atividade antimicrobiana. Verificou-se que essa incorporação aumentou a vida útil dos pães em um período de 21 dias, sendo observada a ausência de colônias de bolores e leveduras, que são os principais microrganismos que se desenvolvem em pães. As nanocápsulas de zeína foram capazes de proteger os óleos essenciais, que não se degradaram com o processo de cocção do pão a 200 °C, mostrando que essas nanocápsulas são altamente estáveis termicamente. Quando os óleos permanecem intactos, podem proteger os pães dos bolores e leveduras.

As nanoemulsões são dispersões coloidais, de água em óleo ou óleo em água, que possuem tamanho de partícula inferior a 200 nm. Também apresentam como características serem translúcidas ou transparentes, estáveis termodinamicamente e resistentes à agregação, quando comparadas com as emulsões convencionais. Além disso, podem ser utilizadas para encapsular compostos hidrofóbicos, que serão incorporados aos alimentos (HASANI-JAVANMARDI; FALLAH; ABBASVALI, 2021).

A utilização de nanoemulsões é outra metodologia empregada para melhorar as características de baixa estabilidade e insolubilidade em água dos óleos essenciais. Um exemplo é a produção de nanoemulsões por meio da homogeneização de alta pressão, que produz

emulsões em nanoescalas, não dependendo do equilíbrio hidrofílico-lipofílico dos componentes, sendo obtidas partículas pequenas e uniformes, com boa estabilidade (LIU et al., 2021).

Sun et al. (2021) estudaram nanoemulsões de óleo essencial de lavanda, e incorporaram à matrizes de gelatina para a preparação de filmes com propriedades antioxidantes e antimicrobianas. Esses filmes foram aplicados a tomates cereja para auxiliar na preservação. Por meio dos ensaios de eliminação dos radicais DPPH e ABTS observou-se que os filmes apresentaram forte capacidade de eliminação desses radicais livres, com correlação positiva com o teor de óleo essencial de lavanda, o que favorece sua utilização em filmes de gelatina empregados para retardar a deterioração oxidativa de alimentos e manter o frescor. Os filmes contendo óleo essencial de lavanda também apresentaram atividade antibacteriana sobre as bactérias *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Listeria monocytogenes* e essa atividade também aumentou com o aumento do teor de óleo essencial adicionado. Esse óleo causou colapso estrutural e encolhimento das bactérias, levando-as à morte. Dessa forma, a utilização do óleo essencial de lavanda inibiu o crescimento das bactérias, prolongando a vida útil dos tomates.

Bedoya-Serna et al. (2018) realizaram um estudo sobre nanoemulsão contendo óleo essencial de orégano e aplicaram em queijo Minas Padrão com o objetivo de avaliar a atividade antifúngica. Os autores observaram que houve inibição de três espécies de fungos *Cladosporium* sp., *Fusarium* sp. e *Penicillium* sp. A eficácia do óleo essencial nanoemulsionado sobre os fungos foi dependente da quantidade de nanoemulsão, do tempo de imersão das fatias e da temperatura de armazenamento.

Destaca-se também os lipossomas, que são vesículas fechadas com estrutura de bicamadas fosfolipídicas, que separam o ambiente aquático circundante. Os lipossomas possuem tamanho de partícula variando de 10 nm a vários micrômetros. As bicamadas são compostas por lipídeos anfifílicos que possuem cabeça hidrofílica e duas caudas hidrofóbicas. A cabeça hidrofílica é o ácido fosfórico, que se encontra ligado a uma molécula solúvel em água, enquanto as caudas hidrofóbicas são formadas por duas cadeias de ácidos graxos de 10-24 átomos de carbono e de 0-6 duplas ligações em cada cadeia (LIU et al., 2020).

Quando em meio aquoso, os fosfolipídeos são dispostos, de forma que a cauda hidrofóbica permaneça em contato com o ambiente polar e proteja o meio aquoso. Interações de Van der Waals e ligações de hidrogênio entre os fosfolipídeos e as moléculas de água ajudam a organizar os fosfolipídeos em vesículas fechadas de duas camadas, facilitando o transporte de moléculas hidrofóbicas e hidrofílicas. Nos lipossomas, os principais materiais de parede utilizados são fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina, fosfatidilserina e fosfatidilglicerol, sendo

os fosfolípidos naturais, como a lecitina (fosfatidilcolina) muito empregada na área de alimentos (LIU et al., 2020).

Segundo Liu e colaboradores (2020), os lipossomas são aplicados nos alimentos para encapsular compostos ou aditivos alimentares, com o objetivo de aumentar a biodisponibilidade de componentes nutricionais, controlar a liberação de sabores e aumentar a vida útil dos produtos.

Wu et al. (2019) utilizaram lipossomas contendo óleo essencial de louro, que possui propriedade antimicrobiana e antioxidante, e nanopartículas de prata, que é um agente antimicrobiano. Esses lipossomas foram incorporados em filmes de polietileno para embalar carnes de porco. O óleo essencial foi incorporado na bicamada fosfolipídica do lipossoma devido a sua lipossolubilidade, enquanto as nanopartículas de prata foram aprisionadas no núcleo hidrofílico do lipossoma. Observou-se que os lipossomas apresentaram boas propriedades antioxidantes e os filmes incorporados com os lipossomas apresentaram boa atividade antimicrobiana. O emprego desses filmes em carne de porco mostrou que a qualidade da carne foi mantida por 15 dias, a 4 °C, enquanto os filmes puros mantiveram a qualidade por apenas 9 dias, mostrando o aumento da vida útil dos produtos, quando utilizados os filmes incorporados com os lipossomas contendo óleo essencial e nanopartículas de prata.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A versatilidade da utilização dos óleos essenciais na indústria de alimentos se deve às suas diversas propriedades, como antimicrobianas e antioxidantes. Estudos mostram que os óleos essenciais vêm sendo aplicados em sucos, embalagens, pães, produtos cárneos e lácteos, mostrando uma ampla gama de aplicação no setor alimentício. Porém, os óleos essenciais possuem algumas limitações, como instabilidade à luz, oxigênio, serem insolúveis em água e sabor e odor característicos. Assim, alternativas para suprir essas limitações vêm sendo estudadas, como o emprego de encapsulação, nanoemulsão e lipossomas, que melhoram a estabilidade, permitem uma liberação controlada e evitam perdas da qualidade desses óleos quando estão sob presença de luz, calor e umidade. A utilização dessas tecnologias permitem ainda mais aumentar o leque de aplicação desses óleos essenciais nos alimentos, além de gerar valor agregado aos produtos em que são incorporados, uma vez que são produtos naturais, e também por serem considerados alternativas ao uso de aditivos sintéticos tradicionais. Outra vantagem da utilização dessas metodologias é o aumento da vida útil dos produtos alimentícios em que são incorporados os óleos essenciais nanoemulsionados, nanoencapsulados e

REFERÊNCIAS

- BEDOYA-SERNA, C. M.; DACANAL, G. C.; FERNANDES, A. M.; PINHO, S. C. Antifungal activity of nanoemulsions encapsulating oregano (*Origanum vulgare*) essential oil: in vitro study and application in Minas Padrão cheese. **Brazilian journal of microbiology**, v. 49, n. 4, p. 929-935, 2018.
- BORGES, R. S.; ORTIZ, B. L. S.; PEREIRA, A. C. M.; KEITA, H.; CARVALHO, J. C. T. *Rosmarinus officinalis* essential oil: A review of its phytochemistry, anti-inflammatory activity, and mechanisms of action involved. **Journal of ethnopharmacology**, v. 229, p. 29-45, 2019.
- BOZIN, B.; MIMICA-DUKIC, N.; SAMOJLIK, I.; JOVIN, E. Antimicrobial and antioxidant properties of rosemary and sage (*Rosmarinus officinalis* L. and *Salvia officinalis* L., Lamiaceae) essential oils. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 55, n. 19, p. 7879-7885, 2007.
- CHÁVEZ-GONZÁLEZ, M. L.; RODRÍGUEZ-HERRERA, R.; AGUILAR, C. N. (2016). Essential oils: A natural alternative to combat antibiotics resistance. **Antibiotic Resistance-Mechanisms and New Antimicrobial Approaches**; Kon, K., Rai, M., Eds, p. 227-237.
- CUTILLAS, A. B.; CARRASCO, A.; MARTINEZ-GUTIERREZ, R.; TOMAS, V.; TUDELA, J. *Rosmarinus officinalis* L. essential oils from Spain: composition, antioxidant capacity, lipoxygenase and acetylcholinesterase inhibitory capacities, and antimicrobial activities. **Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology**, v. 152, n. 6, p. 1282-1292, 2018.
- DAI, J.; LI, C.; CUI, H.; LIN, L. Unraveling the anti-bacterial mechanism of Litsea cubeba essential oil against E. coli O157: H7 and its application in vegetable juices. **International Journal of Food Microbiology**, 338, 2021.
- DE MATOS, S. P.; TEIXEIRA, H. F.; DE LIMA, Á. A.; VEIGA-JUNIOR, V. F.; KOESTER, L. S. Essential oils and isolated terpenes in nanosystems designed for topical administration: A review. **Biomolecules**, v.9, n. 4, p. 138, 2019.
- DEWI, G.; NAIR, D. V.; PEICHEL, C.; JOHNSON, T. J.; NOLL, S.; JOHNY, A. K. Effect of lemongrass essential oil against multidrug-resistant Salmonella Heidelberg and its attachment to chicken skin and meat. **Poultry Science**, 2021.
- DIMA, C.; DIMA, S. Essential oils in foods: extraction, stabilization, and toxicity. **Current Opinion in Food Science**, v. 5, p. 29-35, 2015.
- DIMOPOULOS, G.; KATSIMICHAS, A.; TSIMOGIANNIS, D.; OREOPOULOU, V.; TAOUKIS, P. Cell permeabilization processes for improved encapsulation of oregano essential oil in yeast cells. **Journal of Food Engineering**, v. 294, 2021.
- DOLEA, D.; RIZO, A.; FUENTES, A.; BARAT, J. M.; FERNÁNDEZ-SEGOVIA, I. Effect of thyme and oregano essential oils on the shelf life of salmon and seaweed burgers. **Food Science and Technology International**, v. 24, n. 5, p. 394-403, 2018.

FALLEH, H.; JEMAA, M. B.; SAADA, M.; KSOURI, R. Essential oils: A promising eco-friendly food preservative. **Food Chemistry**, v. 330, 2020.

FANCELLO, F.; PETRETTO, G. L.; MARCEDDU, S.; VENDITTI, T.; PINTORE, G.; ZARA, G.; ZARA, S. Antimicrobial activity of gaseous Citrus limon var pompia leaf essential oil against *Listeria monocytogenes* on ricotta salata cheese. **Food microbiology**, v. 87, 2020.

FRAJ, A.; JAÂFAR, F.; MARTI, M.; CODERCH, L.; LADHARI, N. A comparative study of oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil-based polycaprolactone nanocapsules/microspheres: Preparation, physicochemical characterization, and storage stability. **Industrial Crops and Products**, v. 140, 2019.

HASANI-JAVANMARDI, M.; FALLAH, A. A.; ABBASVALI, M. Effect of safflower oil nanoemulsion and cumin essential oil combined with oxygen absorber packaging on the quality and shelf-life of refrigerated lamb loins. **LWT**, 2021.

HASSOUN, A.; ÇOBAN, Ö. E. Essential oils for antimicrobial and antioxidant applications in fish and other seafood products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 68, p. 26-36, 2017.

HUANG, L.; WANG, Y.; LI, R.; WANG, Q.; DONG, J.; WANG, J.; LU, S. (2021). Thyme essential oil and sausage diameter effects on biogenic amine formation and microbiological load in smoked horse meat sausage. **Food Bioscience**, v. 40, 2021.

KSOUDA, G.; SELLIMI, S.; MERLIER, F.; FALCIMAIGNE-CORDIN, A.; THOMASSET, B.; NASRI, M.; HAJJI, M. Composition, antibacterial and antioxidant activities of *Pimpinella saxifraga* essential oil and application to cheese preservation as coating additive. **Food chemistry**, v. 288, p. 47-56, 2019.

Liu, W.; Hou, Y.; Jin, Y.; Wang, Y.; Xu, X.; Han, J. Research progress on liposomes: Application in food, digestion behavior and absorption mechanism. **Trends in Food Science & Technology**, v. 104, p. 177-189, 2020.

LIU, X.; CHEN, L.; KANG, Y.; HE, D.; YANG, B.; WU, K. Cinnamon essential oil nanoemulsions by high-pressure homogenization: Formulation, stability, and antimicrobial activity. **LWT**, 2021.

OZAKI, M. M.; DOS SANTOS, M.; RIBEIRO, W. O.; DE AZAMBUJA FERREIRA, N. C.; PICONE, C. S. F.; DOMÍNGUEZ, R.; POLLONIO, M. A. R. Radish powder and oregano essential oil as nitrite substitutes in fermented cooked sausages. **Food Research International**, v. 140, 2021.

PATEIRO, M.; BARBA, F. J.; DOMÍNGUEZ, R.; SANT'ANA, A. S.; KHANEGHAH, A. M.; GAVAHIAN, M.; LORENZO, J. M. Essential oils as natural additives to prevent oxidation reactions in meat and meat products: A review. **Food Research International**, v. 113, p. 156-166, 2018.

PATEIRO, M.; MUNEKATA, P. E.; SANT'ANA, A. S.; DOMÍNGUEZ, R.; RODRÍGUEZ-LÁZARO, D.; LORENZO, J. M. Application of essential oils as antimicrobial agents against spoilage and pathogenic microorganisms in meat products. **International Journal of Food Microbiology**, v. 337, 2021.

PIMENTEL-MORAL, S.; VERARDO, V.; ROBERT, P.; SEGURA-CARRETERO, A.; MARTÍNEZ-FÉREZ, A. Nanoencapsulation strategies applied to maximize target delivery of intact polyphenols. **Encapsulations**, v. 2, p. 559-595, 2016.

PINELLI, J. J.; DE ABREU MARTINS, H. H.; GUIMARÃES, A. S.; ISIDORO, S. R.; GONÇALVES, M. C.; DE MORAES, T. S. J.; PICCOLI, R. H. Essential oil nanoemulsions for the control of *Clostridium sporogenes* in cooked meat product: An alternative? **LWT**, v. 143, 2021.

PRAKASH, A.; BASKARAN, R.; PARAMASIVAM, N.; VADIVEL, V. Essential oil based nanoemulsions to improve the microbial quality of minimally processed fruits and vegetables: A review. **Food Research International**, v. 111, p. 509-523, 2018.

RADÜNZ, M.; DA TRINDADE, M. L. M.; CAMARGO, T. M.; RADÜNZ, A. L.; BORGES, C. D.; GANDRA, E. A.; HELBIG, E. Antimicrobial and antioxidant activity of unencapsulated and encapsulated clove (*Syzygium aromaticum*, L.) essential oil. **Food chemistry**, v. 276, p. 180-186, 2019.

RAO, J.; CHEN, B.; MCCLEMENTES, D. J. Improving the Efficacy of Essential Oils as Antimicrobials in Foods: Mechanisms of Action. *Annual Review Food Science Technology*, v.25, n. 10, p. 365-387, 2019.

RAZOLA-DÍAZ, M., D. C.; GUERRA-HERNÁNDEZ, E. J.; GARCÍA-VILLANOVA, B.; VERARDO, V. Recent developments in extraction and encapsulation techniques of orange essential oil. **Food Chemistry**, v. 354, 2021.

RIBEIRO-SANTOS, R.; ANDRADE, M.; DE MELO, N. R.; SANCHES-SILVA, A. Use of essential oils in active food packaging: Recent advances and future trends. **Trends in food science & technology**, v. 61, p. 132-140, 2017.

RIBEIRO-SANTOS, R.; ANDRADE, M.; SANCHES-SILVA, A.; DE MELO, N. R. Essential oils for food application: natural substances with established biological activities. **Food and bioprocess technology**, v. 11, n. 1, p. 43-71, 2018.

ROSA, C. G.; DE MELO, A. P. Z.; SGANZERLA, W. G.; MACHADO, M. H.; NUNES, M. R.; MACIEL, M. V. D. O. B.; BARRETO, P. L. M. Application in situ of zein nanocapsules loaded with *Origanum vulgare* Linneus and *Thymus vulgaris* as a preservative in bread. **Food Hydrocolloids**, v. 99, 2020.

SÁNCHEZ, R. A. S.; PORTILLO-RUIZ, M. C.; VIRAMONTES-RAMOS, S.; MUÑOZ-CASTELLANOS, L. N.; NEVÁREZ-MOORILLÓN, G. V. Effect of Mexican Oregano (*Lippia berlandieri* Schauer) Essential Oil Fractions on the Growth of *Aspergillus* spp. in a Bread Model System. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 39, n. 6, p. 776-783, 2015.

SÁNCHEZ-RUBIO, M.; TABOADA-RODRÍGUEZ, A.; CAVA-RODA, R.; LÓPEZ-MOLINA, D.; MARÍN-INIESTA, F. Combined use of thermo-ultrasound and cinnamon leaf essential oil to inactivate *Saccharomyces cerevisiae* in culture broth and natural orange juice. **Journal of food science and technology**, v. 55, n. 11, p. 4623-4633, 2018.

SARIKURKCU, C.; ZENGİN, G.; OSKAY, M.; UYSAL, S.; CEYLAN, R.; AKTUMSEK, A. Composition, antioxidant, antimicrobial and enzyme inhibition activities of two *Origanum vulgare* subspecies (subsp. vulgare and subsp. hirtum) essential oils. **Industrial Crops and Products**, v. 70, p. 178-184, 2015.

SHARMA, S.; BARKAUSKAITE, S.; JAISWAL, A. K.; JAISWAL, S. Essential oils as additives in active food packaging. **Food Chemistry**, v. 343, 2020.

SIMÕES, C. M. D. O. et al. **Farmacognosia: do produto natural ao medicamento**. Porto Alegre: Artmed, 2017.

ŠOJIC, B.; PAVLIĆ, B.; TOMOVIĆ, V.; KOCIĆ-TANACKOV, S.; ĐUROVIĆ, S.; ZEKOVIĆ, Z.; ŠKALJAC, S. Tomato pomace extract and organic peppermint essential oil as effective sodium nitrite replacement in cooked pork sausages. **Food Chemistry**, v. 330, 2020.

STEVANOVIĆ, Z. D.; BOŠNJAK-NEUMÜLLER, J.; PAJIĆ-LIJAKOVIĆ, I.; RAJ, J.; VASILJEVIĆ, M. Essential oils as feed additives—future perspectives. **Molecules**, v. 23, n. 7, 2018.

SUN, X.; WANG, J.; ZHANG, H.; DONG, M.; LI, L.; JIA, P.; WANG, L. Development of functional gelatin-based composite films incorporating oil-in-water lavender essential oil nano-emulsions: Effects on physicochemical properties and cherry tomatoes preservation. **LWT**, v. 142, 2021.

WU, Z.; ZHOU, W.; PANG, C.; DENG, W.; XU, C.; WANG, X. Multifunctional chitosan-based coating with liposomes containing laurel essential oils and nanosilver for pork preservation. **Food Chemistry**, v. 295, p. 16-25, 2019.

CAPÍTULO 18: AVALIAÇÃO DO PROCESSAMENTO NOS COMPOSTOS FENÓLICOS E NA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE EM ALHO NEGRO (*ALLIUM SATIVUM*)

260

CAPÍTULO 18: EVALUACIÓN DEL PROCESAMIENTO EN COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN AJO NEGRO (*ALLIUM SATIVUM*)

CHAPTER 18: EVALUATION OF PROCESSING IN PHENOLIC COMPOUNDS AND ANTIOXIDANTE CAPACITY IN BLACK GARLIC (*ALLIUM SATIVUM*)

Diego Aires da Silva¹; Jéssica Moreira Ferreira²; Brenda Moreira Lima³; Lorena Beatriz Figueiredo Viana⁴
Giselle Cristine Melo Aires⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.260-275>

RESUMO

O alho (*Allium sativum*) apresenta excelente valor nutricional, por conter em sua composição vitaminas, aminoácidos, enzimas, compostos biologicamente ativos e minerais. Seus diversos benefícios à saúde são geralmente atribuídos à presença de compostos organosulfurados, que também são responsáveis pelo odor e sabor característicos do alho. No entanto, possui utilização limitada devido ao seu sabor e aroma pungente. Nesse contexto, o alho negro vem ganhando espaço no mercado, um produto obtido a partir da maturação do alho por períodos prolongados, com temperatura e umidade relativa controladas. Este processo confere cor negra, sabor adocicado e aroma frutado, sem a pungência característica do alho cru. A literatura ainda é escassa em relação à sua produção e composição. Neste sentido, o presente trabalho visa sugerir uma nova metodologia de produção do alho negro, avaliar o processamento nos compostos fenólicos e na capacidade antioxidante, além de avaliar a características físico-química deste produto. Os resultados evidenciaram que o processamento térmico a 60°C por 15 dias em panela elétrica, teve efeito positivo nas características do produto em relação ao alho *in natura* nos parâmetros avaliados de umidade (24,71%), pH (4,6), açúcares redutores (25,44 g·100 g⁻¹ de matéria seca) e com incremento nos conteúdos de compostos fenólicos (28,07 mg EAG/g) e capacidade antioxidante (19,89 µM Trolox/g). O alho negro obtido no presente trabalho apresentou diferença significativa (p < 0,05) em relação ao comercial, para as características físicas e químicas avaliadas, exceto para o valor de pH.

Palavras-Chave: *Allium sativum*, maillard, alho negro

ABSTRACT

Garlic (*Allium sativum*) has an excellent nutritional value, as it contains vitamins, amino acids, enzymes, biologically active compounds and minerals. Its various health benefits are generally attributed to the presence of organosulfur compounds, which are also responsible for the characteristic odor and flavor of garlic. However, it has limited use due to its pungent flavor and aroma. In this context, black garlic has been gaining space in the market, a product obtained from the maturation of garlic for prolonged periods, with controlled temperature and relative moisture. This process gives it a black color, a sweet taste and a fruity aroma, without the pungency characteristic of raw garlic. Literature is still scarce in relation to its production and composition. In this sense, the present work aims to suggest a new

¹ Tecnologia de Alimentos, Universidade do Estado do Pará diegoaires@uepa.br

² Tecnologia de Alimentos, Universidade do Estado do Pará jessicaferreira1142@gmail.com

³ Tecnologia de Alimentos, Universidade do Estado do Pará moreirabrenda433@gmail.com

⁴ Tecnologia de Alimentos, Universidade do Estado do Pará d.lorevianna@gmail.com

⁵ Tecnologia de Alimentos, Universidade do Estado do Pará giselle.aires@uepa.br

methodology for the production of black garlic, to evaluate the processing of phenolic compounds and antioxidant capacity, in addition to evaluating the physical and chemical characteristics of this product. The results showed that the thermal processing at 60°C for 15 days in an electric pan, had a positive effect on the characteristics of the product in relation to garlic in natura in the evaluated parameters of humidity (24.71%), pH (4.6), reducing sugars (25.44 g · 100 g⁻¹ of dry matter) and with an increase in the contents of phenolic compounds (28.07 mg EAG / g) and antioxidant capacity (19.89 µM Trolox / g). The black garlic obtained in the present work showed a significant difference ($p < 0.05$) in relation to the commercial one, for the physical and chemical characteristics evaluated, except for the pH value.

Keywords: Black garlic. Garlic Processing. Antioxidant activity. Phenolic Compounds

INTRODUÇÃO

O alho (*Allium sativum* L.) é definido como uma especiaria, produto constituído de partes (raízes, rizomas, bulbos, cascas, folhas, flores, frutos, sementes e talos) de uma ou mais espécies vegetais, tradicionalmente utilizadas para agregar sabor ou aroma aos alimentos e bebidas (BRASIL, 2005). É uma espécie cultivada há milhares de anos, tendo as zonas temperadas da Ásia Central como seu principal centro de origem, se espalhando para a região do Mediterrâneo (VIEIRA, 2004).

Esta hortaliça possui importância sócio-econômica no Brasil, por ser cultivada, em sua grande maioria por pequenos produtores, com utilização da mão de obra familiar (VIEIRA, 2004; SILVA, LEITE & RESENDE, 2008), em várias regiões do país, apresentando uma maior produtividade nos estados de Minas Gerais, Goiás, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (CONAB, 2020).

O alho apresenta um valor energético de 121 kcal por 100 g, devido ao elevado teor de carboidratos (25,8 g) e proteínas (5,70 g), além de um excelente valor nutricional por conter em sua composição vitaminas do complexo B e minerais (TBCA, 2020).

O alho é considerado um alimento funcional rico em alicina, possui ação antiviral, antifúngica, antibiótica e antioxidante (BUTT *et al.*, 2009; CONCEIÇÃO, 2013; FONSECA *et al.*, 2014; SANTHOSHA; JAMUNA & PRABHAVATHI, 2013), e apresenta também em sua composição o ácido fosfórico, ácido sulfúrico, proteínas e sais minerais. Além de compostos fenólicos e organosulfurados responsáveis tanto pelo odor e sabor, quanto pela ação antioxidante (CORZO-MARTINEZ, CORSO & VILLAMIEL, 2007; SILVA, 2013). No entanto, o uso de alho cru é limitado, devido ao seu sabor e aroma pungente, nesse contexto, surge a necessidade de novos processamentos e produtos no mercado que venham reduzir essa adstringência, mantendo ou potencializando os benefícios e que apresente vantagens comerciais.

O alho negro é obtido a partir do processamento térmico do alho fresco (*Allium*

sativum L.), sob temperatura e umidade relativa controladas por um determinado período. Através da reação de *Maillard* os dentes de alho se tornam escuros, com sabor adocicado e mudanças de textura (YUAN, 2018).

Diversos estudos relatam que o alho negro apresenta variadas funções, como efeitos antioxidantes, antialérgicos, antidiabetes, anti-inflamatórios e anticarcinogênicos (CORZO-MARTINEZ, CORSO & VILLAMIEL, 2007; PEREIRA *et al.* 2018; ZOU *et al.*, 2017). Portanto, o alho negro reduz a pungência sensorial característica desta matéria prima, e seu consumo se mostra benéfico a saúde (PIRES, 2014).

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo produzir o alho negro e avaliar suas características físico-químicas, capacidade antioxidante e compostos fenólicos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Alho

Entende-se por alho o bulbo da espécie *Allium sativum*, L. (Figura 1) que se apresenta com as características do cultivar bem definidas, fisiologicamente desenvolvido, inteiro, sadio e isento de substâncias nocivas à saúde (BRASIL,1992). É uma planta pertencente à família *Liliacea*, que apresenta mais de 700 espécies, incluindo a cebola, o alho-poró e a cebolinha (NOVO, 2018).

A produção de alho no Brasil em 2018, foi estimada em 118,8 mil toneladas (IBGE, 2018). Esse cultivo apresenta grande importância, tanto pela área plantada, quanto pela geração de mão de obra, mas essa cultura vem perdendo espaço devido à importação (PIRES, 2014). Em 2019 foram importados um total de 165,4 mil toneladas, sendo 77,7 mil toneladas da Argentina e 58,4 mil toneladas da China que é o maior fornecedor de alho para o Brasil. Outros países complementam o total importado (CONAB, 2020).

A comissão técnica de normas e padrões do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, classifica o alho em dois grupos: o branco e o roxo, de acordo com a coloração da película do bulbilho. E em dois subgrupos de acordo com o número de bulbilhos por bulbo: o nobre, que apresenta de 5 a 20 bulbilhos e o comum com mais de 20 bulbilhos (BRASIL,1992). Da planta, para o consumo, o bulbo (cabeça) é o mais utilizado, este é dividido em bulbilhos (dentes), onde se armazenam os componentes aromáticos e nutricionais do alho (PEREIRA *et al.* 2018).

O alho tem excelente valor nutricional, por conter em sua composição vitaminas, aminoácidos, enzimas, compostos biologicamente ativos e minerais. (SILVA, 2013; TACO,

2011). Sendo amplamente utilizado não só para fins culinários, mas também medicinais (FONSECA *et al.*, 2014; LI, XU & SUN, 2007; RÍOS-RÍOS *et al.*, 2019). Apresenta potencial antioxidante, que é atribuído aos compostos alilo e polifenólicos. Pela ação da enzima alinase, a alina na presença de água é convertida nas substâncias alicina (Dialil thiosulfinate) e S-alilcisteína (SAC), estas são responsáveis pelo odor pungente característico do alho (MALDONADE & MACHADO, 2016).

Sua principal função, em termos culinários é fornecer o seu aroma e sabor característico aos alimentos, sendo utilizado picado, esmagado, cru, frito ou cozido, com o intuito de temperar carnes, molhos entre outros tipos de alimentos. Além de ser encontrado no mercado na forma pulverizada, líquida, pasta, óleo ou extratos (CONCEIÇÃO, 2013; MALDONADE & MACHADO, 2016).

Por apresentar um sabor pungente característico, o consumo do alho cru não é muito difundido, levando ao estudo e utilização de novos processos industriais, tais como envelhecimento, fermentação e tratamento térmico para a obtenção de produtos de alho com redução do odor pungente e que mantenha as suas propriedades benéficas (BOTAS, 2017; TOLEDANO-MEDINA *et al.*, 2016).

Alho negro

Processo de produção

O alho preto ou alho negro (Figura 1), é obtido a partir do alho *in natura*, maturação em um determinado período de tempo por alta temperatura, alterando sua composição química, textura, cor, sabor e, em relação ao alho fresco, não libera odor desagradável, pois tem teor de alicina reduzido, por ser um composto instável quando submetido à elevadas temperaturas. Sua origem é desconhecida, mas países como Japão, Coreia do Sul e Tailândia já consumiam há muitos anos, e nos últimos 10 anos seu consumo vêm crescendo e ganhando espaço na culinária de vários países (KIMURA, 2017; MALDONADE & MACHADO, 2016).

Figura 1. Bulbos de alho negro.

Fonte: Autor

Existem várias patentes para o processo de produção do alho negro, as quais diferem-se em relação ao período de processamento, que pode variar de 7 à 60 dias; temperatura (60-90 °C), umidade relativa controlada por meio de soluções salinas saturadas (70-90%), tipo de recipiente usado para a maturação, além do uso de fermentação nos processos em temperaturas mais baixas (BOTAS, 2017). Após esse processo o novo produto é apresentado com características diferentes, com cor preta, cheiro agradável e uma doçura de fruta, podendo este ser consumido em seguida (BAE *et al.*, 2014; NODA *et al.*, 2013; PIRES & MAURO, 2016; SILVA, 2013).

Podem ser utilizados equipamentos de larga escala na produção de alho negro, tais como estufa-secador e câmaras de fermentação com diferentes capacidades de produção. Por ter uma demanda de tempo de produção em torno de 30-60 dias em temperatura elevada e alta umidade, torna-se necessário não apenas reduzir o tempo de procedimento, mas tornar menos complexo o processo de produção (NODA *et al.*, 2013).

Composição do alho negro e suas funcionalidades

O processo de envelhecimento do alho negro está diretamente ligado a reação de *Maillard* devido a formação de melanoidinas responsáveis por promover a coloração negra ao alho, em pH favorável de 6 e 8 (PIRES, 2014; SHIBAO & BASTOS, 2011). O produto possui um alto teor de polissacarídeos, proteínas, compostos fenólicos e compostos orgânicos de enxofre (LU *et al.*, 2017). Pesquisas mostram que alguns componentes do alho negro ajudam no combate de doenças, inibição do crescimento da linha celular cancerosa, atividade antiobesidade, ação antialérgica e também na redução de lipídios no sangue (KIMURA *et al.*, 2017; PIEKARSKI, 2013).

Lu *et al.* (2017), destacaram em seu estudo a elevada atividade antioxidante do alho

negro, e um aumento no conteúdo de polifenóis e flavonoides durante o período de aquecimento. Ademais, compostos orgânicos de enxofre, alcaloides da β -carbolina e melanoidinas são encontrados em abundância neste produto (ZOU *et al.*, 2017).

A inserção do alho negro na dieta pode melhorar ou reduzir a gordura corporal, baixar a hiperlipidemia e proteger contra o estresse, também previne complicações diabéticas, e é usado como antioxidante para proteger as células de doenças e assim retardar o envelhecimento delas (SILVA, 2013).

O alho negro é utilizado a centenas de anos nos países orientais, especialmente na Coreia, devido as suas propriedades medicinais e também por sua versatilidade culinária, sendo utilizado nas preparações de purês, molhos ou adicionados às massas, arroz, pizzas, inteiros ou picados. Por apresentar um sabor único, sua popularidade se espalhou pelo mundo e recentemente foi introduzido a alta gastronomia ocidental (MALDONADE & MACHADO, 2016; PEREIRA *et al.* 2018).

Reação de Maillard

A reação de *Maillard*, corresponde a uma série de reações de escurecimento não enzimático, que surgem principalmente durante o aquecimento e armazenamento prolongado de produtos alimentícios, no qual ela confere influência à atributos sensoriais fundamentais para aceitação de alimentos termicamente processados, com a geração de compostos voláteis responsáveis pelo sabor, aroma, cor e mudança de textura (BASTOS *et al.*, 2011; SHIBAO, 2010). Esta reação é subdividida em três estágios: estágio inicial, estágio intermediário e estágio final (BASTOS *et al.*, 2011; BRIÃO *et al.*, 2011; LIU *et al.*, 2014).

Na primeira etapa ocorre a condensação entre um açúcar redutor e um grupamento amino, formando os produtos do rearranjo de Amadori (açúcar aldose) ou levando aos produtos de Heyns (açúcar cetose). Os compostos formados levam ao início da etapa intermediária, ocorrendo a fragmentação dos compostos de Amadori e a formação de substâncias de coloração amarelada com absorção intensa na região ultravioleta. No estágio final, há a desidratação, ciclização e reações de polimerização, formando pigmentos poliméricos de coloração marrom, como as melanoidinas. Estes pigmentos levam à coloração dos alimentos, sendo desejáveis ou indesejáveis e fazendo parte do estágio final da reação de *Maillard* (FRANCISQUINI *et al.*, 2017; LIU *et al.*, 2014; SHIBAO, 2010).

A ocorrência da reação de maillard está relacionada a vários fatores, como temperatura (acima de 40 °C), atividade de água (0,4 a 0,7), pH (6 a 8), umidade relativa (30% a 70%) e a reação pode ser catalisada na presença de íons metálicos de transição como Cu^{2+} e Fe^{2+} e pela

composição química do alimento (KWAK & LIM, 2004; PIRES & MAURO, 2016; RODRIGUEZ *et al.*, 2016; YILMAZ & TOLEDO, 2005).

METODOLOGIA

Matéria-prima

As amostras de alhos (*Allium Sativum L.*) frescos foram selecionadas do grupo de alho roxo e subgrupo nobre e foram adquiridas em um mercado local da cidade de Cametá – Pará, localizada à margem esquerda do Rio Tocantins. Os bulbos ficaram armazenados à temperatura ambiente em local fresco, até utilização nos experimentos. O alho negro comercial foi cedido por uma empresa localizada na cidade de Belém-PA.

Processamento

Para a produção de alho negro, uma panela elétrica (Figure 2) da marca Funkitchen com capacidade de 3 L, teve seu interior forrado com papel manteiga, onde foram colocados 10 bulbos de alho, conforme pode ser observado na figura 4. Em seguida, acoplou-se um termômetro na saída de vapor para controle da temperatura em 60 °C. Após 15 dias de processo, ver figura 6, os bulbos foram retirados e armazenados em embalagens de polipropileno sob vácuo à temperatura ambiente e abrigado de luz.

Figura 2. Panela elétrica contendo os alhos em início de processo e alho pós processamento.

Fonte: Autor.

Análises físico-químicas no alho *in natura* e no alho negro

Análises de umidade, sólidos solúveis, pH, açúcares redutores e totais, compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante, foram realizadas nas amostras de alho *in natura* e de alho negro artesanal e comercial, em caráter de comparação.

Umidade

A umidade foi determinada nas amostras de alho *in natura*, alho negro comercial e alho negro artesanal. A determinação da umidade foi realizada seguindo a metodologia de dessecação em estufa a 105 °C, descrita por ADOLFO LUTZ (2008).

Sólidos Solúveis

Leitura em refratômetro analógico (AKROM- REF90, precisão, 1%) com escala de 0 a 90% e compensação automática de temperatura (ATC) de 10 a 30 °C, devidamente calibrado com água destilada.

pH

Para análise de pH foi determinado através da imersão do eletrodo (Marconi) nas amostras diluídas em água destilada a 20 °C (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Açúcares redutores e totais

As análises foram realizadas pelo método titulométrico com soluções de Fehling A e B, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz, 1985.

Compostos fenólicos totais

O teor de compostos fenólicos totais foi determinado pelo método descrito por Singleton e Rossi (1965), modificado por (GEORGÉ *et al.*, 2005), o qual baseia-se na reação com o reagente de Folin-Ciocalteu. A quantificação foi feita em espectrofotômetro a 760 nm, com as medições em triplicata para cada amostra. O conteúdo fenólico total foi calculado com base na curva padrão do ácido gálico e expresso em mg de ácido gálico equiv / g.

Capacidade antioxidante

A determinação de capacidade antioxidante foi realizada através do método ABTS, conforme metodologia proposta por Re *et al.* (1999), em que mede-se a diminuição de concentração do radical ABTS [ácido 2,2-azin9-bis (3-etilbenzotiazolin)-6-sulfônica] capturado pelo antioxidante testado da amostra e pelo equivalente hidrossolúvel da vitamina E (trolox). O extrato foi preparado a partir de aproximadamente 1 grama de amostra, utilizando como solvente extrator metanol a 50%, acetona a 70% e água destilada, o qual foi homogeneizado, centrifugado (11.000 rpm por 15 minutos) e filtrado em duas etapas, este filtrado foi transferido para um balão volumétrico e aferido para 50 mL com água destilada.

Para obtenção da curva padrão, as amostras foram analisadas em triplicata, após preparo e leitura do padrão de trolox 2 mM, em diferentes diluições. A leitura foi realizada em espectrômetro à 734 nm após 6 minutos da mistura do radical ABTS (5 mL de solução de ABTS 7 mM e 88 µL de solução de persulfato de potássio 140 mM), com o extrato da amostra em diferentes diluições, utilizando o álcool etílico como branco.

Análise estatística

Os resultados avaliados foram expressos por análise de variância (ANOVA), por intervalo de confiança de 95% ($p < 0,05$ considerados significativamente) com isso as médias foram comparados pelo teste Tukey, por meio do software versão 7.0 (STATSOFT INC., 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da Matéria-prima

Durante o processamento o alho adquiriu uma coloração preta, devido a reação de escurecimento não enzimático, que depende muito da temperatura de aquecimento, sendo ela um indicador de maturação do alho negro (ZHANG *et al.*; 2016).

Após 15 dias de incubação a 60 °C do alho *in natura* foi obtido um alho de cor negra, sem odor característico de alho, macio e casca de coloração dourada, como observado na Figura 3.

Figura 3. Alho negro obtido após 15 dias de processamento.

Fonte: Autor.

Como observa-se na Tabela 1, as amostras de alho *in natura*, negro comercial e artesanal diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) para os valores de umidade, sólidos solúveis, açúcar total, redutor e não redutor.

Tabela 1 - Caracterização do alho *in natura* (AI), alho negro comercial (AC) e alho artesanal (AA).

Análise	AI	AC	AA
Açúcares Totais	34,63 ± 0,52 ^a	41,03 ± 0,73 ^b	65,88 ± 1,84 ^c
Açúcar Redutor	ND	21,27 ± 0,34 ^a	25,44 ± 0,55 ^b
Açúcar Não Redutor	34,63 ± 0,52 ^a	19,76 ± 0,81 ^b	40,44 ± 1,29 ^c
Umidade	65,76 ± 0,13 ^a	28,56 ± 0,5 ^b	24,71 ± 0,02 ^c
Sólidos Solúveis Totais	13,17 ± 0,29 ^a	21,83 ± 0,29 ^b	27,33 ± 0,29 ^c
pH	6,6 ± 0,00 ^a	4,6 ± 0,00 ^b	4,67 ± 0,06 ^b

Letras diferentes na horizontal diferem significativamente ($p < 0,05$). Médias em triplicata + DP. ND: Não detectado.

Neste estudo, foram encontrados valores de umidade para o alho negro comercial e o alho negro artesanal, semelhantes aos encontrados por Silva (2013) e valores menores que o relatado por Choi, Cha, Lee (2014) que encontraram uma umidade de 31,77% no 14º dia de análise do alho negro a 70° C com 90% UR.

Para o teor de sólidos solúveis do alho negro artesanal, o resultado encontrado neste trabalho foi de 27,33 °Brix, um resultado superior ao encontrado por Maldonado e Machado (2016) (21,10 °Brix) ao analisarem SST de alho negro comercial e alho negro produzido pela Embrapa.

O processo de envelhecimento do alho promoveu aumento dos teores de sólidos solúveis totais (SST), tanto na amostra comercial, quanto nos bulbos processados neste estudo. Este resultado pode estar relacionado com a doçura característica do alho negro.

O valor de pH observado para as amostras de alho *in natura* foi de 6,60 e para o alho negro artesanal de 4,67 (Tabela1). Toledano-Medina *et al.*, (2016) ao avaliarem a evolução de algumas propriedades físico-químicas e antioxidantes de bulbos de alho negro, observaram o valor de pH de 6,31 para o *in natura* e 4,87 para o negro obtido a 72°C por 11 dias. A diminuição do pH ocorre durante o processo de transformação do alho *in natura* em alho negro com o aumento do tempo de processamento térmico e temperatura utilizados (BAE *et al.*, 2014; YUAN *et al.*, 2018).

Os açúcares não redutores inicialmente presentes no alho *in natura* foram, em boa parte hidrolisados, sendo transformados em açúcares redutores. O pH inicial de 6,60 sofreu redução durante o processo, propiciando uma hidrólise. Segundo Dalonso *et al.* (2009) a formação de açúcares redutores pode ocorrer via hidrólise ácida, e não enzimática, uma vez que os oligossacarídeos (inulina) presentes no alho podem ser hidrolisados em condições ácidas,

possibilitando um aumento no conteúdo de açúcares.

As amostras de alho negro testadas, também foram caracterizadas por um conteúdo diferenciado ($p < 0,05$) de açúcares (Tabela 1). O conteúdo médio de açúcares redutores no alho *in natura* não foi detectado, de modo que, no alho negro artesanal este valor, foi significativamente maior ($25,44 \pm 0,55 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de matéria seca) do que no alho comercial ($21,27 \pm 0,34 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ de matéria seca). Os resultados para alho negro, obtidos neste estudo, são semelhantes aos dados obtidos por Pires, (2014) ao avaliar o alho negro a 65°C . Assim como neste estudo, Pires & Mauro (2016) observaram que há um aumento do teor de açúcares redutores ao final do processamento do alho negro.

270

Compostos fenólicos e capacidade antioxidante

Os valores encontrados referentes a caracterização de compostos fenólicos e atividade antioxidante estão expressos na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores médios de compostos fenólicos (mg EAG/g) e atividade antioxidante (μM Trolox/g) do alho *in natura* (AI), alho negro comercial (AC) e alho artesanal (AA).

Análise	AI	AC	AA
Compostos Fenólicos	$0,99 \pm 0,05^a$	$10,49 \pm 0,78^b$	$28,07 \pm 1,06^c$
Atividade Antioxidante	$1,83 \pm 0,05^a$	$7,45 \pm 0,48^b$	$19,89 \pm 0,83^c$

Letras diferentes na horizontal diferem significativamente ($p < 0,05$).
Médias em triplicata + DP.

Jang, Seo & Lee (2008), realizaram a determinação de compostos polifenólicos (10 mg/g) em extratos de alho negro e alho *in natura* e constataram que há um aumento significativo no teor desse bioativo do alho negro em comparação ao alho *in natura*, assim como nos estudos realizado por Pires, (2020) (4,92mg/g).

Os valores determinados de compostos fenólicos totais nos alhos negros processados neste estudo foram cerca de 3 vezes maiores do que aqueles encontrados na amostra comercial e muito superior ao *in natura*. Sendo esse crescimento é semelhante ao encontrado por Kim, Kang & Gweon (2013) ao compararem os teores de ácidos fenólicos e flavonoides em diferentes etapas do processamento térmico.

O aumento do conteúdo de compostos fenólicos no alho negro pode ser justificado pela perda de água e também pela formação de compostos fenólicos no processo (WANG & SUN, 2017). Os compostos instáveis no alho cru são transformados em compostos solúveis estáveis com alto poder antioxidante durante o tratamento térmico (CORZO-MARTINEZ, CORSO &

VILLAMIEL, 2007). Estudos realizados com alho negro destacam que o aumento de sua capacidade antioxidante pode ser pela crescente no teor de polifenóis e S-alil-cisteína, um composto derivado da alina (LEE *et al.*, 2009; NAJMAN, SADOWSKA & HALLMANN, 2020).

Como ocorrido com CF, o aumento da atividade antioxidante no alho negro se deve não somente à perda de água, mas também à formação de compostos antioxidantes, como mostra a Tabela 2. Ao final do tratamento térmico observou-se um aumento da capacidade antioxidante de 10 vezes mais no alho negro artesanal, sendo significativamente maior do que no alho *in natura*. Lee *et al.* (2009), descreveram um aumento de 6,5 vezes na capacidade antioxidante do alho negro, fator também observado por Toledano-Medina *et al.* (2016).

A capacidade antioxidante do alho aumenta com o aumento da temperatura do processo (TOLEDANO-MEDINA *et al.*, 2016), uma relação semelhante à mostrada por Choi, Cha, Lee (2014) durante o tratamento térmico de alho negro a 70 °C, em que notaram um aumento significativo ($p < 0,05$) do teor de componentes antioxidantes, confirmando a relação positiva entre as propriedades antioxidantes do alho negro e temperatura do tratamento térmico.

CONCLUSÕES

O tratamento térmico com umidade controlada realizado em panela elétrica confe ao alho características sensoriais característicos do produto. Constata-se uma alta redução do teor de umidade após o tratamento, apresentando valores similares a literatura. O alho negro artesanal apresentou um aumento no teor de sólidos solúveis e alteração da composição de açúcares durante o processo devido à hidrólise de açúcares não redutores.

Com relação à capacidade antioxidante do alho negro, constatou-se aumento do conteúdo de seus compostos fenólicos e de sua atividade antioxidante em relação ao alho *in natura*, não somente devido à perda de água, mas também pela formação desses compostos.

O alho negro artesanal, em comparação ao alho negro comercial, apresentou diferença em relação às características físicas e químicas avaliadas, exceto para o valor de pH. Por fim, concluiu-se que 15 dias de processamento foram suficientes para a obtenção do alho negro, com teor de compostos fenólicos e índice de capacidade antioxidante expressivos.

REFERÊNCIAS

272

- ANGELO, P. M.; JORGE, N. **Compostos fenólicos em alimentos - uma breve revisão**. Rev. Inst. Adolfo Lutz (Impr.), São Paulo, v. 66, n. 1, 2007.
- BAE, S. E; CHO, S. Y; WON, Y. D.; LEE, S. H.; PARK, H. J. **Changes in S-allyl cysteine contents and physicochemical properties of black garlic during heat treatment**. LWT - Food Science and Technology, Volume 55, 2014.
- BARBOSA, T. N. R. M., FERNANDES, D. C. **compostos bioativos e doenças cardiovasculares: revisando as evidências científicas**. Goiânia, v. 41, n. 2, p. 181-192. Jun. 2014.
- BASTOS, D. H. M.; SHIBAO, J.; FERREIRA, E. L.; BOMBO, A. J. **Produtos da reação de Maillard em alimentos**. Nutrire: rev. Soc. Bras. Alim. Nutr.= J. Brazilian Soc. Food Nutr., São Paulo, SP, v. 36, n. 3, p. 63-78, dez. 2011.
- BOTAS, J. C. S. **Caracterização química e propriedades bioativas de Allium sativum L. com diferentes proveniências e processamentos**. Bragança: IPB e US. 2017. 61p. (Dissertação mestrado).
- BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA (1992). Portaria RDC nº 242, de 17 de setembro de 1992. **Norma de Identidade, Qualidade, Acondicionamento, Embalagem e Apresentação do Alho**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 24 set. 1992.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução RDC n. 276, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento técnico para especiarias, temperos e molhos**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 jun. 2005. Seção 1.
- BRASIL. Ministério da Saúde e Anvisa. **Monografia da espécie Allium Sativum (Alho)**. Brasília 2015. Disponível em: <https://portal.arquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2017/setembro/11/Monografia-Allium.pdf>. Acesso em: 26 de Jan. de 2020.
- BRIÃO, V. B., FOLLMER, L.; SOUZA, M.; RODRIGUES, V. M. **Cinética do escurecimento não-enzimático com soluções modelo de açúcares e aminoácidos em pH neutro e ácido**. Acta Scientiarum Technology, v. 33, n. 1, p. 87-93, 2011.
- BUTT M. S.; SULTAN M. T.; BUTT M. S.; IQBAL; J. **Garlic: nature's protection against physiological threats**. Crit Rev Food Sci Nutr. Jun;49(6):538-51, 2009.
- CHOI, I. S.; CHA, H. S.; LEE, Y. S. **Physicochemical and Antioxidant Properties of Black Garlic**. *Molecules* **2014**, 19 (10), 16811-16823.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Alho. **Histórico mensal alho, período: Dezembro de 2019**. (2020). Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-alho>. Acesso em: 23 de Jan. de 2020.
- CONCEIÇÃO, S.F.S.M. **Efeitos do Gengibre, do Alho e do Funcho na Saúde**. 79 p. Dissertação de Mestrado - Universidade Fernando Pessoa, Faculdade Ciências da Saúde, Mestre em Ciências Farmacêuticas. Porto, 2013.
- CORZO – MARTINEZ, M.; CORSO, N. & VILLAMIEL, M. **Propriedades biológicas das cebolas e alho**. *Trends Food Sci Technol*. 18 : 609 – 625 (2007).
- DALONSO, N.; IGNOWSKI, E.; MONTEIRO, C. M. A.; GELSLEICHTER, M.; WAGNER, T. M.; SILVEIRA, M. L. L.; SILVA, D. A. K. **Extração e caracterização de carboidratos presentes no alho (Allium sativum L.): proposta de metodologia alternativa**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 29, n. 4, p.793-797, 2009.
- FONSECA, G.M.; PASSOS, T.C.; NINAHUAMAN, M.F.M.L.; CAROCI, A.S.; COSTA, L.S.

- Avaliação da atividade antimicrobiana do alho (*Allium sativum* Liliaceae) e de seu extrato aquoso.** Rev. Bras. Pl. Med., Campinas, v.16, n.3, supl. I, p.679-684, 2014.
- FRANCISQUINI, JDF; MARTINS, E; SILVA, PHF; SCHUCK, P; PERRONE, IT; CARVALHO, A. F. **Reação de Maillard: uma revisão.** Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes, v. 72, n. 1, p. 48-57, 2017
- GEORGÉ, S., BRAT, P., ALTER, P., & AMIOT, M. J. **Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 53, n. 5, p. 1370-1373, 2005. ISSN 0021-8561.
- HERNÁNDEZ, A. M. & PRIETO GONZÁLES, E. A. **Plantas que contienen polifenoles.** Revista Cubana de Investigaciones Biomedica, Ciudad de La Habana, v.18, n. 1, p. 12-14, 1999.
- IBGE. **Produção Agrícola municipal (PAM), Lavouras temporárias**, 2018. Disponível em: <http://www.ibge.gov/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=resultados>. Acesso em: 22 de Jan. de 2020.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz, métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 3. ed. V. 1. São Paulo, 1985.
- JANG, E.-K; SEO, J.-H & LEE, S.-P. **Physiological activity and antioxidative effects of aged black garlic (*Allium sativum* L.) extract.** Jornal Coreano de Ciência e Tecnologia de Alimentos. 40. 443-448, (2008).
- KWAK, E. J. & LIM, S. I. **The effect of sugar, amino acid, metal ion, and NaCl on model Maillard reaction under pH control.** Amino Acids 27, 85-90, 2004.
- KIM, J. S.; KANG, O. J. & GWEON, O. C. **Comparison of phenolic acids and flavonoids in black garlic at different thermal processing steps.** J. Funct. Foods, 5, p. 80, (2013).
- LEE, C. H.; CHEN, Y. T.; HSIEH, H. J.; CHEN, K.-T.; CHEN, Y.-A.; WU, J. T.; TSAI, M. S.; LIN, J. A.; HSIEH, C. W. **Exploring epigallocatechin gallate impregnation to inhibit 5-hydroxymethylfurfural formation and the effect on antioxidant ability of black garlic.** LWT, Volume 117, 2020.
- LEE, Y. M.; GWEON, O. C.; SEO, Y.J; IM, J.; KANG, M. J.; KIM, M. J.; KIM, J. I. **Antioxidant effect of garlic and aged black garlic in animal model of type 2 diabetes mellitus.** Nutr Res Pract.; 3 (2): 156-161; 2009.
- LEMOES, A. R. **Caracterização físico-química, bioquímica e avaliação da atividade antioxidante em genótipos de Urucueiros (*Bixa orellana* L.).** Dissertação de mestrado - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), 2008.
- LI, Y.; XU, S.-Y.; SUN, D.-W. **Preparation of garlic powder with high allicin content by using combined microwave-vacuum and vacuum drying as well as microencapsulation.** Journal of Food Engineering, Volume 83, 2007.
- LIU, Q.; LI, J.; KONG, B.; LI, P.; XIA, X. **Physicochemical and antioxidant properties of Maillard reaction products formed by heating whey protein isolate and reducing sugars.** International Journal of Dairy Technology, v. 67, n. 2, p. 220-228, 2014.
- LU, X.; LI, N.; QIAO, X.; QIU, Z.; LIU, P. **Composition analysis and antioxidant properties of black garlic extract** Journal of Food and Drug Analysis, 25, pp. 340 – 349, (2017)
- LU, X.; LI, N.; QIAO, X.; QIU, Z.; LIU, P. **Effects of thermal treatment on polysaccharide degradation during black garlic processing.** Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie- Food Science and Technology, 95, pp. 223-229, (2018).
- MALDONADE, I. R. & MACHADO, E. R. **Alho negro: características e benefícios à saúde.** Embrapa Hortaliças - Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E). Brasília, DF, p. 28-33, maio 2016.

- NAJMAN, K.; SADOWSKA, A.; HALLMANN, E. **Influence of Thermal Processing on the Bioactive, Antioxidant, and Physicochemical Properties of Conventional and Organic Agriculture Black Garlic (*Allium sativum* L.)**. *Appl. Sci.*, 10 (23), 8638, 2020.
- NODA, Y.; ASADA, C.; SASAKI, C.; HASHIMOTO, S.; NAKAMURA, Y. **Extraction method for increasing antioxidant activity of raw garlic using steam explosion**. *Biochemical Engineering Journal*, Volume 73, 2013.
- NOVO, C. F. **Atividade antioxidante do alho (*Allium sativum* L.) quando submetido a diferentes processos tecnológicos**. Dissertação de mestrado. Universidade Fernando Pessoa. Porto, 2018.
- PEREIRA, C. C.; SEGALA, G. D.; SÁ, M. M. M.; SASAKI, M. S.; REZENDE, R. S. A.; FELICIANO, P. O.; NETO, R. S. **Processamento de alho (*allium sativum*) para a produção de alho negro e utilização em preparações gastronômicas**. XXII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VIII Encontro de Iniciação à Docência - Universidade do Vale do Paraíba. 2018.
- PIEKARSKI, P. **Análise nutricional e fitoquímica de frutos da *Morus nigra* L.** (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- PIRES, L. S. **ALHO NEGRO E CEBOLA NEGRA: determinação e avaliação de parâmetros de processamento, propriedades físico-químicas e termodinâmicas**. 171 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2020.
- PIRES, L. S. & MAURO, M. A. **ALHO NEGRO: DESENVOLVIMENTO DA COR E FORMAÇÃO DE AÇÚCARES REDUTORES**. XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos e X CIGR Section IV Internacional Technical Symposium – Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande Sul. 2016.
- PIRES, L. S. **Processamento do alho negro**. 102 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2014.
- RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. **Antioxidant activity applying an improved abts radical cation decolorization assay**. *Free Radical Biology & Medicine*, Vol. 26, Nos. 9/10, pp. 1231–1237, 1999.
- RÍOS-RÍOS, K.L.; MONTILLA, A.; OLANO, A.; VILLAMIEL, M. **Physicochemical changes and sensorial properties during black garlic elaboration: A review**. *Trends in Food Science & Technology*, 88 (2019), pp. 459-467. Disponível em: <http://10.1016/j.tifs.2019.04.016>.
- RODRIGUEZ, A.; CUFFIA, F.; PIAGENTINI, A.; LEMA, P.; PANIZZOLO, L. A.; ROZYCKI, S. D. **Study of the browning and gelation kinetics in a concentrated sheep milk and sucrose system**. *International Journal of Dairy Technology*, v. 69, p. 1-7, 2016.
- SANTOS, I. S. N. **Avaliação do potencial antioxidante dos compostos fenólicos de extractos de plantas da flora portuguesa**. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Farmacêuticas). Universidade Fernando Pessoa, Faculdade de Ciência da Saúde – Porto, 2010.
- SANTHOSHA, S. G.; JAMUNA, P.; PRABHAVATHI, S. N. **Bioactive components of garlic and their physiological role in health maintenance: A review**. *Food Bioscience*, 3 (2013), p. 59-74.
- SAVI, A. **otimização do processo de extração de compostos Bioativos de folha de Jambo (*Syzygium malaccense*)**. Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Pato Branco, 2015.
- SHIBAO, J. & BASTOS, D. H. M. **Produtos da reação de Maillard em alimentos:**

- implicações para a saúde.** Rev. Nutr., Campinas, v. 24, n. 6, p. 895-904, Dez. 2011 .
- SHIBAO, J. **Avaliação do teor de Produtos da Reação Maillard (PRM) em cereais matinais e café.** 101 f. Dissertação (mestrado) – Universidade de São Paulo Faculdade de Saúde Pública, 2010.
- SILVA, A. B. **Otimização da metodologia para produção de pastas de alho negro pela adição de mel e glutamato monossódico.** 2013. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Engenharia de Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campo Mourão, 2013.
- SILVA, M. L. C., COSTA, R. S., SANTANA, A. S., KOBLITZ, M. G. B. (2010). **Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais.** *Semina: Ciências Agrárias*. 31 (3).
- SILVA, K. M. P.; LEITE, R. S. A.; RESENDE, F.V. **Cultivares de alho comum para sistemas orgânicos de produção nas condições do cerrado.** *Horticultura Brasileira* 26: S1764-S1768. 2008.
- SINGLETON, V.; ROSSI, J. A. **Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents.** *American journal of Enology and Viticulture*, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965. ISSN 0002-9254.
- TACO - **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos / NEPA – UNICAMP.** 4. ed. rev. e ampl. Campinas: NEPAUNICAMP, 2011. p.30 e 33.
- TBCA - **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. Universidade de São Paulo (USP). Food Research Center (FoRC). Versão 7.1. São Paulo, 2020. Acesso em: 11 de Dez. de 2020. Disponível em:** <http://www.fcf.usp.br/tbca>.
- TOLEDANO-MEDINA, M. A.; PEREZ-APARICIO, J.; MORENO-ROJAS, R.; MERINAS-AMO, T. **Evolution of some physicochemical and antioxidant properties of black garlic whole bulbs and peeled cloves.** *Food Chem.*, 199, pp. 135-139, (2016).
- VIEIRA, R. L. **Caracterização genética dos acessos do bando ativo de germoplasma de alho (*Allium sativum* L.) de Santa Catarina.** Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- WANG, W. & SUN, Y. B. **In vitro and in vivo antioxidant activities of polyphenol extracted from black garlic.** *Food Sci. Technol*, Campinas, v. 37, n. 4, p. 681-685, Dez. 2017 .
- YILMAZ, Y. & TOLEDO, R. **Antioxidant activity of water-soluble maillard reaction products.** *Food chem* 93, 273 – 278 (2005).
- ZHANG, X.; LI, N.; LU, X.; LIU, P.; QIAO, X. **Effects of temperature on the quality of black garlic.** *Journal of the Science of Food and Agriculture* , 96 (7), pp. 2366 – 2372, 2016.
- ZOU, Y.; ZHAO, M.; YANG, K.; LIN, L.; WANG, Y. **Enrichment of antioxidants in black garlic juice using macroporous resins and their protective effects on oxidation-damaged human erythrocytes.** *J. Chromatogr. B.*, 1060, p. 443-450, 2017.

CAPÍTULO 19: ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE HAMBÚRGUERES DE FRANGO ADICIONADOS DE DIFERENTES FARINHAS

CAPÍTULO 19: PREPARACIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE HAMBURGUESAS DE POLLO CON DIFERENTES HARINAS

276

CHAPTER 19: PREPARATION AND PHYSICAL CHARACTERIZATION OF CHICKEN BURGERS WITH DIFFERENT FLOURS

Kamila L. Santos¹; Larissa Monique de Sousa Rodrigues²; Jamilly Salustiano Ferreira Constantino³; Denise Dantas de Oliveira Alencar⁴

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.276-290>

RESUMO

Nos últimos anos, o mercado de alimentos processados mudou em relação ao perfil de comportamento dos consumidores devido a busca de opções alimentares mais saudáveis. Assim, está se tornando cada vez mais comum que pesquisadores e profissionais do ramo alimentício estudem e elaborem novos produtos processados possibilitando ao consumidor a oportunidade de adquirir alimentos que combinam praticidade com uma expectativa de vida mais saudável. Dentre os alimentos processados, é possível destacar os produtos cárneos que são considerados uma excelente fonte de proteínas com alto valor biológico. O hambúrguer é definido como um produto cárneo processado, obtido através da carne moída dos animais de açougue, podendo conter em sua composição ingredientes opcionais, tais como, gorduras, água, sal, proteínas e entre outros. A utilização de carne de frango em hambúrgueres, pode ser uma alternativa mais saudável para o consumo desse produto, podendo, ainda, ser adicionado à formulação, ingredientes funcionais como as fibras alimentares que contribui positivamente para a saúde dos consumidores. Portanto, considerando o desenvolvimento de novos produtos cárneos adicionados de ingredientes funcionais, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver um hambúrguer de frango com adição de farinha de aveia, farinha de batata doce e farinha de rosca, e avaliar os parâmetros físicos e físico-químicos e as propriedades tecnológicas do produto desenvolvido. Foram desenvolvidas três formulações de hambúrgueres de frango com adição de farinha de aveia (HFA), de farinha de batata doce (HFB) e de farinha de rosca (HFR), e caracterizadas em termos de análise de pH, de cor (L*, a*, b*), textura (firmeza, mastigabilidade, coesividade, elasticidade e gomosidade) e propriedades tecnológicas (encolhimento e rendimento na cocção). A adição de farinha de aveia em hambúrguer de frango contribuiu para um pH maior, luminosidade mais clara, tonalidade mais vermelha, maiores valores de firmeza e mastigabilidade e menor valor de porcentagem de encolhimento. Com isso, é possível concluir que a produção de hambúrgueres de frango adicionado de farinha de aveia é uma alternativa para melhorar as características do produto e oferecer uma alternativa mais viável para o desenvolvimento de novos produtos cárneos processados. No entanto, outras abordagens como análise sensorial e outras análises físico-químicas podem ser importante para estudar o comportamento dessas farinhas na estabilidade do produto melhorando essas formulações e propondo produtos mais completos.

Palavras-Chave: Novos produtos cárneos, farinha de aveia, cor, textura, propriedades tecnológicas.

RESUMEN

En los últimos años, el mercado de alimentos procesados ha cambiado en relación con el perfil de comportamiento del consumidor debido a la búsqueda de opciones alimentarias más saludables. Así, cada vez es más frecuente que los investigadores y profesionales de la industria alimentaria estudien y desarrollen nuevos productos procesados que permitan a los consumidores la oportunidad de adquirir alimentos que combinen la practicidad con una esperanza de vida más saludable. Entre los alimentos

¹ Mestra em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, kamiladelsantos@gmail.com

² Mestra em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, larissamonique@gmail.com

³ Mestra em Engenharia Química, Universidade Federal de Campina Grande, jamilly.salustiano@eq.ufcg.edu.br

⁴ Mestra em Sistemas Agroindustriais, Universidade Federal de Campina Grande, denisedantas.d@gmail.com

procesados, cabe destacar los productos cárnicos que se consideran una excelente fuente de proteínas de alto valor biológico. La hamburguesa se define como un producto cárnico procesado, obtenido a partir de carne picada de animales de carnicería, y puede contener en su composición ingredientes opcionales como grasa, agua, sal, proteínas y otros. El uso de la carne de pollo en las hamburguesas puede ser una alternativa más saludable para el consumo de este producto, y también se puede añadir a la formulación, ingredientes funcionales como las fibras dietéticas que contribuyen positivamente a la salud de los consumidores. Por lo tanto, considerando el desarrollo de nuevos productos cárnicos adicionados de ingredientes funcionales, el presente trabajo tuvo como objetivo desarrollar una hamburguesa de pollo con adición de harina de avena, harina de batata y pan rallado, y evaluar los parámetros físicos y fisicoquímicos y las propiedades tecnológicas del producto desarrollado. Se desarrollaron tres formulaciones de hamburguesas de pollo con adición de harina de avena (HFA), harina de batata (HFB) y pan rallado (HFR), y se caracterizaron en términos de análisis de pH, color (L^* , a^* , b^*), textura (firmeza, masticabilidad, cohesividad, elasticidad y gomosidad) y propiedades tecnológicas (contracción y rendimiento de cocción). La adición de harina de avena en la hamburguesa de pollo contribuyó a un pH más alto, un brillo más claro, un tono más rojo, valores más altos de firmeza y masticabilidad y un valor más bajo de porcentaje de encogimiento. Con esto, es posible concluir que la producción de hamburguesas de pollo con adición de avena es una alternativa para mejorar las características del producto y ofrecer una alternativa más viable para el desarrollo de nuevos productos cárnicos procesados. Sin embargo, otros enfoques como el análisis sensorial y otros análisis fisicoquímicos pueden ser importantes para estudiar el comportamiento de estas harinas en la estabilidad del producto mejorando estas formulaciones y proponiendo productos más completos.

Palabras Clave: Nuevos productos cárnicos, harina de avena, color, textura, propiedades tecnológicas.

ABSTRACT

In recent years, the processed food market has changed in relation to the profile of consumer behavior due to the search for healthier food options. Thus, it is becoming increasingly common for researchers and professionals in the food industry to study and develop new processed products, giving consumers the opportunity to acquire foods that combine convenience with a healthier life expectancy. Among the processed foods, it is possible to highlight the meat products that are considered an excellent source of proteins with high biological value. The hamburger is defined as a processed meat product, obtained from ground meat of butchered animals, and may contain in its composition optional ingredients such as fat, water, salt, protein, among others. The use of chicken meat in hamburgers may be a healthier alternative for the consumption of this product, and it can also be added to the formulation, functional ingredients such as dietary fiber that contributes positively to consumer health. Therefore, considering the development of new meat products with the addition of functional ingredients, the present work aimed to develop a chicken burger with the addition of oat flour, sweet potato flour and breadcrumbs, and evaluate the physical and physicochemical parameters and the technological properties of the developed product. Three formulations of chicken burgers with added oat flour (HFA), sweet potato flour (HFB) and breadcrumbs (HFR) were developed and characterized in terms of pH, color analysis (L^* , a^* , b^*), texture (firmness, chewiness, cohesiveness, elasticity and gumminess) and technological properties (shrinkage and cooking yield). The addition of oat flour in chicken burger contributed to higher pH, lighter brightness, redder hue, higher values of firmness and chewiness and lower value of shrinkage percentage. With this, it can be concluded that the production of chicken burgers added oatmeal is an alternative to improve product characteristics and offer a more viable alternative for the development of new processed meat products. However, other approaches such as sensory analysis and other physicochemical analysis can be important to study the behavior of these flours in product stability improving these formulations and proposing more complete products.

Keywords: New meat products, oat flour, color, texture, technological properties.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o mercado de alimentos processados mudou em relação ao perfil de comportamento dos consumidores devido a busca de opções alimentares mais saudáveis

(MACHADO; ADAMI, 2019; HAUTRIVE *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2021). Assim, está se tornando cada vez mais comum que pesquisadores e profissionais do ramo alimentício estudem e elaborem novos produtos processados possibilitando ao consumidor a oportunidade de adquirir alimentos que combinam praticidade com uma expectativa de vida mais saudável (MACHADO; ADAMI, 2019; SILVA *et al.*, 2018).

Dentre os alimentos processados, é possível destacar os produtos cárneos que são considerados uma excelente fonte de proteínas com alto valor biológico. Entretanto, alguns nutrientes como o ferro, vitaminas B12 e ácido fólico presentes nesse produto têm biodisponibilidade inferior quando comparado a outros alimentos. Assim, torna-se comum a utilização de estratégias para o desenvolvimento de novos produtos cárneos mais saudáveis por meio da incorporação de compostos funcionais ricos em peptídeos ou ácidos graxos, fibras, minerais, vitaminas, antioxidantes e prebióticos que pode, consequentemente, ocasionar efeitos positivos à saúde humana (POGORZELSKA-NOWICKA *et al.*, 2018; ANGIOLILLO, CONTE, DEL NOBILE, 2015).

O hambúrguer é definido como um produto cárneo processado, obtido através da carne moída dos animais de açougue, podendo conter em sua composição ingredientes opcionais, tais como, gorduras, água, sal, proteínas, leite em pó, açúcares, malto-dextrina, condimentos, aromas e especiarias, vegetais, queijos e entre outros (BRASIL, 2000).

Os índices apontam que, no Brasil, o hambúrguer de carne bovina é o mais consumido. Porém, o mesmo apresenta maior concentração de gordura saturada quando comparado à carne de frango (NEVES *et al.*, 2016). Sendo assim, a utilização de carne de frango em hambúrgueres, pode ser uma alternativa mais saudável para o consumo desse produto, podendo, ainda, ser adicionado à formulação, ingredientes funcionais como as fibras alimentares que contribui positivamente para a saúde dos consumidores (VIANA *et al.*, 2013).

A exemplo destes ingredientes temos as farinhas de aveia, de batata doce e de rosca. A farinha de aveia se destaca por seu elevado conteúdo de fibras solúveis e insolúveis apresentando benefícios como redução do colesterol, glicemia e melhoria na função intestinal. Por outro lado, temos a farinha de batata doce possui baixo teor de gorduras, fibras alimentares, quantidade significativa de vitaminas do complexo B, cálcio, ferro, fósforo, potássio, água e vitamina A, sendo uma excelente fonte de β -caroteno e possuindo potencial antioxidante que contribui para a prevenção de certos tipos de câncer. E por fim, a farinha de rosca é uma fonte de fibras com elevados teores de proteínas, além de ser fonte de vitaminas e minerais, contribuindo para a redução do colesterol no sangue e diminuição da absorção de gordura no

organismo (ANGIOLILLO; CONTE; DEL NOBILE, 2015; BAHMANYAR *et al.*, 2021; GURGEL *et al.*, 2011; MARCONATO *et al.*, 2020).

Portanto, considerando o desenvolvimento de novos produtos cárneos adicionados de ingredientes funcionais, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver um hambúrguer de frango com adição de farinha de aveia, farinha de batata doce e farinha de rosca, e avaliar os parâmetros físicos e físico-químicos e as propriedades tecnológicas do produto desenvolvido.

279

MATERIAIS E MÉTODOS

Obtenção da matéria-prima

Para processamento das amostras, utilizou-se carne de frango, farinha de aveia, farinha de batata doce e farinha de rosca. Também foram utilizados condimentos (alho e cebola) para refinar o sabor e o aroma dos produtos e o sal de cozinha (cloreto de sódio) como realçador de sabor e conservador. Todos os ingredientes foram adquiridos no comércio local da cidade de Campina Grande (PB, Brasil), tendo-se o cuidado de selecionar aqueles dentro do prazo de validade e em boas condições de estocagem e embalagem. As matérias-primas foram conduzidas adequadamente ao Laboratório de Engenharia de Alimentos (LEA) da Universidade Federal de Campina Grande (PB, Brasil), onde o estudo foi desenvolvido.

Formulação e processamento dos hambúrgueres

Os ingredientes utilizados para a formulação dos hambúrgueres de frango foram pesados de acordo com a Tabela 01. Em seguida, a carne de frango, o sal e a água foram homogeneizados manualmente. Logo após, foram adicionados os condimentos (cebola e alho) e as farinhas nas formulações dos hambúrgueres HFA (hambúrguer de frango adicionado de farinha de aveia), HFB (hambúrguer de frango adicionado de farinha de batata doce) e HFR (hambúrguer de frango adicionado de farinha de rosca) para posterior homegeinização. Em seguida, as massas homogeneizadas foram moldadas com diâmetro de 7,0 cm e espessura de 1,5 cm com auxílio de moldes plásticos (Modelo Hamburger Express, Brasil) e foram congelados em freezer horizontal a -18°C por 24 h. Logo após, os hambúrgueres foram descongelados e grelhados em chapa antiaderente a 250°C por 43 min, sem adição de gordura. Cada formulação foi produzida em triplicata para realização das posteriores análises. O fluxograma da elaboração do hambúrguer está representando na Figura 1.

Tabela 01: Formulações dos hambúrgueres de frango processados com diferentes tipos de farinhas.

Ingredientes	Hamburguer
Carne de frango (%)	74,60
Cebola (%)	0,56
Alho (%)	0,56
Sal (%)	0,28
Água (%)	7,10
Farinha (%)	16,90

280

Fonte: Própria (2021).

Figura 01: Fluxograma do processamento dos hambúrgueres.

Fonte: Própria (2021).

Análise de pH

O pH dos hambúrgueres de frango adicionados de farinha de aveia (HFA), de farinha de batata doce (HFB) e de farinha de rosca (HFR) foi determinado utilizando 3 gramas de cada amostra (previamente macerada). Para determinação, 100 mL de água destilada foi adicionado

a amostra e homogeneizada até formar uma solução uniforme. O pH dessa solução foi determinado utilizando o pHmetro de bancada (Q400MT, Quimis, Brasil) pré-calibrado e operado de acordo com as especificações do fabricante instruções.

Análise de cor

A análise de cor hambúrgueres de frango adicionados de farinha de aveia (HFA), de farinha de batata doce (HFB) e de farinha de rosca (HFR) foi realizada com o auxílio do equipamento Hunter Lab Mini Scan XE Plus, modelo 4500 L, obtendo-se os parâmetros a^* , b^* e L^* , em que a^* e b^* são responsáveis pela cromaticidade ($+a^*$ vermelho e $-a^*$ verde; $+b^*$ amarelo e $-b^*$ azul) e L^* define a luminosidade ($L^* = 0$ – preto e $L^* = 100$ – branco).

Análise de textura

Os parâmetros de firmeza, mastigabilidade, coesividade, elasticidade e gomosidade dos hambúrgueres de frango adicionados de farinha de aveia (HFA), de farinha de batata doce (HFB) e de farinha de rosca (HFR) foram determinadas pelo texturômetro (TA.XT-plus Texture Analyzer, Stable Micro Systems), com o software Exponent Stable Micro Systems e a sonda P-36R, usando uma velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 2,0 mm/s, 5,0 mm/s e 5,0 mm/s, respectivamente; 30 mm de distância e 5 s de tempo entre as duas compressões.

Propriedades tecnológicas

O encolhimento e o rendimento dos hambúrgueres de frango adicionados de farinha de aveia (HFA), de farinha de batata doce (HFB) e de farinha de rosca (HFR) foram determinadas de acordo com os métodos estabelecidos por Polizer *et al.* (2015). O encolhimento foi calculado de acordo com a Equação 1 e o rendimento na cocção, de acordo com a Equação 2.

$$\text{Encolhimento} = \frac{(\text{Diâmetro da amostra crua} - \text{diâmetro da amostra após a cocção}) \times 100}{\text{diâmetro da amostra crua}} \quad (1)$$

$$\text{Rendimento na cocção} = \frac{(\text{peso inicial} - \text{peso final}) \times 100}{\text{peso inicial}} \quad (2)$$

Análise estatística

Os resultados dos hambúrgueres de frango adicionados de diferentes farinhas foram avaliados pela análise de variância (ANOVA) para determinar a igualdade/diferenças entre as

amostras e o Teste de Tukey a um nível de 95% para certificar a variação das médias dos parâmetros utilizando o programa Origin™ 9.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de pH e cor

Na Tabela 02 estão apresentados os resultados da análise de pH e dos parâmetros de cor (a^* , b^* e L^*) dos hambúrgueres de frango adicionados de farinha de aveia (HFA), de farinha de batata doce (HFB) e de farinha de rosca (HFR).

Tabela 02: Análise de pH e parâmetros de cor a^* , b^* e L^* dos hambúrgueres de frango adicionados de farinha de aveia: HFA, de farinha de batata doce: HFB e de farinha de rosca: HFR.

Hambúrguer	pH	L^*	a^*	b^*
HFA	$5,90 \pm 0,01^a$	$71,41 \pm 0,51^a$	$5,05 \pm 0,57^a$	$21,72 \pm 0,49^a$
HFB	$5,83 \pm 0,03^b$	$49,53 \pm 0,41^b$	$4,16 \pm 0,01^b$	$14,49 \pm 0,44^b$
HFR	$5,76 \pm 0,01^c$	$64,39 \pm 0,53^c$	$4,66 \pm 0,02^b$	$22,39 \pm 0,53^a$

Fonte: Própria (2021).

O pH é classificado como um dos principais métodos indispensáveis para avaliar parâmetros relacionados com a qualidade de produtos cárneos, além de poder influenciar diretamente nas demais características, como a cor e a maciez do produto final (GEESINK *et al.*, 2000; GUIMARÃES; SILVEIRA; ACURCIO, 2021; OSÓRIO; OSÓRIO; SANUDO, 2009).

De acordo com a avaliação do pH dos hambúrgueres de frango analisados, os resultados de pH encontrados (5,76 a 5,90), apresentaram valor de pH acima do ponto isoelétrico das proteínas (5,2 a 5,3) (ROÇA, 2000). Valores de pH que se distanciam do ponto isoelétrico, possuem uma maior tendência a repulsão entre as cadeias polipeptídicas incrementando os espaços entre os filamentos grossos e finos, resultando no aumento da capacidade de retenção de água (ORDÓÑEZ, 2005). Assim, pode-se sugerir que os hambúrgueres produzidos, por terem apresentado valores de pH mais elevados do que ponto isoelétrico, possuem boa capacidade de retenção de água, sendo um parâmetro favorável para um maior rendimento e menor perda de peso no cozimento. Além disso, Santos Júnior *et al.* (2009) afirmam que produtos cárneos são considerados bons para o consumo quando apresentam um pH até 6,2.

Portanto, as amostras desenvolvidas no presente trabalho podem ser consideradas adequadas para o consumo.

Libório (2019) encontrou pH igual a 6,09 para hambúrguer de galinha poedeira adicionado de 5% de farelo de aveia. Trevisan *et al.* (2016) encontrou pH de 6,28 para hambúrguer cozido e elaborado com carne bovina, carne de frango mecanicamente separada adicionado de 3% de fibra de aveia. Tais valores encontrados na literatura são acima aos encontrados no presente trabalho.

Paralelamente, temos que a cor é um dos primeiros atributos percebidos pelos consumidores e tem sido uma das características mais caracterizadas nos produtos alimentícios devido ao seu papel como um indicador de informações críticas (FERNÁNDEZ-VÁZQUEZ *et al.*, 2011; HUTCHINGS, 2003; RODRÍGUEZ-PULIDO *et al.*, 2021). Os parâmetros de cor são calculados matematicamente e resultam nas coordenadas L^* que representa a luminosidade, a^* que compreende na escala de cores do verde ao vermelho e b^* que indica a faixa de cores do azul ao amarelo. Tais parâmetros, correspondem a cor observada pelo olho humano (CONESA *et al.*, 2019; PEREZ, 1992).

Com os resultados obtidos no presente estudo, foi possível verificar que a adição de farinha de aveia no hambúrguer HFA indicou uma tendência a luminosidade mais clara e uma tonalidade vermelha mais escura devido aos maiores valores de L (71,41) e a^* (5,05), respectivamente.

A adição de farinha de batata doce (HFB) nos hambúrgueres de frango diminuiu significativamente ($p < 0,05$) os parâmetros L^* , a^* e b^* indicando que esta formulação apresentou menor luminosidade e menor intensidade de cor vermelha e amarela, respectivamente.

Santos *et al.* (2019) encontraram em hambúrguer de frango adicionado de 5% de farinha da biomassa de banana verde e 5% da farinha da casca do maracujá valores de luminosidade menor ($L^* = 47,8$) e uma tonalidade vermelha mais escura ($a^* = 6,2$) quando comparados aos resultados encontrados no presente estudo.

Análise de textura

A Tabela 03 apresenta as médias dos resultados dos parâmetros da análise de textura dos hambúrgueres de frango adicionados de farinha de aveia (HFA), de farinha de batata doce (HFB) e de farinha de rosca (HFR).

Tabela 03: Parâmetros da análise de textura: F (firmeza), E (elasticidade), C (coesividade), M (mastigabilidade) e A (adesividade) dos hambúrgueres de frango adicionados de farinha de aveia (HFA) de farinha de batata doce (HFB) e de farinha de rosca (HFR).

Hambúguer	F (N)	E	C	M (mJ)	A (mJ)
HFA	259,54±6,71 ^a	1,00±0,00 ^a	0,63±0,02 ^a	163,45±8,44 ^a	0,00±0,00 ^a
HFB	251,90±4,76 ^a	1,00±0,00 ^a	0,56±0,02 ^a	141,82±3,16 ^b	0,01±0,01 ^a
HFR	164,63±5,03 ^b	1,00±0,00 ^a	0,58±0,04 ^a	95,11±9,04 ^c	0,01±0,01 ^a

Fonte: Própria (2021).

De acordo com o instituto Adolfo Lutz (2008), a textura de um alimento refere-se às suas propriedades estruturais (geométricas e de superfícies). Além disso, alguns autores afirmam que a textura descreve o procedimento que submete os alimentos às forças de compressão por um sistema mecânico similar ao processo de mastigação e, através dela, podem-se definir os atributos mais importantes para cada produto (POIANI; MONTANUCI, 2019).

Dentre os parâmetros de textura avaliados no presente trabalho, a firmeza e a mastigabilidade são considerados os mais importantes para a avaliação dos produtos cárneos, pois além de serem correlacionáveis, os mesmos tem influência direta na preferência do consumidor. Teixeira (2009) afirma que firmeza é a força necessária para deformar o alimento. Paralelamente, Bourne (2002) define a mastigabilidade como sendo a força necessária para mastigar os alimentos até a deglutição.

A partir disso, foi possível observar com os resultados que o hambúrguer HFA apresentou maior valores de firmeza e mastigabilidade enquanto o hambúrguer HFR teve menores valores para estes mesmos parâmetros. Assim, é possível sugerir que as fibras alimentares presentes na farinha de aveia podem ter uma resistência maior ao processo de deglutição quando comparadas a fibras da farinha de rosca.

Silva *et al.* (2017) encontraram firmeza igual a 186,06 N para hambúrguer de frango adicionado de hidrolisado proteico de vísceras caprinas, sendo este valor menor quando comparado com os valores de firmeza dos hambúrgueres HFA e HFB do presente estudo.

Propriedades tecnológicas dos hambúrgueres

Na Tabela 04 estão expostos os resultados médios das propriedades tecnológicas (encolhimento e rendimento na cocção) dos hambúrgueres de frango adicionados de farinha de aveia (HFA) de farinha de batata doce (HFB) e de farinha de rosca (HFR).

285

Tabela 04: Propriedades tecnológicas dos hambúrgueres de frango adicionados de farinha de aveia (HFA), de farinha de batata doce (HFB) e de farinha de rosca (HFR).

Hambúguer	Encolhimento (%)	Rendimento na cocção (%)
HFA	4,91±4,91 ^a	77,70±10,11 ^a
HFB	9,92±3,78 ^a	81,19±4,38 ^a
HFR	13,60±5,25 ^a	71,20±7,86 ^a

Fonte: Própria (2021).

A adição de farinha de aveia no hambúrguer de frango (HFA) apresentou menor porcentagem de encolhimento, resultando em um menor diâmetro do hambúrguer, sendo essa uma característica vantajosa a nível industrial.

Segundo Pinero *et al.* (2008) a fibra de aveia possui uma capacidade em resistir às mudanças do produto final, o que contribui para a redução do encolhimento dos hambúrgueres, justificando o baixo percentual de encolhimento encontrado no presente trabalho, quando adicionado farinha de aveia na formulação.

Trindade *et al.* (2020) relataram que a porcentagem de encolhimento aumentou com a adição de farinha de linhaça em hambúrgueres de carne bovina, sendo este comportamento contrário ao observado no presente estudo. Já Santos *et al.* (2019) encontraram para hambúrguer de frango adicionado de 5% de biomassa de banana verde e 5% de farinha da casca de maracujá resultados médios iguais a 6,7% para encolhimento e 88% para rendimento na cocção, sendo tais valores acima dos resultados encontrados para o hambúrguer HFA do presente trabalho.

Segundo Vaskoska *et al.* (2021) compreender o encolhimento da carne e dos produtos cárneos é importante para otimização da cocção e para outras condições de processamento. Paralelamente, outros autores afirmam que baixos valores de encolhimento representam grande vantagem para a indústria de alimentos uma vez que este comportamento pode reduzir os custos de produção devido a baixa perda de peso do produto (GOMES *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2017).

No que se refere ao rendimento na cocção, resultados mais elevados foram apresentados pelas hambúrgueres HFA e HFB. Segundo Talukder (2015), dentre as vantagens da utilização

da farinha de aveia em produtos cárneos, pode ser destacado sua elevada capacidade de retenção de água que contribui para um melhor rendimento do produto final. Portanto, o rendimento mais elevado pode estar associado a capacidade das farinhas de aveia (HFA) e farinha de batata doce (HFB) em reter a água e interagir com os outros componentes acarretando, assim, maior rendimento.

Trevisan *et al.* (2016) em seu estudo sobre o efeito da adição de fibra de aveia sobre as propriedades físico-químicas de hambúrguer cozido e congelado com redução de gordura e sal, reportaram uma tendência semelhante, no qual a adição da fibra de aveia auxiliou no aumento do percentual do rendimento de hambúrguer cozido de carne bovina e carne mecanicamente separada de frango.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação das análises físico-químicas e físicas e das propriedades tecnológicas foi capaz destacar a relação entre as características da farinha utilizada e os parâmetros avaliados. Com isso, é possível concluir que a produção de hambúrgueres de frango adicionado de farinha de aveia é uma alternativa para melhorar as características do produto e oferecer uma alternativa mais viável para o desenvolvimento de novos produtos cárneos processados. No entanto, outras abordagens como análise sensorial e outras análises físico-químicas podem ser importante para estudar o comportamento dessas farinhas na estabilidade do produto melhorando essas formulações e propondo produtos mais completos.

REFERÊNCIAS

- ANGIOLILLO, L.; CONTE, A.; DEL NOBILE, M. A. Technological strategies to produce functional meat burgers. **LWT – Food Science and Technology**, v. 62, Parte 2, p. 697-703, 2015.
- BAHMANYAR, F. HOSSEINI, S. M.; MIRMOGHTADAIE, L.; SHOJAEI-ALIABADI, S. Effects of replacing soy protein and bread crumb with quinoa and buckwheat flour in functional beef burger formulation. **Meat Science**, v. 172, 2021.
- BOURNE, M. **Food texture and viscosity**: concept and measurement. [S.l.]: Elsevier, 2002.
- BRASIL. Ministério da agricultura. Instrução Normativa nº 20 de 31 de Julho de 2000. Aprova regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de almôndegas, de apresuntado, de fiambre, de Hambúrguer, de kibe, de presunto cozido e de presunto. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 03 de agosto de 2000. Seção I.

CONESA, A.; MANERA, F.C.; BROTONS, J.M.; FERNANDEZ-ZAPATA, J.C.; SIMÓN, I.; SIMÓN-GRAO, S.; ALFOSEA-SIMÓN, M.; MARTÍNEZ NICOLÁS, J.J.; VALVERDE, J.M., GARCÍA-SANCHEZ, F. Changes in the content of chlorophylls and carotenoids in the rind of Fino 49 lemons during maturation and their relationship with parameters from the CIELAB color space. **Scientia Horticulturae**, v. 243, p. 252-260, 2019.

FERNÁNDEZ-VÁZQUEZ, R.O.C.Í.O.; STINCO, C.M.; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A.J.; HEREDIA, F.J.; VICARIO, I.M. Visual and instrumental evaluation of orange juice color: a consumers' preference study. **Journal of Sensory Studies**, v. 26, n. 6, p. 436-444, 2011.

GEESINK, G.H.; BEKHIT, A. D.; BICKERSTAFFE, R. Rigor temperature and meat quality characteristics of lamb longissimus muscle. **Meat Science**, v. 78, p. 2842-2848, 2000.

GOMES, A. S.; YOMKIL, R. E.; SENA, C. P.; MARTINS, M.; MEDEIROS, C. M. Desenvolvimento e avaliação sensorial de hambúrguer bovino enriquecido com resíduos da castanha-do-brasil (BERTHOLLETIA EXCELSA HBK). **Scientia Amazonia**, v. 1, p. 1-5, 2018.

GUIMARÃES, G.M.; SILVEIRA, M.W.; ACURCIO, L.B. Avaliação das características físico-químicas em função da formalidade da obtenção da carne suína de diferentes açougues de Formiga–MG. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 43998-44014, 2021.

GURGEL, C. S. S, *et al.* Análise sensorial de sorvete de batata doce. Rev. Bras. de Produtos Agroindustriais. v.13, n.1, p.21-26, 2011.

HAUTRIVE, T. P.; PICCOLO, J.; RODRIGUES, A. S.; CAMPAGNOL, P. C. B.; KUBOTA, E. H. Effect of fat replacement by chitosan and golden flaxseed flour (wholemeal and defatted) on the quality of hamburgers. **LWT - Food Science and Technology**, v. 102, p. 403-410, 2019.

HUTCHINGS, J.B. **Expectations and the food industry: the impact of colors and appearance**. [S.l.]: Springer, 2003.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ -IAL. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. São Paulo: IAL, 2008.

LIBÓRIO, P.T.H.R. Elaboração de hambúrguer de galinha poedeira adicionado de farelo de aveia como substituto de gordura. Garanhuns, 2019. 45 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado em Engenharia de Alimentos). Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, 2019.

MACHADO, F.C.; ADAMI, F.S. Relação do consumo de alimentos *in natura*, processados e ultra processados com gênero, idade e dados antropométricos. **Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**, v. 13, n. 79, p. 407-416, 2019.

MARCONATO, A. M.; HARTMANN, G. L.; SANTOS, M. M. R.; AMARAL, L. A. do; SOUZA, G. H. O. de; SANTOS, E. F. dos; NOVELLO, D. Sweet potato peel flour in hamburger: effect on physicochemical, technological and sensorial characteristics. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, Campinas, 2020.

ORDÓÑEZ, A. O. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo: Artmed, v.2, cap.12, 2005, 280p.

OSÓRIO, J.C.S.; OSÓRIO, M.T.; SAÑUDO, C. Características sensoriais da carne ovina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 292-300, 2009.

PEREZ, E.G. **Medida del color**. Espanha: UPV, 1992.

PINERO, M. P. et al. Effect of oat's soluble fibre (β -glucan) as a fat replacer on physical, chemical, microbiological and sensory properties of low-fat beef patties. **Meat science**, v. 80, n. 3, p. 675-680, 2008.

POGORZELSKA-NOWICKA, E.; ATANASOV, A. G.; HORBAŃCZUK, J.; WIERZBICKA, A. Bioactive Compounds in Functional Meat Products. **Molecules**, v. 23, n. 307, 2018.

POIANI, M.R.; MONTANUCCI, F.D. Caracterizações físicas e tecnológicas e perfil de textura de cookies de farinha de uva e linhaça. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, n. 1, p. e2018074, 2019.

POLIZER, Y. J.; POMPEU, D.; HIRANO, M. H.; ALVARENGA FREIRE, M.T. de; TRINDADE, M. A. Development and evaluation of Chicken nuggets with partial replacement of meat and fat by pea fibre. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, p. 62–69, 2015.

ROÇA, R. O. **Propriedades da carne**. UNESP: Botucatu-SP. p.1-10. Disponível em: <http://abccriadores.com.br/images/upload/roca107.pdf>. Acesso em: 16/04/2021.

RODRÍGUEZ-PULIDO, F.J.; GORDILLO, B.; HEREDIA, F.J.; GONZÁLEZ-MIRET, M.L. CIELAB–Spectral image MATCHING: An app for merging colorimetric and spectral images for grapes and derivatives. **Food Control**, v. 125, p. 108038, 2021.

SANTOS JÚNIOR, L. C. O.; RIZZATTI, R.; BRUNGERA, A.; SCHIAVINI, T. J.; DE CAMPOS, E. F. M.; NETO, J. F. S. *et al.* Desenvolvimento de hambúrguer de carne de ovinos de descarte enriquecido com farinha de aveia. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 4, p. 1128-1134, 2009.

SANTOS, K. de L.; SILVA, R. M. S.; ALVES, J. I. de; RODRIGUES, D. P. A.; LEMOS, C. D. de L.; GUSMÃO, T. A.S. Elaboração e avaliação física e físico química de hambúrgueres formulados com carne de tilápia (*Oreochromis niloticus*) submetidos a diferentes tipos de cocção. In: Agroindústria, Encontro Nacional da (org.). **Anais do III Encontro Nacional da Agroindústria: desafios da segurança alimentar**. Bananeiras: Instituto Bioeducação, p. 520-527, 2017.

SANTOS, K. de L.; SOUSA, F. M. de; ALMEIDA, R. D. de; GUSMÃO, R. P. de; GUSMÃO, T. A. S. Replacement of Fat by Natural Fibers in Chicken Burgers with Reduced Sodium Content. **The Open Food Science Journal**, v. 11, p. 1-8, 2019.

SANTOS, K.; ALVES, C. A. N.; SOUSA, F. M. de; GUSMÃO, T. A. S.; ALVES FILHO, E. G.; VASCONCELOS, L. B. de. Chemometrics applied to physical, physicochemical and sensorial attributes of chicken hamburgers blended with green banana and passion fruit epicarp biomasses. **International Journal Gastronomy and Food Science**, n. 100337, 2021.

SILVA, F.; TORRES, L.; SILVA, L.; FIGUEIREDO, R.; GARRUTI, D.; ARAÚJO, T.; DUARTE, A.; BRITO, D.; RICARDO, N. Cashew gum and maltodextrin particles for green tea (*Camellia sinensis* var *Assamica*) extract encapsulation. **Food Chemistry**, v. 261, p. 169-175, 2018.

SILVA, M.D.V.S.; SILVA, A.C.O.; SILVA, D.G.; QUEIROZ, A.L.M.; MADRUGA, M.S.; BEZERRA, T.K.A. Avaliação do perfil de textura de hambúrguer de frango adicionado de hidrolisado proteico. In: Agroindústria, Encontro Nacional da (org.). **Anais do III Encontro Nacional da Agroindústria: desafios da segurança alimentar**. Bananeiras: Instituto Bioeducação, 2017.

TALUKDER, Suman. Effect of dietary fiber on properties and acceptance of meat products: a review. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 55, n. 7, p. 1005-1011, 2015.

TEXEIRA, L.V. Análise Sensorial na Indústria de Alimentos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, n. 366, p. 12-21, 2009.

TREVISAN, Y. C.; BIS, C. V.; HENCK, J. M.; BARRETTO, A. C. S. Effect of the addition of oat fiber on the physicochemical properties of cooked frozen hamburger with reduced fat and salt. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, e2015079, 2016.

TRINDADE, L.C.A.; FRANCO, F.S.C.; OLIVEIRA, L.D.P.G.; JÚNIOR, A.A.B., RAMOS; E.M.; RAMOS, A.D.L.S.; FONTES, P.R. Elaboração e avaliação tecnológica de hambúrguer com teor reduzido de sódio adicionado de aromatizantes e de linhaça. **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v. 1, n. 5, 2020.

VASKOSKA, R.; HA, M.; ONG, L.; KEARNEY, G.; WHITE, J. D.; GRAS, S.; WARNER, R. D. Ageing and cathepsin inhibition affect the shrinkage of fibre fragments of bovine semitendinosus, biceps femoris and psoas major during heating. **Meat Science**, v. 172, n. 108339, 2021.

VIANA, C.E. *et al.* Avaliação Sensorial de Hambúrgueres de Frango Enriquecido com Fibras e Ácido Fólico. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 5, n. 2, 2013.

CAPÍTULO 20: QUEIJO FRESCO ARTESANAL DE LEITE DE CABRA ADICIONADO DE BETERRABA: VERIFICAÇÃO DO POTENCIAL PROBIÓTICO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

290

CAPÍTULO 20: QUESO ARTESANAL DE LECHE DE CABRA FRESCO CON REMOLACHA: VERIFICACIÓN DEL POTENCIAL PROBIÓTICO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA

CHAPTER 20: ARTISANAL SOFT GOAT MILK CHEESE WITH BEET: VERIFICATION OF THE PROBIOTIC POTENTIAL AND PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERIZATION

Gabriel Cicalese Bevilaqua¹; Graciliane Nobre da Cruz Ximenes²; Neila Mello dos Santos Cortez³

DOI:<https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.290-306>

RESUMO

O leite de cabra, quando comparado com o bovino, apresenta parâmetros nutricionais superiores, porém possui uma menor aceitação por consumidores não habituados. O desenvolvimento de novos produtos que aliem o interesse do consumidor aos produtos de cabra é uma forma de valorizar essa matéria-prima. O presente trabalho objetivou caracterizar um novo queijo fresco artesanal de leite de cabra cru adicionado de concentrado de beterraba, desenvolvido com e sem a inoculação de uma cultura probiótica de *Lactobacillus acidophilus*, QS e QP, respectivamente. Foram realizados ensaios físico-químicos de pH, acidez titulável, lipídios e proteínas. Executou-se, nos produtos finais, ensaios microbiológicos de indicadores e patógenos e a contagem de Bactérias Lácticas (BL) semanalmente por 35 dias, cujo crescimento foi ajustado matematicamente ao modelo de Baranyi e Roberts pelo programa online DMFit®. Através dos resultados, observou-se que os queijos produzidos puderam ser classificados como semigordos (QS = 37,00 % e QP = 34,00 % de gordura no extrato seco) e de alta a muito alta umidade (QS = 57,60 % de água; QP = 54,80 % de água). Da contagem de BL, foram obtidas quantidades nas ordens de 10¹¹ e 10¹² UFC/g após 35 dias, possibilitando a caracterização dos produtos como probióticos (>10⁷ UFC/g). Além disso, pelo ajuste matemático, percebeu-se que BL no queijo sem adição de probióticos apresentaram uma maior taxa de crescimento e estabilizaram-se em valores superiores de concentração de microrganismos. Devido ao comportamento das Bactérias Lácticas, notou-se também que a adição da cultura probiótica de *L. acidophilus* não foi necessária para caracterizar o queijo como probiótico, pois essa característica foi evidenciada através da microbiota endógena do leite caprino cru, preservada no queijo artesanal produzido.

Palavras-Chave: Bactérias lácticas, Leite caprino cru, Microbiologia preditiva, Queijos com vegetais.

RESUMEN

La leche de cabra, en comparación con la de bovino, presenta parámetros nutricionales superiores, pero tiene menos aceptación por parte de consumidores poco habituales. Nuevos productos que combinen el interés del consumidor con los productos caprinos es una forma de potenciar esta materia prima. El presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar un nuevo queso artesano fresco a partir de leche de cabra añadido con concentrado de remolacha, con y sin la inoculación de un cultivo probiótico de *Lactobacillus acidophilus*, llamados de QP y QS, respectivamente. Se realizaron análisis físicos y químicos de pH, acidez titulable, lípidos y proteínas. Se realizaron pruebas microbiológicas de indicadores y patógenos y el conteo de Bacterias Lácticas (BL) semanalmente durante 35 días, cuyo crecimiento fue ajustado matemáticamente al modelo de Baranyi y Roberts por el programa en línea DMFit®. Con los resultados, se observó que los quesos elaborados podrían clasificarse como semigrasos (QS = 37,00 % y QP = 34,00 % de grasa en el extracto seco) y de alta a muy alta humedad (QS = 57,60 %

¹ Engenheiro de Alimentos, Universidade Federal de Pernambuco, gabriel.cicalese@gmail.com.br

² Mestre em Agronomia, Universidade Federal de Pernambuco, gracilianeximenes@uol.com.br

³ Professora Doutora em Medicina Veterinária, Universidade Federal de Pernambuco, neila.mello@ufpe.br

de água; QP = 54,80 % de água). Del recuento de BL, se obtuvieron cantidades de 10^{11} y 10^{12} UFC/g después de 35 días, lo que permitió caracterizar los productos como probióticos ($>10^7$ UFC/g). Por el ajuste matemático, BL en el queso sin la adición de probióticos mostraron una mayor tasa de crecimiento y se estabilizaron a mayores valores de concentración. Debido al comportamiento de las Bacterias Lácticas, también se observó que la adición del cultivo probiótico de *L. acidophilus* no fue necesaria para caracterizar el queso como probiótico, ya que esta característica fue evidenciada a través del microbiota endógeno de la leche cruda de cabra, conservada en el queso artesanal elaborado.

Palabras Clave: Bacterias lácticas; Leche cruda de cabra; Microbiología predictiva; Quesos con verduras.

ABSTRACT

Goat milk, when compared to bovine, has superior nutritional parameters, but it has less acceptance by unaccustomed consumers. The development of new goat products that combine the consumer interests is a way to enhance this raw material. This present work aimed to characterize a new soft artisan cheese of goat milk added with beet concentrate, developed with and without the inoculation of a probiotic culture of *Lactobacillus acidophilus*, denominated QP and QS, respectively. Physical and chemical analyzes of pH, titratable acidity, lipids and proteins were performed. Microbiological tests of indicators and pathogens and the counting of Lactic Bacteria (BL) were performed weekly for 35 days, whose growth was mathematically adjusted to the Baranyi and Roberts model by the online program DMFit®. Through the results, it was observed that the cheeses produced could be classified as semi-fat (QP = 34,00 % and QS = 37,00 % of fat in the dry extract) and from high to very high humidity (QS = 57,60 % and QP = 54,80 % of water). From the BL count, quantities of 10^{11} and 10^{12} CFU/g were obtained after 35 days, enabling the characterization of both products as probiotic ($>10^7$ CFU/g). In addition, due to the mathematical adjustment, it was noticed that BL in the cheese without the addition of probiotics showed a higher growth rate and stabilized at higher values of concentration of microorganisms. Due to the behavior of the Lactic Bacteria, it was also noted that the addition of the probiotic culture was not necessary to characterize the cheese as probiotic, as this characteristic was evidenced through the endogenous microbiota of raw goat milk, preserved in the artisanal cheese produced.

Keywords: Cheese with vegetables; Lactic bacteria; Predictive microbiology; Raw goat milk.

INTRODUÇÃO

O leite de cabra, uma das matérias primas possíveis na produção de queijos, quando comparado ao leite bovino, apresenta relevantes qualidades nutricionais, sendo rico em proteínas, vitaminas e minerais (PARK, 2017). Por outro lado, essa matéria prima apresenta sabor e aroma típicos dos produtos de cabra, que podem influenciar negativamente na aceitação do leite caprino e dos seus derivados por consumidores que não estão habituados aos mesmos (COSTA *et al.*, 2015; QUEIROGA *et al.*, 2013).

Um dos queijos mais produzidos com o leite de cabra é o queijo de coalho, um queijo fresco de ampla aceitação e com produção tradicional nordestina a partir de leite cru ou pasteurizado (QUEIROGA *et al.*, 2013). Quando fabricado com leite cru, o queijo de coalho recebe a denominação de artesanal e tem como principal diferencial a presença de Bactérias Lácticas (BL) oriundas do leite. Essas bactérias originam aspectos sensoriais diferenciados além de produzirem metabólitos, como as bacteriocinas, antimicrobianos que possuem efeito positivo na conservação do produto e na promoção da saúde do consumidor (ALMEIDA JÚNIOR *et al.*,

2015).

O desenvolvimento de novos produtos e incorporação de condimentos ao queijo de coalho de cabra é uma alternativa que vem sendo utilizada para aumentar a aceitação sensorial e a valorização desse produto (APOSTU *et al.*, 2014; SILVA; COSTA; DELFINO, 2018). Além disso, a demanda atual do consumidor por alimentos funcionais e nutricionais leva a indústria a desenvolver estratégias para tornar os produtos mais atrativos no mercado, como a utilização do leite cru e a adição de culturas probióticas, que são microrganismos vivos que promovem o equilíbrio microbiano intestinal, afetando positivamente a saúde do indivíduo (LIMA *et al.*, 2017; MARTINS *et al.*, 2018).

No intuito de produzir um novo queijo artesanal de leite de cabra, a beterraba (*Beta vulgaris* L.) pode ser introduzida como um vegetal que possui elevados teores de açúcares, fibras alimentares, proteínas, minerais e um reduzido valor de lipídios (SARTORIO *et al.*, 2016). Além disso, esse vegetal possui betalaínas, pigmentos não tóxicos que caracterizam a coloração vermelha típica do vegetal. Assim, a incorporação desse vegetal em produtos alimentares pode trazer um benefício nutricional além de ser um fator diferencial na aparência de produtos, podendo torná-los mais atrativos ao consumidor (SLATNAR *et al.*, 2015).

De forma a explorar a microbiota oriunda do leite cru e de introduzir culturas probióticas no produto a ser desenvolvido, a microbiologia preditiva possui papel fundamental, pois é um método rápido e relativamente econômico para a obtenção de estimativas confiáveis quanto ao crescimento, inativação e sobrevivência dos microrganismos em condições específicas (SIQUEIRA *et al.*, 2014).

Com a validação de um modelo matemático que caracterize o crescimento dos microrganismos de interesse em um novo produto produzido, é possível utilizar a microbiologia preditiva para estimar o período em que o número de microrganismos atende ao esperado e observar o comportamento do microrganismo com o tempo (FAKRUDDIN; MAZUMDAR; MANNAN, 2012).

Nesse contexto, o presente trabalho objetivou desenvolver um novo queijo fresco artesanal a partir de leite de cabra e concentrado de beterraba com e sem a adição de uma cultura probiótica de *Lactobacillus acidophilus*, caracterizando o produto obtido físico-quimicamente e verificando sua capacidade probiótica a partir de um ajuste a um modelo matemático preditivo de crescimento microbiológico. Buscou-se, com isso, obter um novo queijo funcional capaz de agregar valor a uma matéria-prima que geralmente não é apreciada por consumidores não habituados.

REFERENCIAL TEÓRICO

293

Leite de cabra

Nutricionalmente, o leite de cabra é o alimento natural mais completo conhecido entre os que são altamente compatíveis com o organismo humano. Em relação à composição, esse leite apresenta maior similaridade com o leite humano do que o leite bovino. Além disso, o leite caprino contém 30% menos colesterol e concentrações satisfatórias de vitamina A e vitaminas do complexo B (tiamina, riboflavina e niacina), além de minerais como cálcio, zinco, selênio, manganês e cobre. Esses fatores fazem com que esse produto seja indicado para o consumo como substituto do leite bovino para grupos especiais, como pessoas alérgicas, crianças e idosos (GETANEH *et al.*, 2016; PARK; HAENLEIN; WENDORFF, 2017).

Outro fator relevante é que o leite de cabra é digerido no corpo humano em cerca de 20 minutos, enquanto o leite bovino pode levar de 2 a 3 horas (PARK; HAENLEIN; WENDORFF, 2017). A rápida digestibilidade pode ser associada a diversos fatores, como o tamanho dos glóbulos de gordura, que são menores que os do leite bovino, e o elevado teor de ácidos graxos de cadeia curta e média (GETANEH *et al.*, 2016). Apesar disso, esses ácidos contribuem para o aroma e sabor típicos dos produtos de leite de cabra, que podem influenciar negativamente na aceitação do leite caprino e dos seus derivados por consumidores que não estão habituados aos mesmos (COSTA *et al.*, 2015; QUEIROGA *et al.*, 2013).

Em relação à produção, no Brasil predomina a do leite de vaca, no entanto, o leite de cabra, mesmo com o menor volume de produção, tem grande importância na geração de emprego e renda (DELGADO JÚNIOR; SIQUEIRA; STOCK, 2020). A caprinocultura brasileira é mais difundida nas regiões Norte e Nordeste, sendo o estado da Paraíba o maior produtor do país. Nesses territórios, a maior parte da produção é direcionada para programas de distribuição de alimentos, como a merenda escolar (IBGE, 2017).

O crescimento na demanda pelo leite de cabra e seus derivados está relacionado ao aumento da renda per capita dos consumidores e a preocupação das pessoas com relação à alimentação saudável. Assim, a comercialização desses produtos ainda se encontra em um estado inicial no país, porém, tem-se observado o aumento gradativo no consumo de queijos, iogurtes, doce de leite e outros lácteos elaborados a partir do leite caprino, já que o mesmo se apresenta como um alimento de alto valor nutritivo e com potencial funcional (MARTINS *et al.*, 2018).

Queijos frescos

O queijo fresco é uma classificação dada aos queijos que, logo após a fabricação, já estão pronto para o consumo, sem necessitar de um período de maturação (BRASIL, 2017). Em relação ao queijo fresco caprino, estudos têm surgido com o intuito de diferenciá-los e aumentar a sua aceitação. Novos queijos caprinos do tipo coalho, por exemplo, vem sendo desenvolvidos condimentados com cumaru, cranberry e cachaça para a verificação do aumento da aceitabilidade e comercialização de tais produtos (APOSTU *et al.*, 2014; SOUZA *et al.*, 2011; SILVA; COSTA; DELFINO, 2018).

Quando o queijo é obtido a partir do leite cru, não tratado termicamente, pode ser associada a denominação de artesanal (PERNAMBUCO, 2018). Os produtos obtidos a partir do leite cru desenvolvem aromas e sabores característicos dependendo da raça, da nutrição animal, do processo de fabricação e da microbiota oriunda do leite, que pode variar de acordo com a região produtora (DOLCI *et al.*, 2008). Em relação à microbiota, estudos têm sido realizados com o intuito de identificar e caracterizar propriedades de interesse em microrganismos presentes no leite cru e nos queijos artesanais, podendo utilizá-los, por exemplo como culturas starters para serem utilizadas em outros produtos lácteos (CABRAL *et al.*, 2016).

Beterraba

A beterraba (*Beta vulgaris*) é uma raiz tuberosa que pode ser utilizada para diferentes fins, como a extração de açúcares ou o consumo *in natura*, dependendo da variedade (PALMIERI *et al.*, 2018). Em aspectos nutricionais, a variedade da beterraba de mesa apresenta teores significativos de vitaminas A, B1, B2 e C e de sais minerais (SANTOS, M. S.; *et al.*, 2016).

A beterraba de mesa contém também um alto teor de betalaínas, um grupo de pigmentos hidrossolúveis constituído de betaxantinas e betacianinas (TIVELLI *et al.*, 2011). Além da coloração, esses pigmentos possuem também efeitos benéficos à saúde, atuando, por exemplo, como antioxidante, cardioprotetor, anti-inflamatório e antimicrobiano. A concentração de betalaínas na beterraba vermelha pode variar de 70mg a 4000mg por 100g de produto, o que pode representar mais do que 2% do total de sólidos solúveis (CELLI; BROOKS, 2017; SANTOS, M. S.; *et al.*, 2016).

As betalaínas apresentam sensibilidade ao processamento térmico, com a perda de cerca de 40% do conteúdo original em 15 minutos de aquecimento com vapor simulando um sistema de evaporação doméstico. Apesar disso, o elevado teor inicial dos pigmentos faz com que uma

quantidade significativa permaneça mesmo após o processamento (CELLI; BROOKS, 2017; JAGANNATH; KUMAR; RAJU, 2015).

O interesse pelas propriedades nutricionais e de pigmentação da beterraba fez com que novos produtos surgissem a partir de sua incorporação. Já foram elaborados, por exemplo, biscoitos do tipo cookies e sorvetes com base láctea, levando à obtenção níveis de aceitabilidade superiores a 70% nos dois produtos (BASSETTO *et al.*, 2013; SANTOS, M. S.; *et al.*, 2016). Devido a esses fatores, atualmente, além do aumento da demanda pelo consumo *in natura* ou na forma de snacks e sucos funcionais, a beterraba está sendo adicionada industrialmente em produtos como sopas desidratadas, iogurtes e catchups, vista como uma potencial matéria prima no mercado (PALMIERI *et al.*, 2018).

295

Probióticos

Probióticos são definidos como microrganismos que têm a capacidade de atuar no equilíbrio da microbiota intestinal, gerando efeitos benéficos à saúde. Esses microrganismos podem interagir com bactérias do trato gastrointestinal ou atuar diretamente sobre o hospedeiro. Para serem aplicados em alimentos, além de produzirem o efeito benéfico e serem seguros para o consumidor, os probióticos devem ser capazes de sobreviver até atingir o local de atuação no trato gastrointestinal (BINNS, 2013).

No ramo dos produtos adicionados de probióticos, a indústria de laticínios se destaca como a que apresenta maior variedade, principalmente em iogurtes e leites fermentados. Os queijos também têm tido a incorporação de probióticos ampliada, principalmente por causa de resultados positivos na utilização do mesmo como veículo (OLIVEIRA, 2014).

A viabilidade funcional e sensorial dos probióticos tem sido estudada em diferentes tipos de queijo, incluindo o queijo de coalho e em queijos obtidos a partir do leite de cabra. Verificou-se, por exemplo, o efeito dos probióticos na constituição do perfil de ácidos graxos de queijos de cabra, o que pode resultar, por exemplo, em diferenças sensoriais dos produtos (KESENKAS *et al.*, 2018).

Por possuírem um grande histórico de segurança para o consumo, as bactérias mais estudadas e empregadas como probióticos em alimentos são as dos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*. Ambas são caracterizadas como Bactérias Lácticas (BL), grupo que apresenta semelhanças fisiológicas e metabólicas e têm em comum a característica de possuir ácido láctico como principal produto da fermentação de carboidratos (DINEV *et al.*, 2017). BL estão presentes naturalmente em alguns alimentos, como o leite cru, mas também podem ser adicionadas em produtos para fins tecnológicos (ALMEIDA JÚNIOR *et al.*, 2015).

Em relação a *Lactobacillus acidophilus*, essa espécie é parte natural do trato gastrointestinal do homem e de alguns animais que vem sendo utilizado como probiótico em diversos alimentos, incluindo produtos como queijos e iogurtes, devido à sua estabilidade e aos seus efeitos benéficos (GEABRA *et al.*, 2015; PEROTTI *et al.*, 2014).

Microbiologia preditiva

A microbiologia preditiva é um método rápido e relativamente econômico para a obtenção de estimativas confiáveis quanto ao crescimento, inativação e sobrevivência dos microrganismos em condições específicas. Assim, tanto a conservação como a manutenção de aspectos físico-químicos de um alimento constituem áreas de estudo da microbiologia preditiva (GONZÁLEZ *et al.*, 2019; SIQUEIRA *et al.*, 2014).

Com os modelos preditivos, parâmetros microbiológicos e matemáticos associados às equações podem ser variados de modo a ajustar as curvas de resposta aos dados obtidos. A aplicação dos modelos matemáticos primários é coerente quando são utilizadas para condições ambientais estáticas. Assim, dependendo do microrganismo, das condições e do produto, o crescimento pode ser descrito por uma equação teórica (HALL *et al.*, 2014; SIQUEIRA *et al.*, 2014).

O modelo de Baranyi e Roberts, por exemplo, relaciona diversos parâmetros biológicos: contagem inicial de microrganismos (y_0), taxa de crescimento máximo ($\mu_{\text{máx}}$), tempo da fase lag (λ) e variação entre o número máximo de microrganismos e o número inicial (C). Com o ajuste do modelo aos dados experimentais, é possível realizar interpretações do crescimento assim como comparações entre diferentes crescimentos avaliados (BARANYI; ROBERTS, 1994).

METODOLOGIA

Obtenção do leite caprino

Todo o leite de cabra utilizado foi obtido a partir de parceria com o departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), possuidor de uma criação de caprinos, onde as cabras foram devidamente ordenhadas seguindo as Boas Práticas Agropecuárias e o leite cru foi imediatamente transportado em containers plásticos, para o Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal (Leites) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Preparo e ativação dos inóculos

A cepa de *Lactobacillus acidophilus*, o probiótico adicionado em uma das formulações, foram obtidas a partir das amostras comerciais liofilizadas da empresa Globalfood (LAFTI-L10). Foram preparadas culturas de trabalho com concentração de 10^{12} UFC/mL em leite previamente esterilizado, que foram armazenadas a $-22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

A ativação dos probióticos sob congelamento foi iniciada no dia anterior à produção dos queijos. As amostras foram armazenadas à temperatura de refrigeração ($6 \pm 2^{\circ}\text{C}$) por 10 ± 1 h. Em seguida, as mesmas foram colocadas em Estufa Incubadora BOD, à $36 \pm 1^{\circ}\text{C}$, por um período de 14 ± 1 h.

Preparo do concentrado de beterraba

As beterrabas vermelhas (*Beta vulgaris*) foram obtidas em supermercados locais, selecionando os vegetais aparentemente sadios, com o mínimo de defeitos físicos, como cortes ou perfurações, com a coloração marrom-avermelhada característica da matéria prima. As beterrabas foram sanitizadas com imersão em solução de hipoclorito de sódio 1 % por 30 minutos e enxaguados com água corrente por 1 minuto.

Em seguida, os vegetais higienizados foram processados com adição de água na proporção 1:1 e, posteriormente, foram aquecidos a 100°C por cerca de 30 minutos para a remoção parcial do conteúdo de água.

Produção dos queijos artesanais

Foram elaborados dois queijos a partir do leite de cabra cru, sendo um deles adicionado da cultura probiótica de *Lactobacillus acidophilus* (QP) e outro sem adição de cultura (QS). O processamento realizado foi definido utilizando como fundamento o passo a passo da produção do queijo de coalho, com as devidas adaptações (FURTADO, 2005).

Após o aquecimento inicial do leite cru a 35°C , adicionou-se primeiramente cloreto de cálcio e, posteriormente, a enzima coagulante, ambos da marca Rica Nata®, diluídos em um pequeno volume de água destilada e seguindo as recomendações dos fabricantes quanto ao volume utilizado de cada produto.

A adição do *Lactobacillus acidophilus* foi realizada no próprio leite aquecido, sob agitação, momentos antes da adição do coalho, em apenas um dos ciclos produtivos. A cultura previamente ativada foi adicionada na proporção de 2 % (v/v), com concentração de 10^{12} UFC/mL.

Na salga da massa, utilizou-se $7,700\text{g} \pm 0,001\text{g}$ por litro de leite utilizado. Na enformagem, utilizou-se formas para queijo de coalho e, para a incorporação do concentrado de beterraba, posicionou-se inicialmente uma camada de massa de queijo no fundo e nas paredes do recipiente com adição do concentrado de beterraba na proporção de 20% em relação à massa de queijo, em camada única ou em múltiplas camadas, intercaladas com camadas de massa de queijo.

Ensaio Físico-Químicos

Foram realizados ensaios físico-químicos segundo os procedimentos recomendados na IN de nº 30 de 2018 do MAPA, que indica os métodos analíticos físico-químicos para o controle de produtos de origem animal (BRASIL, 2018a). Assim, determinou-se a acidez por titulação com acidímetro de Dornic, o pH com o equipamento de bancada (pHmetro BEL PHS3-BW), o teor de gorduras pelo método butirométrico, o de proteínas pelo método de Kjeldahl, o de umidade e cinzas pelo método gravimétrico e, por fim, os carboidratos totais por diferença. Ressalta-se que o teor de sólidos totais é determinado a partir da subtração do teor de umidade do valor unitário (100%) e o teor de Gordura no Extrato Seco (GES) pode ser determinado a partir da relação entre o percentual de gordura e o percentual de sólidos totais.

Ensaio Microbiológicos

Utilizou-se como base as metodologias da *American Public Health Association* (APHA, 2015), que descreve métodos padronizados internacionalmente para análises microbiológicas em alimentos.

Para a verificação da segurança microbiológica dos queijos produzidos, tendo em vista que foram produzidos com leite cru, com e sem a adição de *Lactobacillus acidophilus*, realizou-se, após a produção, a pesquisa de *Salmonella* spp. e *Listeria monocytogenes*. Também foram realizadas a identificação de *Staphylococcus aureus* e a contagem de coliformes termotolerantes pela técnica do Número Mais Provável.

Crescimento de Bactérias Lácteas e modelagem matemática

A enumeração de Bactérias foi realizada semanalmente em cada um dos queijos por 35 dias de armazenamento do produto a 6 ± 2 °C. A partir dos dados obtidos, foi realizado o ajuste matemático do crescimento das Bactérias Lácteas ao modelo de Baranyi e Roberts com a ferramenta online DMFit (ComBase 2021[®]).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

299

Ensaio Físico-Químico

Os Ensaio Físico-Químico dos queijos produzidos, com e sem a adição do *Lactobacillus acidophilus*, levaram aos resultados apresentados na Tabela 01.

Tabela 01: Valores médios e desvio padrão das características físico-química dos queijos produzidos com leite caprino cru adicionado de beterraba nas versões com (QP) e sem (QS) adição de *Lactobacillus acidophilus*

Característica	QP	QS
pH	6,77 ± 0,01 ^a	6,70 ± 0,04 ^a
Acidez (°D)	10,50 ± 0,50 ^a	20,00 ± 0,01 ^b
Gordura (%)	15,50 ± 0,70 ^a	15,75 ± 0,40 ^a
Gordura no Extrato Seco - GES (%)	34,00 ± 2,00 ^a	37,00 ± 1,00 ^b
Proteínas (%)	17,40 ± 0,01 ^a	13,80 ± 0,01 ^b
Carboidratos (%)	8,65 ± 0,05 ^a	9,40 ± 0,10 ^b
Umidade (%)	54,80 ± 0,20 ^a	57,60 ± 0,40 ^b
Sólidos Totais (%)	45,20 ± 0,20 ^a	42,40 ± 0,40 ^b
Cinzas (%)	3,65 ± 0,04 ^a	3,40 ± 0,10 ^a

Nota: Letras diferentes numa mesma linha indicam diferença estatisticamente significativa pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

Fonte: Própria (2020).

Os valores de pH, umidade e GES (Tabela 01) não corresponderam aos valores médios de referência da literatura para o queijo de coalho (DUTRA, 2017). Os queijos produzidos puderam ser classificados, pela Portaria nº146 de 1996 do MAPA (BRASIL, 1996), como queijos semigordos (teor de GES entre 25 e 44,9%) e de alta a muito alta umidade. Isso pode ter ocorrido devido à adição do concentrado de beterraba, que aumentou o conteúdo de sólidos não gordurosos e umidade em relação a um queijo de coalho comum, influenciando também no teor de cinzas dos queijos produzidos.

Em relação ao teor de proteínas, os valores encontrados (Tabela 01) condizem com o esperado para queijos, tendo em vista que esse teor é bastante variável, podendo estar em faixas de 10 a 30% dependendo do processamento utilizado. Além disso, em uma avaliação dos queijos de coalho artesanais comercializados em Pernambuco, verificou-se valores de 8,38% a 25,63% para o teor de proteínas (LIMA *et al.*, 2017).

Através da comparação entre os queijos, apesar de terem havido variações estatisticamente significativas entre os produtos com e sem a adição de probióticos, inferiu-se que tais alterações são decorrentes do fato de que foi realizada uma produção artesanal em

pequena escala que, portanto, está propensa a variações.

Apesar disso, percebeu-se que a maior alteração em termos numéricos aconteceu no teor de acidez dos produtos (Tabela 01), mesmo que ambos estejam próximos a valores encontrados para queijos de coalho comerciais (SANTOS, B.M.; *et al.*, 2011; SOUZA; ALVES; OLIVEIRA, 2016). O resultado encontrado, em que QS apresentou um teor de acidez mais elevado, não era esperado, pois a adição da cultura probiótica em QP deveria promover o aumento da produção de ácido láctico e, conseqüentemente, o aumento da acidez. Apesar disso, como se trata de um queijo elaborado com leite cru, a microbiota endógena pode ter favorecido o aumento da acidez em QS, fato que pôde ser ratificado pelo estudo da concentração de Bactérias Lácticas que será posteriormente abordado.

300

Ensaio Microbiológicos do queijo

Os Ensaio Microbiológicos realizados nos queijos produzidos permitiram classificar os produtos QS e QP como de acordo com os padrões microbiológicos definidos pela legislação brasileira (BRASIL, 2019), tendo em vista que não foram detectados *Salmonella* spp., estafilococos coagulase positivos ou Coliformes termotolerantes. Além disso, também não foi detectada a presença de *Listeria monocytogenes*, ratificando a segurança microbiológica do leite caprino cru utilizado.

Crescimento de Bactérias Lácteas

A partir do ajuste matemático dos dados de crescimento de Bactérias Lácteas durante o armazenamento a 6 ± 2 °C por 35 dias ao modelo matemático de Baranyi e Roberts no programa online DMFit®, foram obtidos os parâmetros microbiológicos relativos aos dois queijos produzidos que são apresentados na Tabela 03. Além disso, tal ajuste matemático permitiu a geração de uma curva preditiva de ajuste aos dados experimentais, que é mostrada na Figura 01.

Tabela 03: Parâmetros do ajuste ao modelo de Baranyi e Roberts do crescimento de Bactérias Lácticas durante o armazenamento a 6 ± 2 °C por 35 dias dos queijos de leite caprino com beterraba produzidos com (QP) e sem (QS) a adição de cultura probiótica de *Lactobacillus acidophilus*

Parâmetro matemático	QP	QS
Valor inicial – y_0 (log UFC.g ⁻¹)	6,744 ± 0,128	6,660 ± 0,190
Valor final – y_f (log UFC.g ⁻¹)	11,861 ± 0,900	12,192 ± 0,238
Duração da fase lag - λ (dias)	5,443 ± 1,630	5,136 ± 1,649
Taxa de crescimento máxima - $\mu_{\text{máx}}$ (log UFC.g ⁻¹ .dia ⁻¹)	0,158 ± 0,012	0,224 ± 0,020

Fonte: Própria (2019).

Figura 01: Ajuste ao modelo de Baranyi e Roberts do crescimento de Bactérias Láticas durante o armazenamento a 6 ± 2 °C por 35 dias dos queijos de leite caprino com beterraba produzidos com (QP) e sem (QS) a adição de cultura probiótica de *Lactobacillus acidophilus*

Fonte: Própria (2019)

A legislação brasileira define que a caracterização de um produto como adicionado de probióticos deve ser embasada por estudos científicos que definam o número e a espécie do microrganismo necessárias para a obtenção de um efeito benéfico ao consumidor (BRASIL, 2018b). Pela literatura, a quantidade de Bactérias Lácteas em queijos que possuem alegação de probióticos contêm um número de microrganismos superior a 10^7 UFC.g⁻¹ (HOMAYOUNI *et al.*, 2018; LEITE *et al.*, 2021). Devido a isso, ambos os produtos (QS e QP) puderam ser classificados como probióticos a partir da primeira semana de armazenamento.

Em relação ao ajuste matemático realizado, percebeu-se que os parâmetros encontrados, assim como o gráfico relativo ao crescimento, foram similares para os dois produtos. Apesar disso, uma taxa de crescimento máxima e um valor final de microrganismos maiores foram obtidos no queijo sem adição de probióticos (QS). Esse resultado não era esperado tendo em vista que a adição inicial da cultura probiótica de *L. acidophilus* no queijo QP deveria promover um aumento significativo dos parâmetros de crescimento das Bactérias Láticas na matriz do queijo.

Isso pode ser justificado devido ao fato de que foi utilizado queijo caprino cru, portanto, há uma microbiota endógena presente em QS, que já possuía uma adaptação natural ao leite de cabra, sem que houvesse uma possível competição com uma cultura adicionada, como pode ter ocorrido em QP. Ressalta-se que BL fazem parte da microbiota natural do leite caprino,

composta principalmente pelos microrganismos dos gêneros *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* e *Enterococcus* (HERNÁNDEZ-SALDAÑA *et al.*, 2016).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do projeto desenvolvido, foi possível produzir queijos artesanais probióticos utilizando leite de cabra e concentrado de beterraba com e sem adição de uma cultura probiótica de *Lactobacillus acidophilus*, com parâmetros físico-químicos e microbiológicos condizentes ao produto.

Quanto ao crescimento de Bactérias Láticas, os produtos com e sem adição de cultura probiótica foram caracterizados como funcionais a partir da primeira semana do período de armazenamento avaliado. Portanto, a adição da cultura de *Lactobacillus acidophilus*, que representa um custo associado ao processo, não contribuiu significativamente na caracterização do produto como probiótico, pois o queijo obtido com leite cru, rico em bactérias láticas nativas, apresentou resultado superior em relação à concentração de Bactérias Láticas, benéficas para o consumidor.

REFERÊNCIAS

APHA - American Public Health Association. **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. 5th ed. [S. l.]: APHA Press, 2015.

APOSTU, S.; POP, C.; ROTAR, A. M.; SALANȚĂ, L.; POP, A.; GĂVRUȘ, I. Improving the Chemical and Sensory Characteristics of Goat Cheese by the Addition of Cranberry. **Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Food Science and Technology**, vol. 71, no. 2, p. 1–2, 2014.

BARANYI, J.; ROBERTS, T. A. A dynamic approach to predicting bacterial growth in food. **International Journal of Food Microbiology**, vol. 23, no. 3–4, p. 277–294, 1994.

BASSETTO, R. Z.; SAMULAK, R.; MISUGI, C.; BARANA, A.; ROSSO, N. Produção de biscoitos com resíduo do processamento de beterraba (*Beta vulgaris* L.). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, , p. 139–145, 2013.

BINNS, N. Ilsi Europe Concise Monograph Series: Probióticos , Prebióticos e a Microbiota Intestinal. **ILSI Europe - International Life Sciences Institute**, , p. 1–35, 2013.

BRASIL. Decreto nº 9.013 de 29 de março de 2017, Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, 2017.

BRASIL. Instrução Normativa N° 60, de 23 de dezembro de 2019. Listas de padrões microbiológicos para alimentos prontos para oferta ao consumidor. Brasília, 2019.

BRASIL. Instrução Normativa n° 30 de 26 de Junho de 2018. Oficializa os métodos constantes do Manual de Métodos Oficiais para Análise de Alimentos de Origem Animal. Brasília, 2018a.

BRASIL. Portaria n°146 de 07 de março de 1996. Aprova os regulamentos técnicos de identidade e qualidades dos produtos lácteos. Brasília, 1996.

BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada RDC N° 241, de 26 de Julho de 2018. Dispõe sobre os requisitos para comprovação da segurança e dos benefícios à saúde dos probióticos para uso em alimentos. Brasília, 2018b.

CABRAL, M. L. B.; LIMA, M. dos S. F. de; FERNANDES, G. A. de A.; COSTA, E. F. da; PORTO, A. L. F.; CAVALCANTI, M. T. H. Queijos artesanais: fonte de bactérias ácido lácticas selvagens para formulação de fermentos tradicionais. **Journal of bioenergy and food science**, vol. 3, no. 4, p. 207–215, 2016.

CELLI, G. B. .; BROOKS, M. S. Impact of extraction and processing conditions on betalains and comparison of properties with anthocyanins – a current review. **Food Research International**, vol. 100, p. 501–509, 2017.

COSTA, M. P.; BALTHAZAR, C. F.; RODRIGUES, B. L.; LAZARO, C. A.; SILVA, A. C. O.; CRUZ, A. G.; CONTE JUNIOR, C. A. Determination of biogenic amines by high-performance liquid chromatography (HPLC-DAD) in probiotic cow's and goat's fermented milks and acceptance. **Food Science and Nutrition**, vol. 3, no. 3, p. 172–178, 2015.

DE ALMEIDA JÚNIOR, W. L. G.; FERRARI, Í. da S.; DE SOUZA, J. V.; DA SILVA, C. D. A.; DA COSTA, M. M.; DIAS, F. S. Characterization and evaluation of lactic acid bacteria isolated from goat milk. **Food Control**, vol. 53, p. 96–103, 2015.

DINEV, T. .; BEEV, G. .; DENEV, S. .; DERMENDZHIEVA, D. .; TZANOVA, M. .; VALKOVA, E. Antimicrobial activity of *Lactobacillus acidophilus* against pathogenic and food spoilage microorganisms: a review. **Agricultural Science and Technology**, vol. 9, no. 1, p. 3–9, 2017.

DOLCI, P. .; ALESSANDRIA, V. .; ZEPPA, G. .; RANTSIOU, K. .; COCOLIN, L. Microbiological characterization of artisanal Raschera PDO cheese: Analysis of its indigenous lactic acid bacteria. **Food Microbiology**, vol. 25, no. 2, p. 392–399, 2008.

DOS SANTOS FALCÃO DE LIMA, M.; DA SILVA, R. A.; DE LIMA FILHO, J. L.; PORTO, A. L. F.; CAVALCANTI, M. T. H. Queijo de coalho artesanal: fonte alternativa de peptídeos antimicrobianos. **Brazilian Journal of Food Technology**, vol. 20, 2017.

DUTRA, E. R. P. **Fundamentos Básicos da Produção de Queijos**. Juiz de Fora: Templo, 2017.

FAKRUDDIN, M.; MAZUMDAR, R. M.; MANNAN, K. S. Bin. Predictive microbiology: Modeling microbial responses in food. **Ceylon Journal of Science (Biological Sciences)**, vol. 40, no. 2, p. 121, 2012.

- FURTADO, M. M. **Quesos Típicos de Latinoamérica**. São Paulo: Danisco A/S, 2005.
- GARCIA, R. V.; TRAVASSOS, A. E. R. General aspects of goat milk: a review. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, vol. 67, no. 386, p. 81–88, 2012.
- GEABRA, C. .; RIBEIRO, M. C. E. .; CHAVES, K. S. .; GANDARA, A. L. N. .; GIGANTE, M. L. Cheese, Effectiveness of different methodologies for the selective enumeration of *Lactobacillus acidophilus* La5 from yoghurt and Prato. **LWT-Food Science and Technology**, vol. 64, no. 1, p. 508–513, 2015.
- GETANEH, G. .; MEBRAT, A. .; WUBIE, A. .; KENDIE, H. Review on Goat Milk Composition and its Nutritive Value. **Journal of Nutrition and Health Sciences**, vol. 3, no. 4, 2016.
- GONZÁLEZ, S. C.; POSSAS, A.; CARRASCO, E.; VALERO, A.; BOLÍVAR, A.; POSADA-IZQUIERDO, G. D.; GARCÍA-GIMENO, R. M.; ZURERA, G.; PÉREZ-RODRÍGUEZ, F. ‘MicroHibro’: A software tool for predictive microbiology and microbial risk assessment in foods. **International Journal of Food Microbiology**, vol. 290, no. July 2018, p. 226–236, 2019.
- HALL, B. G. .; ACAR, H. .; NANDIPATI, A. .; BARLOW, M. Growth Rates Made Easy. **Molecular biology and evolution**, vol. 31, no. 1, p. 232–238, 2014.
- HERNÁNDEZ-SALDAÑA, O. F.; VALENCIA-POSADAS, M.; DE LA FUENTE-SALCIDO, N. M.; BIDESHI, D. K.; BARBOZA-CORONA, J. E. Bacteriocinogenic Bacteria Isolated from Raw Goat Milk and Goat Cheese Produced in the Center of México. **Indian Journal of Microbiology**, vol. 56, no. 3, p. 301–308, 2016.
- HOMAYOUNI, A.; ANSARI, F.; AZIZI, A.; POURJAFAR, H.; MADADI, M. Cheese as a Potential Food Carrier to Deliver Probiotic Microorganisms into the Human Gut: A Review. **Current Nutrition & Food Science**, vol. 16, no. 1, p. 15–28, 2018.
- JAGANNATH, A.; KUMAR, M.; RAJU, P. S. Fermentative Stabilization of Betanin Content in Beetroot and Its Loss during Processing and Refrigerated Storage. **Journal of Food Processing and Preservation**, vol. 39, no. 6, p. 606–613, 2015.
- KESSEKAS, H.; ERGONUL, P. G.; AKAN, E.; KINIK, Ö. Effect of some pro and prebiotics on fatty acid and organic acid composition of symbiotic goat cheese. **Carpathian Journal of Food Science and Technology**, vol. 10, no. 1, p. 111–124, 2018.
- LEITE, A. C. S.; CORTEZ, N. M. D. S.; DE ALBUQUERQUE, S. S. M. C.; SHINOHARA, N. K. S.; MACEDO, I. M. E.; ANDRADE, S. A. C. Development of stuffed coalho cheese in the traditional, lactose-free and probiotic-added formulations. **Ciencia Rural**, vol. 51, no. 5, 2021.
- LEITE DE SOUZA, E.; VIEIRA DA COSTA, A. C.; FERNANDES GARCIA, E.; GOMES DE OLIVEIRA, M. E.; HAUSS DE SOUZA, W.; RAMOS DO EGYPTO QUEIROGA, R. de C. Qualidade do queijo de leite de cabra tipo Coalho condimentado com cumaru (*Amburana cearensis* A.C. Smith). **Brazilian Journal of Food Technology**, vol. 14, no. 03, p. 220–225, 2011.

MARTINS, I. B. A.; DELIZA, R.; DOS SANTOS, K. M. O.; WALTER, E. H. M.; MARTINS, J. M.; ROSENTHAL, A. Viability of Probiotics in Goat Cheese During Storage and Under Simulated Gastrointestinal Conditions. **Food and Bioprocess Technology**, vol. 11, no. 4, p. 853–863, 2018.

OLIVEIRA, L. de. **Probióticos, prebióticos e simbióticos: definição, benefícios e aplicabilidade industrial**. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, 2014.

PALMIERI, F. G. .; MARCOMINI, L. R. S. .; BARBIERI, M. G. .; SOUZA, M. N. O. de. Pequenos mercados, grandes oportunidades: agora é a vez da abóbora, abobrinha, beterraba, caqui, coco, pepino e pêssego. **Hortifruti Brasil**, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.

PARK, Y. W. .; HAENLEIN, G. F. W. .; WENDORFF, W. L. **Handbook of milk of non-bovine mammals**. 2nd ed. Oxford: Blackwell Publishing Professional, 2017.

PERNAMBUCO. Lei nº 16.312, de 11 de Janeiro de 2018. Dispõe sobre o processo de Produção Artesanal do Queijo Coalho e outros produtos derivados do Leite. Recife, 2018.

PEROTTI, M. .; WOLF, I. .; ADDIS, M. .; COMUNIAN, R. .; PABA, A. .; MEINARDI, C. Incorporation of probiotic bacteria (*Lactobacillus* and *Bifidobacterium* spp.) in Argentinean ovine cheese. **Dairy Science & Technology**, vol. 94, no. 94, p. 225–267, 2014.

QUEIROGA, R. C. R. E. .; SANTOS, B. M. .; GOMES, A. M. P. .; MONTEIRO, M. J. .; TEIXEIRA, S. M. .; SOUZA, E. L. .; PEREIRA, C. J. D. .; PINTADO, M. M. E. Nutritional, textural and sensory properties of Coalho cheese made of goats', cows' milk and their mixture. **LWT – Food Science and Technology**, vol. 50, p. 538–544, 2013.

SANTOS, B. M. .; OLIVEIRA, M. E. G. .; SOUSA, Y. R. F. .; MADUREIRA, A. R. M. F. M. .; PINTADO, M. M. E. .; GOMES, A. M. P. Caracterização físico-química e sensorial de queijo de coalho produzido com mistura de leite de cabra e de leite de vaca. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, vol. 70, no. 3, 2011.

SANTOS, M. S. .; CARVALHO, C. B. .; KEMPINSKI, E. C. .; ANTIGO, J. L. D. .; MADRONA, G. S. Avaliação da qualidade de sorvete de leite com diferentes concentrações de beterraba. **Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research**, vol. 13, no. 3, p. 17–21, 2016.

SARTORIO, M.; SANTOS, D. O. S.; CARVALHO, C. B.; CARVALHO, E.; LORAINÉ, J.; ANTIGO, D.; MADRONA, G. S. Quality and Sensorial Evaluation of Milk Ice Cream Made With Different Concentrations of Beet. vol. 13, p. 17–21, 2016.

SILVA, V. B. da; COSTA, M. P. da; DELFINO, N. D. C. Aceitabilidade E Intenção De Compra Do Queijo De Coalho De Cabra Temperado Com Cachaça. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, vol. 72, no. 3, p. 121–130, 2018.

SIQUEIRA, A. A.; CARVALHO, P. G. S. de; MENDES, M. L. M.; SHIOSAKI, R. K.; SIQUEIRA, A. A.; CARVALHO, P. G. S. de; MENDES, M. L. M.; SHIOSAKI, R. K.

MicroFit: a free software for the development and fit of mathematical models for bacterial growth. **Brazilian Journal of Food Technology**, vol. 17, no. 4, p. 329–339, 2014.

SLATNAR, A. .; STAMPAR, F. .; VEBERIC, R. .; JAKOPIC, J. HPLC-MS identification of betalain profile of different betroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris*) parts and cultivars. **Journal of Food Science**, vol. 80, p. 1952–1958, 2015.

306

SOUKOLIS, C. .; BEHBOUDI-JOBBEHDAR, S. .; YONEKURA, L. .; PARMENTER, C. .; FISK, I. Impact of milk protein type on the viability and storage stability of microencapsuled *Lactobacillus acidophilus* NCIMB 701748 using spray drying. **Food and Bioprocess Technology**, vol. 75, no. 2, p. 1255–1268, 2014.

SOUZA, D. L. M.; ALVES, J. E. A.; OLIVEIRA, C. A. Avaliação físico-química do queijo coalho artesanal e industrial fabricado em Salgueiro - PE. **Anais I Congresso Internacional das Ciências Agrárias**, 2016.

TIVELLI, S. W. .; FACTOR, T. L. .; TERAMOTO, J. R. S. .; FABRI, E. G. .; MORAES, A. R. A. de; TRANI, P. A. .; MAY, A. **Beterraba: do plantio à comercialização**. Campinas: Boletim Técnico Instituto Agrônômico - IAC, n. 210, 2011.

CAPÍTULO 21: ELABORAÇÃO DE MANTEIGA SABORIZADA COM PIMENTA BODE ROXO E PIMENTA ROSA

CAPÍTULO 21: PREPARACIÓN DE MANTEQUILLA CON PIMIENTA BODE ROXO Y PIMIENTA ROSA

307

CHAPTER 21: PREPARATION OF FLAVORED BUTTER WITH BODE ROXO PEPPER AND PINK PEPPER

Oswaldo Ludovice Neto¹; Alany Andrade de Oliveira²; Kecieli Martins Braz³ Denise Ribeiro de Freitas⁴; Simone Mazzutti⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.307-322>

RESUMO

O leite é um alimento rico em suas propriedades nutricionais e está presente quase que diariamente na mesa dos brasileiros. Nas cidades do alto sertão sergipano fica localizada a bacia leiteira do estado, responsável pela produção em 2018 de aproximadamente 337.279 litros de leite, sendo que grande parte deste montante foi destinado às indústrias dessa região. A produção de derivados lácteos fica também a cargo das fabriquetas, que muitas vezes são oriundas da agricultura familiar. Nestas fabriquetas são elaborados principalmente os queijos de diferentes tipos, bebidas lácteas fermentadas, manteiga de garrafa e a manteiga. O objetivo deste trabalho foi avaliar se a manteiga saborizada com pimenta atinge níveis satisfatórios de qualidade físicas, físico-químicas e de aceitabilidade pelos consumidores. Para a elaboração da manteiga saborizada com pimenta foram pesados 100 g de manteiga e adicionados concentrações diferentes da pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi) e da pimenta bode roxo (*Capsicum chinense* Jacquin). Para a manteiga com pimenta rosa foi utilizado concentração de 2,0 % e para a pimenta bode roxo utilizou-se 0,5 e 1,0 %. As manteigas foram analisada quanto a colorimetria, umidade e a aceitabilidade do produto por meio da aplicação de um questionário online contendo 19 perguntas. Os resultados desta pesquisa demonstraram que a coloração das manteigas não foi alterada com a inclusão da pimenta rosa ou com a bode roxo. Da mesma forma, a umidade das manteigas não variaram, segundo o teste de Tukey, contudo se mantiveram numa faixa acima da indicada pelo regulamento técnico de identidade e qualidade de manteiga. Mediante aplicação do questionário online, verificou-se que a maioria das pessoas questionadas preferiram a manteiga saborizada com pimenta rosa (60 %), seguida da manteiga com pimenta bode roxo (38 %) e apenas 2,0 % não escolheram nenhuma das amostras. Através da análise dos resultados é possível inferir que a manteiga saborizada com pimenta possui boa aceitabilidade entre os possíveis consumidores, contudo, ainda necessita de ajustes no parâmetro físico de umidade.

Palavras-Chave: *Capsicum*, Intenção de compra, aceitabilidade.

RESUMEN

La leche es un alimento rico en propiedades nutricionales y está presente casi a diario en la mesa de los brasileños. En las ciudades del sertão de Sergipe se ubica la cuenca láctea del estado e se produjo en 2018 aproximadamente 337.279 litros de leche, donde gran parte de esta cantidad se destinó a las industrias de la región. La producción de derivados lácteos también está a cargo de las pequeñas fábricas, que suelen ser de agricultura familiar. En estas fábricas se producen principalmente quesos de diferentes tipos, bebidas lácteas fermentadas, mantequilla de botella y mantequilla. El objetivo de este trabajo fue evaluar si la mantequilla aromatizada con pimienta alcanza niveles satisfactorios de calidad físico-

¹ Núcleo de Agroindústria, Universidade Federal de Sergipe, ludoviceneneto@gmail.com.br

² Núcleo de Agroindústria, Universidade Federal de Sergipe, alanyandrade@outlook.com

³ Núcleo de Agroindústria, Universidade Federal de Sergipe, kecieli1998@academico.ufs.br

⁴ Núcleo de Agroindústria, Universidade Federal de Sergipe, deniseribeirof@yahoo.com

⁵ Núcleo de Agroindústria, Universidade Federal de Sergipe, monemazzutti@gmail.com

química y aceptabilidad por parte de los consumidores. Para la preparación de la mantequilla aromatizada con pimienta se pesaron 100 g de mantequilla y se agregaron diferentes concentraciones de pimienta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi) y pimienta bode roxo (*Capsicum chinense* Jacquin). Para la mantequilla con pimienta rosa se utilizaron concentraciones del 2,0 % y para la pimienta bode roxo se utilizaron 0,5 y 1,0 %. Se aplicaron análisis de colorimetría, humedad y un cuestionario en línea que contenía 19 preguntas para verificar la aceptabilidad del producto. Los resultados de esta investigación mostraron que el color de las mantequillas no se alteró con la inclusión de la pimienta rosa o la bode roxo. Asimismo, la humedad de las mantequillas no varió, según la prueba de Tukey, sin embargo se mantuvo en un rango superior al indicado por el reglamento técnico de identidad y calidad de la mantequilla. Al aplicar el cuestionario en línea, se encontró que la mayoría de las personas encuestadas preferían la mantequilla aromatizada con pimienta rosa (60 %), seguida de la mantequilla con pimienta bode roxo (38 %) y solo el 2,0 % no eligió ninguna de las muestras. A través del análisis de los resultados se puede inferir que la mantequilla aromatizada con pimienta tiene buena aceptabilidad entre los posibles consumidores, sin embargo, aún necesita ajustes en el parámetro de humedad física.

Palabras Clave: *Capsicum*, intención de compra, aceptabilidad..

ABSTRACT

Milk is a food rich in its nutritional properties and is present almost daily on the table of Brazilians. The cities of Sergipe where the state's milk basin is located were responsible by approximately 337.279 liters of milk produced in 2018, where a large part of this amount was destined to the region's industries. The production of dairy derivatives is also in charge of the small factories, which are often from family farming. In these factories, cheeses of different types, fermented milk drinks, bottle butter and butter are mainly produced. The objective of this work was to evaluate whether butter flavored with pepper reaches satisfactory levels of physical, physical-chemical quality and acceptability by consumers. For the preparation of butter flavored with pepper, 100 g of butter were weighed and different concentrations of pink pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) and "bode roxo" pepper (*Capsicum chinense* Jacquin) were added. For butter with pink pepper, levels of 2.0 % were used and for bode roxo pepper, 0.5 and 1.0 % were used. Analyzes of colorimetry, moisture and an online questionnaire containing 19 questions were applied to verify the acceptability of the product. The results of this research showed that the color of the butters was not altered with the inclusion of pink pepper or bode roxo. Likewise, the moisture of the butters did not vary, according to the Tukey test, however they remained in a range above that indicated by the technical regulation of identity and quality of butter. By applying the online questionnaire, it was found that most of the people questioned preferred butter flavored with pink pepper (60 %), followed by butter with bode roxo pepper (38 %) and only 2.0 % did not choose any of the samples. Through the analysis of the results it is possible to infer that the butter flavored with pepper has good acceptability among the possible consumers, however, it still needs adjustments in the physical parameter of moisture.

Keywords: *Capsicum*, Purchase intention, acceptability.

INTRODUÇÃO

O leite é um alimento consumido mundialmente e que possui características nutricionais que possibilitam a nutrição completa dos seres humanos devido a grande riqueza em seu conteúdo nutricional. Do leite é possível a obtenção de vários produtos dos mais diversos tipos e texturas, o que possibilita a indústria de laticínios trabalhar com um portfólio de produtos que vão do leite *UHT* (*Ultra High Temperature*), leites fermentados, produtos a base de soro de leite reconstituído e a manteiga.

Em 2018 Sergipe obteve uma produção de leite de cerca de 337.279 litros e toda essa produção movimentou aproximadamente R\$ 545.363,00 reais para o Estado (EMDAGRO,

2019). Grande parte dessa produção está localizada na região semiárida de Sergipe, conhecida como Alto Sertão Sergipano, onde se localizam as grandes fábricas de beneficiamento deste produto e de seus derivados, incluindo a manteiga. Além das fábricas de grande porte, na região do município de Nossa Senhora da Glória localizam-se grande parte das chamadas fabriquetas, laticínios de pequeno porte com volumes variados onde se produzem principalmente queijo e manteiga.

A legislação brasileira regulamenta que manteiga é o produto gorduroso obtido exclusivamente pela bateção e malaxagem, com ou sem modificação biológica de creme pasteurizado derivado exclusivamente do leite de vaca, por processos tecnologicamente adequados (BRASIL, 1996).

A manteiga é um derivado lácteo com alto potencial para desenvolvimento de novos produtos, uma vez que no mercado é encontrado uma baixa diversificação desse produto (MONTEIRO, 2014). Partindo desse pressuposto, é possível identificar uma oportunidade para o desenvolvimento de novos produtos que possam atender a demanda de novos nichos de mercado e agradar os mais diferentes paladares. Dambros (2014), adicionou pimenta em diversos produtos como na produção de pasta, molho, pirulito e geleia e verificou por meio de análise sensorial que a maioria desses produtos obtiveram uma aceitação de mais de 70 %.

Apesar do ardume característico das pimentas, principalmente as do gênero *Capsicum*, as pimentas também são ricas em fibras, vitaminas, sais minerais, flavonoides, carotenos e outras substâncias antioxidante que atuam de forma funcional em nosso organismo (PINTO; DE OLIVEIRA PINTO; DONZELES, 2013). Além disso, as pimentas também são ricas em ácidos graxos insaturados de cadeia curta. Borges (2015) realizou um estudo de caracterização morfoagronômica e identificou a presença de ácidos graxos essenciais em seis acessos de pimenta, entre eles o ácidos oleico, linoleico e linolenico.

As manteigas saborizadas podem ser um produto para atender estes novos nichos de mercado com chances reais de alcançar novos paladares, contudo ainda existe poucos trabalhos na literatura que envolvam a saborização de manteigas com outros produtos com finalidade de conferir às características sensoriais novas experiências. Monteiro et al. (2014) elaboraram uma manteiga à base de ervas finas com boa aceitação, o que não alterou aspectos físicos importantes como a textura e atendeu aos padrões microbiológicos.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de elaborar manteigas saborizadas com pimentas, sendo as espécies selecionadas a pimenta bode-roxo (*Capsicum chinense* Jacquin) e a pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi). Além disso, buscou-se avaliar se a manteiga saborizada com pimenta atinge níveis satisfatórios de qualidade físicas e físico-químicas bem

como sua aceitabilidade pelos consumidores.

REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo uma pesquisa da EMBRAPA em 2020, durante os meses de abril e maio o consumo de manteiga não se alterou, apresentando inclusive um acréscimo no hábito de compra. Ainda sobre essa mesma pesquisa, verificou-se que consumidores estão buscando produtos de mercados locais, favorecendo os circuitos curtos de comercialização pela venda direta ou até mesmo indireta destes produtos (SILVA, 2020).

Dos derivados lácteos, a manteiga é quem constitui em sua composição química a maior percentagem de um único componente, que é a gordura. Martins (2018) analisou níveis em percentagem de gordura em manteiga “de leite” e manteiga “clarificada” observando níveis significativamente diferentes entre estas. A primeira possuía em sua constituição 71,5 % de gordura enquanto na manteiga clarificada o teor de lipídios aumentou para 97,3 %.

A riqueza em ácidos graxos da manteiga pode causar o aparecimento precoce do sabor de ranço. A rancidez está associada ao aparecimento de odor e sabor desagradável na manteiga, além da perda de vitaminas importantes (FURTADO; ALVES; OLIVEIRA, 2006). A rancidez também pode indicar a presença de microrganismos psicotróficos que produzem lípases que ajudam na oxidação destes ácidos graxos (CLEMENTE; ABREU, 2006).

Pensando no desenvolvimento de novos produtos tendo como base a manteiga de garrafa, Talma et al. (2020) aplicaram um questionário com 250 pessoas que quando perguntadas sobre quais condimentos gostariam de experimentar, 30,9 %, 21,1 % e 16,6 % responderam respetivamente, alho, coentro e pimenta calabresa. Produtos com a adição de pimenta ou tendo esta como base estão ganhando cada vez mais espaço no mercado (PINTO; DE OLIVEIRA PINTO; DONZELES, 2013).

A utilização da pimenta em novos produtos vem se tornando comum ao passar do tempo. Em seu trabalho sobre a elaboração de chocolate com pimenta baniwa, Santos, Boeira, e Fernandes (2017) afirmaram que “os resultados obtidos na análise sensorial demonstraram uma elevada aceitação para os atributos aroma, sabor e intenção de compra do chocolate em barra elaborado com a formulação com pimenta baniwa”, enquanto Paula (2018) argumenta que “apesar da excelente aceitação do produto desenvolvido pelos participantes, notou-se que muitos temiam a picância da pimenta”.

A pimenta é uma especiaria bastante consumida no Brasil e desde os tempos da colonização era utilizado na conservação e para realçar o sabor dos alimentos. As pimentas e

os pimentões (*Capsicum spp.*) compõem uma importante parte do mercado de hortaliças frescas do Brasil e também do segmento de condimentos, temperos e conservas, em nível mundial (COSTA et al., 2008).

A pimenta bode-roxo (*Capsicum chinense Jacquin*) possui pigmentação arroxeada e porte de até 2 cm de diâmetro por 1,5 cm de comprimento (COSTA et al., 2008). A crescente demanda do mercado tem impulsionado o aumento da área cultivada e o estabelecimento de agroindústrias em diferentes regiões do Brasil (VESPUCCI, 2016).

No Brasil as pimentas são produzidas em todos os Estados, contudo a pimenteira necessita altas temperaturas para o seu desenvolvimento e não tolera geadas (PINTO, 2011). Diante disso, a região centro oeste, nordeste e norte possuem climas adequados para o seu plantio. Como Salvi et al. (2014) revelam em seus estudos, a pimenta bode ou de-bode é um morfotipo muito utilizado na região Centro-Oeste do Brasil, sendo comercializada principalmente em grandes centros de comércio.

Outra importante característica da pimenta bode roxo é a presença de compostos flavonoides, dentre estes a antocianina, pigmento que dá coloração característica. Em seu trabalho sobre estabilidade de manteigas enriquecidas com extrato de carotenoides, Soares et al. (2019) observaram que as manteigas fortificadas com os extratos alcoólicos de pimentão e abóbora demonstraram maior estabilidade ao processo oxidativo.

A pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius Raddi*) é utilizada em diversas preparações alimentícias e não alimentícias principalmente devido à sua alta concentração de óleos essenciais (DANNENBERG, 2017). Ainda segundo Dannenberg (2017), o óleo essencial da pimenta rosa garante características antimicrobianas quando adicionados a produtos alimentícios. No entanto, Carvalho et al. (2017) observou que o óleo essencial da pimenta rosa não conseguiu inibir o crescimento de *Escherichia coli*.

Em seu trabalho sobre a utilização do extrato de jambolão e pimenta rosa em diferentes concentrações como inibidora de fermentação industrial, Dias (2018) observou que na concentração de 200 mg mL⁻¹ há a inibição de Lactobacilos (Gram-positivo), mas não obteve sucesso com leveduras do gênero *Saccharomyces cerevisiae*.

A pimenta rosa pode ser encontrada em diversos estados do Brasil como Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia, Alagoas e Sergipe (NEVES et al., 2016), já que nestes locais ainda é possível encontrar vestígios de mata atlântica nativa.

METODOLOGIA

Matéria-prima

A manteiga utilizada no processo de produção foi obtida de um laticínio situado em Nossa Senhora da Glória/SE. A pimenta bode roxo *in natura* foi obtida no mercado central de Aracaju/SE. A pimenta rosa comercializada seca pelo uso de um secador solar da marca Aroeira foi comprada em um supermercado também localizado na cidade de Aracaju/SE.

Preparo e secagem da pimenta

Antes da sua utilização no preparo da manteiga, a pimenta bode roxo passou por um processo de seleção, sendo retirado os frutos podres, escurecidos e queimados. Após a seleção, efetuou-se uma lavagem por imersão com detergente neutro seguido de enxague com água corrente. Em seguida, os frutos foram submetidos a sanitização na presença de água clorada a 2,5% de concentração por um tempo de 20 min para melhor ação do agente sanitizante e enxaguados em água corrente para retirada do cloro residual.

Logo após o processo de limpeza e sanitização, as pimentas foram trituradas em um processador de alimentos multiprocessador de alimentos (Philco PMP1600P 3) por 20 segundos. Depois desse procedimento, as pimentas trituradas foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar à 65 °C por um período de seis horas.

Preparo da manteiga saborizada

Para a elaboração das manteigas saborizadas, retirou-se a manteiga da refrigeração para que ocorresse o seu amolecimento, sendo mantida ao abrigo da luz. Foram utilizadas concentrações de 0,5 e 1,0 % (massa/massa) da pimenta bode roxo e 2,0 % (massa/massa) da pimenta rosa. Essas concentrações foram escolhidas devido ao fato da pimenta bode roxo possuir um maior teor de ardência e sabor acentuado em comparação a pimenta rosa, caracterizada por sua pouca ardência e um sabor mais suave. Para cada formulação foram utilizadas 100 g de manteiga. O experimento foi elaborado em delineamento inteiramente causalizado com duas repetições para cada formulação.

Análises Físico-químicas

Colorimetria

A avaliação da cor das amostras foram realizadas de acordo com metodologia proposta por Yam et al., (2004). As imagens de cada tratamento foram registradas em triplicata. Depois os dados foram tratados no programa Adobe Photoshop®. Os parâmetros utilizados foram L* (luminosidade), a* (vermelho-verde) e b* (amarelo-azul).

Umidade

A análise do teor de umidade foi realizada em duplicata segundo a metodologia proposta por Berticelli e Motta (2011) com a utilização de 10 g de cada manteiga elaborada e do controle (manteiga sem a adição de pimenta). As amostras foram aquecidas até o desaparecimento das bolhas que formavam espumas, ficando apenas pequenas bolhas e até obter coloração parda.

Aceitabilidade pelos consumidores

Para verificar a aceitabilidade e intenção de compra por parte dos consumidores foi elaborado no *Google formulários*[®] um questionário estruturado com 19 perguntas. Os consumidores foram questionados quanto ao consumo de manteiga, a aceitabilidade em relação a aparência dos produtos elaborados utilizando fotografias e à intenção de compra das manteigas. O questionário foi destinado ao público em geral e foi aplicado e divulgado por meio das redes sociais, contando com a participação de 100 pessoas.

As perguntas que indagavam os respondentes à respeito da aparência das manteigas com pimentas vinham atreladas às fotos correspondentes de cada uma delas. A primeira foto dizia respeito à aparência da manteiga com pimenta rosa na concentração de 2,0 % e a segunda foto correspondia a manteiga com pimenta bode roxo na concentração de 1,0 %. Os respondentes julgaram a aparência utilizando uma escala de 0 a 10, considerando a nota zero como “desgostei muitíssimo” e a nota 10 como “gostei muitíssimo”.

O Índice de Aceitabilidade (IA) com relação aos atributos de aparência foi calculado de acordo com a equação 1. Segundo Bispo et al., (2004), índice de aceitabilidade com boa repercussão têm sido considerados com valores maiores e iguais a 70 %.

$$IA (\%) = A * \frac{100}{B} \quad (1)$$

Onde: A = nota média obtida para o produto, e B = nota máxima dada ao produto.

Análise estatística

A análise estatística das determinações de análises de cor e umidade das manteigas elaboradas com pimenta foram feitas utilizando a análise de variância do software de estatística SISVAR. Foi utilizado o teste Tukey que identifica a média das amostras, onde as médias com a mesma letra são consideradas estatisticamente iguais. Os gráficos foram elaborados mediante a utilização da plataforma *Canva*[®] e EXCEL 2013.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão descritos os resultados da análise de cor das manteigas elaboradas com pimenta bode roxo nas concentrações de 0,5 e 1,0 % e da manteiga adicionada de 2,0 % de pimenta rosa. As amostras foram comparadas com a manteiga isenta de adições.

Tabela 1. Análise de colorimetria das amostras de manteiga saborizada com pimenta bode roxo e pimenta rosa.

Amostras	Concentração (%)	a*	b*	L*
Pimenta bode roxo	0,5	6,2 ^a ± 0,5	50,2 ^a ± 0,5	55,7 ^a ± 1,5
Pimenta bode roxo	1,0	6,5 ^a ± 0,7	56,7 ^a ± 2,1	53 ^a ± 4,9
Pimenta rosa	2,0	5,5 ^a ± 0,7	53 ^a ± 2,8	55,5 ^a ± 0,7
Controle	-	8,9 ^b ± 0,5	61,8 ^a ± 0,3	64,6 ^b ± 2,9

Croma A*, Croma B*, Luminosidade L*.

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (<0,05).

Fonte: Própria (2021).

No croma a*, que em casos de número positivos tendem a coloração vermelha, apenas a amostra controle se diferiu significativamente pelo teste de Tukey, devido, principalmente a coloração das pimentas bode roxo e rosa. Na cromaticidade b*, que significa cores amareladas quando apresenta valores positivos, as amostras não diferiram significativamente, isto devido a própria coloração amarelada da manteiga. A luminosidade das amostras L* diferiu apenas nas amostras do controle, que apresentou maior índice que as demais, devido a esta amostra não ter sido misturada a nenhuma das pimentas, sobressaindo somente tons mais claros (FERREIRA; SPRICIGO, 2017; DA SILVA et al., 2019).

O teor de umidade das manteigas foi determinado, sendo verificado um aumento na umidade a partir da adição das pimentas na manteiga em cerca de 6,5 %, como pode ser observado na Tabela 2.

A umidade das manteigas saborizada com pimenta não variaram entre si, segundo o teste de Tukey, contudo se mantiveram numa faixa acima da indicada pelo regulamento técnico de identidade e qualidade de manteiga, que é de no máximo 16 %. Mesmo com a secagem da pimenta bode roxo, esta ainda possuía teores de umidade suficientes para alterar a umidade final da manteiga, bem como a pimenta rosa. Ao analisar os parâmetros físico-químicos de manteiga com adição de ervas finas, Souza et al. (2018) obteve umidade média de 14,6 ± 5,2 % utilizando ervas desidratadas. Já Nardy et al. (2020) analisaram manteigas de três marcas diferentes compradas em supermercados e obteve média de 15,6 ± 0,1 %, estando todas elas dentro das normas estabelecidas pelo Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da manteiga (RTIQ) (BRASIL, 1996). Uma das possibilidades para conseguir uma manteiga saborizada dentro dos padrões legais, é diminuir ainda mais a umidade das pimentas através da secagem.

Tabela 2: Teor de umidade das manteigas com a adição de pimenta bode roxo e pimenta rosa.

Amostras de manteiga	Concentração (%)	Umidade (%)
Controle	-	14,5 ^a ± 0,9
Pimenta rosa	2,0	20,4 ^b ± 0,4
Pimenta bode roxo	1,0	21,4 ^b ± 1,8
Pimenta bode roxo	0,5	22,2 ^b ± 0,6

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (<0,05).

Fonte: Própria (2021)

O questionário de intenção de compra contou com a participação de 100 pessoas das quais 67 % eram do gênero feminino e 33 % do gênero masculino. Avaliando o perfil dos participantes foi verificado que 56 % tinham entre 21 e 27 anos e 56,7 % dos participantes tinham renda média mensal entre meio e dois salários mínimos. Pessoas de pelo menos três regiões do Brasil responderam ao questionário, estando localizadas no Nordeste em sua maioria, Sudeste e Sul do país.

Das 100 pessoas que responderam à pesquisa, 97 % eram consumidoras de manteiga, desta, 76 % possuíam o hábito de consumir manteiga diariamente ou pelo menos uma vez na semana. Esses valores são próximos aos verificados por Muniz e Damy-Benedeti (2018), que em sua pesquisa sobre desenvolvimento e aceitação de manteiga saborizada com ervas, pimenta com limão e mel com laranja, observaram que cerca de 98 % dos respondentes tinham o hábito de consumir manteiga diariamente ou às vezes. O consumo de manteiga é um fator comum no hábito brasileiro que pode ser confirmado pela recente pesquisa da EMBRAPA (2020) onde a manteiga só perde para o queijo no quesito de preferência para compra. Esta pesquisa foi realizada com aproximadamente 5000 pessoas das regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste e foi verificado que 95 % dos respondentes disseram que tinham hábito de comprar manteiga.

Cerca de 91 % dos entrevistados disseram nunca ter consumido manteiga com nenhum outro ingrediente que acrescentasse sabor a este produto. Os 9 % restantes disseram já ter consumido manteiga com ervas-finas, alho, coentro, queijo e até com coco. Como principal acompanhamento para consumir manteiga, 79 % dos respondentes disseram que costumam consumir com pães e cuscuz, 5 % disseram utilizar a manteiga no preparo de bolos e 3 % com o preparo de alimentos salgados em geral.

Quando questionados sobre a possibilidade de consumir uma manteiga saborizada com pimenta, houve predomínio das pessoas que disseram sim e talvez e apenas cerca de 16 % dos respondentes disseram que não consumiriam. Do total de pessoas que não consumiriam a

manteiga, a grande maioria elencou motivos como: “não gosto de pimenta”, “acho que não combina” ou ainda “acho que pode ficar com muita ardência”.

Além disso, foi perguntado aos participantes da pesquisa se conheciam as pimentas que foram utilizadas como saborizante da manteiga no presente trabalho. Para isso o questionário apresentou as fotografias das pimentas na forma naturalmente encontrada nos centros de comercialização. Como pode ser observado na Figura 1, a pimenta rosa é mais conhecida pelos consumidores do que a pimenta bode roxo. Sobre a pimenta bode roxo, 77% disseram não conhecer e 2 % disseram que talvez a conhecessem.

Figura 1: Percentual de pessoas que conhecem a pimenta bode roxo e pimenta rosa

Fonte: Própria (2021)

No quesito aparência, o questionário trazia a fotografia da manteiga saborizada com a pimenta rosa (Figura 2) e com a pimenta bode roxo (Figura 3). Os participantes foram instruídos a atribuir uma notas entre 0 e 10 onde a nota zero representava ‘desgostei muitíssimo’ e a nota 10 representava ‘gostei muitíssimo’. As notas ajudaram a identificar o perfil do consumidor observando que um dos principais aspectos questionados na hora da compra é a aparência do produto e como ele está disposto na prateleira. Como garantem Gárran e Sarralvo (2012), uma vez motivado, o consumidor estará mais propenso a prestar atenção aos estímulos ambientais que melhor correspondam as suas necessidades.

Figura 2: Manteiga saborizada com 2 % de pimenta rosa e as notas dadas pelos entrevistados para a sua aparência.

317

Fonte: Própria (2021)

Figura 3: Manteiga com 1% de pimenta bode roxo e as notas dadas pelos entrevistados para a sua aparência.

Fonte: Própria (2021)

O índice de aceitabilidade para o aspecto aparência das amostras de manteiga pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3: Índice de aceitabilidade para aparência das manteigas adicionas com pimenta bode roxo e pimenta rosa.

Tipo de pimenta	Nota média	Índice de aceitabilidade (%)
Pimenta Bode Roxo (1 %)	8,01	80,1
Pimenta Rosa (2%)	7,98	79,8

Fonte: Própria (2021)

Segundo BISPO et al. (2004), a aceitabilidade das amostras é considerada favorável quando se encontra maior ou igual a 70 %. Todas as manteigas com pimenta obtiveram aceitabilidade acima de 70 %, fator que induz a aceitação deste produto no mercado no quesito aparência. Além disso, houve pouca diferença entre as notas médias, podendo-se julgar que, de certa forma, no que diz respeito a aparência, os consumidores notaram certa semelhança entre as pimentas.

A respeito da intenção de compra para a manteiga com pimenta os respondentes foram perguntados se comprariam ou não as manteigas caso encontrassem no supermercado. Com o resultado obtido pôde-se identificar que os possíveis consumidores, mesmo com as boas notas obtidas, analisaram com cautela a intenção de compra, comparando com os resultados de aceitabilidade das notas na escala de 0 a 10, onde obtiveram em sua maioria, as notas mais altas. Do total, 58 % dos respondentes disseram que provavelmente ou certamente comprariam a pimenta rosa, enquanto que para a pimenta bode roxo esse percentual foi de 48 %. Tal resultado pode ser atribuído a forma como foi conduzida a pesquisa (aspectos visuais) e que uma análise sensorial mais completa poderia auxiliar os consumidores na certeza da compra. Para a manteiga com pimenta rosa os resultados podem ser encontrados na Figura 4. As notas variaram entre 1 e 5, onde 1, certamente não compraria e 5, certamente compraria. Para a manteiga com pimenta bode roxo os resultados podem ser encontrados na Figura 5.

Ao serem questionadas sobre o motivo pelo qual as pessoas comprariam as manteigas com pimenta, 65 % do público disse que compraria para experimentar produtos novos, 24 % pelos atributos de cor e sabor, 3 % pelos benefícios de consumir pimenta e os 8 % restantes comentaram que comprariam porque gostam de pimenta ou não comprariam.

Figura 4: Intenção de compra para manteiga com pimenta rosa. 1 = certamente não compraria, 2 = Provavelmente não compraria, 3 = Talvez comprasse/talvez não comprasse, 4 = Provavelmente compraria, 5 = Certamente compraria.

Fonte: Própria (2021)

Figura 5: Intenção de compra para manteiga com pimenta bode roxo. 1 = certamente não compraria, 2 = Provavelmente não compraria, 3 = Talvez comprasse/talvez não comprasse, 4 = Provavelmente compraria, 5 = Certamente compraria.

Fonte: Própria (2021)

Ao julgarem a aparência das duas manteigas saborizadas com pimenta, os respondentes,

em sua maioria, escolheram a manteiga com pimenta rosa com 60 %, e em segundo lugar a manteiga com pimenta bode roxo, com 38 %. Entre os consumidores, 2,0 % não escolheriam nenhuma das duas opções.

CONCLUSÕES

A ciência e tecnologia de alimentos estão sempre em busca de desenvolver produtos alinhados a um viés inovador e pensando sempre na sustentabilidade. A manteiga saborizada com pimenta faz parte de uma ideia gerada através da pouca oferta de manteigas saborizadas disponíveis no mercado, sabendo-se também do grande potencial da principal matéria prima da manteiga no alto sertão sergipano. A pimenta bode roxo e a pimenta rosa foram escolhidas também por suas características sensoriais de cor e sabor, garantindo ao produto final uma alternativa de consumo diferenciada.

A cor das pimentas modificou-se estatisticamente comparadas a amostra controle e a umidade das amostras testadas tiveram índice superior ao que preconiza a legislação. O índice de aceitabilidade, permaneceu acima de 70 % nas duas manteigas saborizadas para o aspecto aparência. Partindo destes pressupostos, através da análise dos resultados, é possível constatar que a manteiga saborizada com pimenta possui boa aceitabilidade entre os possíveis consumidores, contudo ainda necessita de ajustes em seu parâmetro físico de umidade e outras análises.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Portaria nº 146, de 7 de março de 1996. REGULAMENTO TÉCNICO DE IDENTIDADE E QUALIDADE DE MANTEIGA. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 41p, março, 1996.

BISPO, E. S.; SANTANA, L. R. R.; CARVALHO, R. D. S.; LEITE, C.C; LIMA, M. A.C. Processamento, Estabilidade e Aceitabilidade de Marinado de Vôngole. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 24, n. 3, p. 353-356, 2004.

BORGES, K. M; VILARINHO, L. B. O; MELO FILHO, A. A., MORAIS, B. S; RODRIGUES, R. N. S. Caracterização morfoagronômica e físico-química de pimentas em Roraima. **Revista Agro@ mbiente on-line**, v. 9, n. 3, p. 292-299, 2015.

CLEMENTE, Maria das Graças; ABREU, Luiz Ronaldo de. Caracterização química, físico-química e rancidez oxidativa de manteiga de garrafa. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 493-496, 2008.

CARVALHO, J. A. M; PINHEIRO, P. F; MARQUES, C. S; BASTOS, L. R; BERNARDES,

P. C. Composição química e avaliação da atividade antimicrobiana do óleo de pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius*). **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 4, n. 1, p. 59-63, 2017.

COSTA, L. V; LOPES, M. T. G; LOPES, R; ALVES, S. R. M. Polinização e fixação de frutos em *Capsicum chinense* Jacq. **Acta amazonica**, v. 38, n. 2, p. 361-364, 2008.

DA SILVA, L. R. C; RABELO, J. L. G; FREIRE, B. C. F; DE PAIVA SOARES, K. M; DE GOIS, V. A. Rendimento E Qualidade De Queijo De Manteiga Produzidos Com Diferentes Ácidos Orgânicos. **CONIMAS, UFPE, 2019.**

DANNENBERG, Guilherme da Silva. Óleo essencial de pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* RADDI): **atividade antimicrobiana e aplicação como componente ativo em filme para bioconservação de alimentos.** 2017.

DE SOUZA, R. M. P; VASCONCELOS, F. S; DE SOUZA, A. V; DOS SANTOS JUNIOR, H. S; FERNANDES, R. M; MORAIS, M. V. M; CARDOSO, H. C. Parâmetros físico-químicos de manteiga com adição de ervas finas, **2018.**

DIAS, K. D. S. **Uso de jabolão e pimenta rosa no controle de contaminação microbiana em fermentação industrial.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Biotecnologia) - UFGD. Dourados, MS. 2018.

EMBRAPA. O consumo de lácteos na pandemia – 2020. Disponível em: <https://www.cileite.com.br/especial_coronavirus_pesquisa_consumo>

FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, Poliana Cristina. Colorimetria-princípios e aplicações na agricultura. **Embrapa Instrumentação-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2017.

FURTADO, Roselayne Ferro; ALVES, Carlucio Roberto; DE FREITAS OLIVEIRA, Patrícia. Estudo da estabilidade da manteiga da terra em embalagem de sisal. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 3, p. 304-307, 2006.

GÁRRAN, Vanessa Gabas; SERRALVO, Francisco Antonio. A influência dos aspectos visuais das embalagens na formação das atitudes: **um estudo no setor de alimentos.** Revista Administração em Diálogo-RAD, v. 14, n. 2, 2012.

MADRID, Antonio; CENZANO, I.; VICENTE, J. M. Manual de indústrias dos alimentos. São Paulo: **Livraria Varela**, v. 1, 1996.

MONTEIRO, F; OLIVEIRA, R; HENRIQUE, F; ARAUJO, A. Manteiga com adição de ervas finas: Inovação no setor de mercado lácteo. **Revista ESPACIOS** Vol. 35 (Nº 13) Año 2014, 2014.

MARTINS, Lorryne de Souza Araújo. **Perfil Físico-Químico e Sensorial de Derivados Lácteos com Diferentes Teores de Gordura.** Rio Verde: 2018.

NARDY, J. F; PEREIRA, J. G; RAGHIANTE, F; PINTO, J. P. D. A. N; BIONDI, G. F; MARTINS, O. A. **Avaliação físico-química de diferentes marcas de manteiga com sal comercializadas na cidade de Botucatu–São Paulo.** Revista Brasileira de Higiene e Sanidade

Animal, v. 14, n. 3, p. 1-10, 2020.

322

NEVES, E. J. M. SANTOS, A. M; GOMES, J. B. V; RUAS, F. G; VENTURA, J. A.. **Cultivo da aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para produção de pimenta-rosa.** Recurso eletrônico. Colombo, PR. Embrapa Florestas, 2016

PICH, R. C. **Obtenção e caracterização do produto seco da pimenta-rosa (*Schinus terebinthifolius* R.) por cast tape drying.** Dissertação de mestrado em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Uberlândia – UFU, 2019. 115p.

PINTO, CMF; CRUZ, RM. 2011. **Agronegócio Pimenta em Minas Gerais.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. Horticultura Brasileira 29. Viçosa: ABH.S5744-S5765

PINTO, Cleide Maria Ferreira; DE OLIVEIRA PINTO, Cláudia Lúcia; DONZELES, Sérgio Mauricio Lopes. Pimenta Capsicum: propriedades químicas, nutricionais, farmacológicas e medicinais e seu potencial para o agronegócio. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, 2013.

RODRIGUEZ, R. Extração, refino e hidrogenação de óleos e gorduras. v. 2, 2014.

SANTOS, Stefani Caroline Cavalcante dos; BOEIRA, Lúcia Schuch; FERNANDES, Ana Paula Stort. **DESENVOLVIMENTO DE CHOCOLATE ARTESANAL EM BARRA COM PIMENTA BANIWA (*Capsicum* spp.).** REVISTA IGAPÓ-Revista de Educação Ciência e Tecnologia do IFAM, v. 11, n. 2, p. 65-75, 2017.

SALVI, A. D. O. **Caracterização fitoquímica e avaliação do potencial antioxidante e antimicrobiano de capsicum chinense jacquin (pimenta bode-roxo).** Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: 2015.

SILVA, Danielle Viturino da. O circuito curto de comercialização para o desenvolvimento rural: um estudo sobre as feiras-livres de Arapiraca, AL. 2020.

SOARES, N. R; GONÇALVES, J. L. C; SANTOS, D. E. L; DOS SANTOS GOMES, P. C; DE OLIVEIRA JUNIOR, A. M; DA SILVEIRA MOREIRA, J. D. J. **Stability of enriched butters with pepper and pumpkin carotenoids.** Revista INGI-Indicação Geográfica e Inovação, v. 3, n. 4, p. 490-502, 2019.

VESPUCCI, I. L; SILVA, D. D. A; CAMPOS, J. C. D; DOS SANTOS, T. T; NUNES, M. P. C, BELLIZZI, N. C; DE FREITAS ALVES, S. M. **Qualidade fisiológica de sementes de pimenta bode roxa em função do estágio de maturação e dias de secagem.** Revista ESPACIOS Vol. 37 (Nº 32) Año 2016, 2016.

CAPÍTULO 22: ELABORAÇÃO DE LINGUIÇA TOSCANA COM BAIXO TEOR DE GORDURA ANIMAL E CLORETO DE SÓDIO - UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**CAPÍTULO 22: ELABORACIÓN DE SALCHICHA TOSCANA CON BAJA EN GRASA ANIMAL Y CLORURO DE SODIO - REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA****CHAPTER 22: ELABORATION OF TUSCAN SAUSAGE WITH LOW ANIMAL FAT AND SODIUM CHLORIDE - A BIBLIOGRAPHIC REVIEW**Larissa Mylena Mendes Dias¹; Raimundo Bernadino Filho²DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.323-334>**RESUMO**

No Brasil, a linguiça é um dos produtos cárneos mais fabricados. No entanto, uma das preocupações em relação a esse produto é seu elevado teor de sódio. Nos últimos anos, órgãos de saúde pública e agências reguladoras têm recomendado a redução da ingestão de sódio e gordura como uma forma de reduzir os fatores de risco no surgimento de doenças, principalmente as cardiovasculares. A demanda por estes tipos de alimentos tem motivado a indústria alimentícia a buscar matérias-primas e ingredientes para o desenvolvimento de novos produtos e/ou reformulações dos produtos já existentes no mercado. O objetivo deste trabalho é investigar, por meio de uma revisão da literatura, a possibilidade de elaboração de linguiça toscana com baixos teores de gordura e cloreto de sódio. Os trabalhos científicos utilizados foram selecionados nas plataformas Science Direct, Portal de periódicos CAPES e Google Acadêmico nos idiomas português e inglês. A literatura encontrada foi submetida a avaliação de título e resumo, e os que tinham relação com o tema principal foram selecionados. Após esse processo, os estudos foram analisados buscando extrair as informações necessárias para a composição deste trabalho. Foi visto que o uso de fibras vegetais, como a farinha de aveia, para substituição de gordura em linguiça toscana aliado ao uso de sais de ervas, sais de magnésio potássio e/ou sal "light" como substituto parcial de cloreto de sódio, podem facilitar o acesso da população a um alimento com elevado valor nutricional, características funcionais e baixo teor de cloreto de sódio, podendo ser uma possível alternativa no oferecimento de um produto mais saudável aos consumidores. Permitindo uma significativa agregação de valor à matéria-prima.

Palavras-Chave: Saúde, Formulação, Cárneos, Melhoria

RESUMEN

En Brasil, la salchicha es uno de los productos cárnicos más elaborados, sin embargo, una de las preocupaciones de este producto es su alto contenido en sodio. En los últimos años, las agencias de salud pública y las agencias reguladoras han recomendado reducir la ingesta de sodio y grasas como una forma de reducir los factores de riesgo en la aparición de enfermedades, especialmente las enfermedades cardiovasculares. La demanda de este tipo de alimentos ha motivado a la industria alimentaria a buscar materias primas e ingredientes para el desarrollo de nuevos productos y / o reformulaciones de productos ya en el mercado. El objetivo de este trabajo es investigar, a través de una revisión de la literatura, la posibilidad de elaborar salchicha toscana con bajos niveles de grasa y cloruro de sodio. Los artículos científicos utilizados fueron seleccionados en las plataformas Science Direct, Portal de revistas CAPES y Google Scholar en portugués e inglés. La literatura encontrada fue sometida a evaluación de título y resumen y se seleccionaron las relacionadas con el tema principal. Luego de este proceso, se analizaron los estudios buscando extraer la información necesaria para la composición de este trabajo. Se ha visto que el uso de fibras vegetales, como la avena, para reemplazar la grasa en las salchichas toscanas, combinado con el uso de sales de hierbas, sales de magnesio y potasio y / o sal "ligera" como un sustituto parcial del cloruro de sodio, puede facilitar la el acceso de la población a un alimento de alto valor

¹ Graduanda em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, larissammdias0@gmail.com

² Doutor, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, raimundo.bernadino@ufape.edu.br

nutricional, características funcionales y bajo contenido en cloruro de sodio, que puede ser una posible alternativa para ofrecer un producto más saludable a los consumidores. Permitiendo una importante aportación de valor a la materia prima.

Palabras Clave: Salud, Formulación, Carne, Mejora

ABSTRACT

In Brazil, sausage is one of the most manufactured meat products. However, one of the concerns regarding this product is its high sodium content. In recent years, public health agencies and regulatory agencies have recommended reducing sodium and fat intake as a way to reduce risk factors in the onset of diseases, especially cardiovascular diseases. The demand for these types of foods has motivated the food industry to seek raw materials and ingredients for the development of new products and / or reformulations of products already on the market. The objective of this work is to investigate, through a literature review, the possibility of making Tuscan sausage with low levels of fat and sodium chloride. The scientific papers used were selected on the platforms Science Direct, Portal of CAPES journals and Google Scholar in Portuguese and English. The literature found was submitted to title and abstract evaluation, and those related to the main theme were selected. After this process, the studies were analyzed seeking to extract the necessary information for the composition of this work. It has been seen that the use of vegetable fibers, such as oatmeal, to replace fat in Tuscan sausage combined with the use of herbal salts, magnesium potassium salts and / or "light" salt as a partial substitute for sodium chloride, can facilitate the population's access to a food with high nutritional value, functional characteristics and low sodium chloride content, which could be a possible alternative in offering a healthier product to consumers. Allowing a significant addition of value to the raw material.

Keywords: Health, Formulation, Meat, Improvement

INTRODUÇÃO

Os embutidos se destacam como os produtos cárneos de maior industrialização e consumo no Brasil, sugerindo que seriam os mais aceitos e os mais acessíveis à população de baixo poder aquisitivo (BERNADINO FILHO et al., 2018). No Brasil, a linguiça é um dos produtos cárneos mais fabricados, provavelmente pelo fato de sua elaboração não requerer tecnologia sofisticada, exigir poucos equipamentos e, consequentemente, apresentar baixo custo (MILANI et al., 2003). Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (BRASIL, 2000), linguiça toscana é o produto cru e curado obtido exclusivamente de carnes suína, adicionada de gordura suína e ingredientes

No entanto, uma das preocupações em relação a esse produto é seu elevado teor de sódio. Nos últimos anos, órgãos de saúde pública e agências reguladoras têm recomendado a redução da ingestão de sódio e gordura como uma forma de reduzir os fatores de risco no surgimento de doenças, principalmente as cardiovasculares (SANTOS et al., 2013). Nesse contexto, é afirmado por Ruusunen e Puolanne (2005) que o sódio, em produtos à base de carne, excede as orientações nutricionais em muitos países e esse consumo excessivo de sódio tem sido associado como fatores de risco a essas doenças.

O Plano de Ação de 2013-2020 da Organização Mundial da Saúde ([OMS], 2016) na

área da Alimentação e Nutrição, em aprovação, faz recomendações de estratégias na área da redução da ingestão de sal para a prevenção das doenças não transmissíveis na população na região Europeia.

A redução de gordura e sal nos produtos cárneos, apesar de ser uma exigência do mundo moderno, apresenta dificuldades que se refletem na aparência, *flavor*, textura e conservação do alimento. Os fabricantes têm introduzido diversas modificações buscando atenuar os efeitos indesejáveis consequentes da redução desses componentes. Na modificação dos teores de gordura, carboidratos e fibras têm sido utilizados com grande sucesso no aumento do rendimento, redução do custo da formulação e melhoria da textura (MENDOZA et al., 2001).

Portanto, a partir disso, o presente trabalho tem por objetivo investigar, por meio de uma revisão da literatura, a possibilidade de elaboração de linguiça toscana com baixos teores de gordura e cloreto de sódio.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nos últimos anos os órgãos de saúde pública e agências reguladoras têm recomendado a redução da ingestão de sódio e gordura como uma forma de reduzir os fatores de risco no surgimento de doenças, principalmente as cardiovasculares. Baseado neste fato, os consumidores estão cada vez mais conscientes da importância de reduzir a ingestão destes componentes, os quais podem ser obtidos, através de alimentos que além da função nutricional, possam ajudar na promoção da saúde. A demanda por estes tipos de alimentos tem motivado a indústria alimentícia a buscar matérias-primas e ingredientes para o desenvolvimento de novos produtos e/ou reformulações dos produtos já existentes no mercado.

METODOLOGIA

A pesquisa foi de caráter qualitativa e consiste em uma revisão da literatura. Os trabalhos científicos utilizados foram selecionados nas plataformas Science Direct, Portal de periódicos CAPES e Google Acadêmico nos idiomas português e inglês. A literatura encontrada foi submetida a avaliação de título e resumo, e os que tinham relação com o tema principal foram selecionados. Após esse processo, os estudos foram analisados buscando extrair as informações necessárias para a composição deste trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Linguiça Artesanal

De acordo com Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), os embutidos cárneos são definidos como todo produto elaborado com carne ou órgãos comestíveis curados ou não, condimentado, podendo ou não ser cozido, defumado, dessecado, e contido em envoltório natural ou artificial (BRASIL, 2017). Nesta categoria, estão incluídas linguiças, mortadela e salsichas, as quais são caracterizadas por apresentarem um dos mais altos teores de gordura e de sal dentre todos os tipos de produtos cárneos.

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (BRASIL, 2000), esta é definida como o produto cárneo industrializado, obtido de carnes de animais, adicionados ou não de tecidos adiposos, ingredientes, embutido em envoltório natural ou artificial, e submetido ao processo tecnológico adequado, tendo como ingredientes obrigatórios carne das diferentes espécies de animais de açougue e sal (cloreto de sódio). Ainda de acordo com o MAPA, a linguiça se caracteriza por ser um produto cru e curado, de carne, gordura e outros ingredientes.

A linguiça do tipo frescal destaca-se dentre os produtos cárneos embutidos por sua aceitação e comercialização (OLIVEIRA et al., 2005). As linguiças frescas não são maturadas nem dissecadas, sendo lançadas no mercado na mesma forma em que são produzidas acondicionadas em embalagens plásticas ou naturais, devendo apresentar as seguintes características físico-químicas: 70% de umidade máxima, 30% de gordura, e no mínimo, 12% de proteína, sendo proibida a adição de carne mecanicamente separada (CMS) e permitindo-se a adição de proteínas não cárnicas, no teor máximo de 2,5%, como proteína agregada. (BRASIL, 2000). A aceitação de linguiça frescal aumentou cerca de 60% entre os anos de 2000 e 2008 e a taxa de consumo por brasileiro é de cerca de 1,7 kg por pessoa/ano (CABRAL, 2013).

Entende-se, dessa forma, que, no Brasil, é necessário atuar na reformulação de alimentos processados para a redução do teor de sódio, gorduras e açúcares.

Redução do sódio

A Agência Nacional da Vigilância Sanitária (ANVISA) define o sal para consumo humano como “cloreto de sódio cristalizado, extraído de fontes naturais, adicionado obrigatoriamente de iodo” (BRASIL, 2013).

O consumo excessivo de sódio está associado ao aumento progressivo da pressão arterial, e consequentemente aumento no risco de doenças cardiovasculares (STRAZZULO, et al. 2009), sendo que nas últimas décadas, a ingestão em todo o mundo excede em muito as necessidades fisiológicas, variando entre 9 a 12g/pessoa (BROWN, et al. 2009) . Em contraste, a OMS (2016) recomenda uma ingestão diária, para adultos, de no máximo 5 g de sal (equivalentes a 2.000 mg de sódio), sendo ainda menor esse valor para o consumo de sódio por crianças e adolescentes.

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação (ABIA), o consumo de alimentos industrializados no País é responsável por 23,8% do consumo de sódio. Nos domicílios, as principais fontes de sódio na dieta, de acordo com Sarno (et al. 2009), foram o sal e os condimentos à base de sal (76,2%), os alimentos processados com adição de sal (15,8%), os alimentos in natura ou processados sem adição de sal (6,6%) e as refeições prontas (1,4%). A disposição dessas categorias varia de acordo com a localização do domicílio e com a renda familiar.

A literatura cita a existência de obstáculos na redução ou substituição do cloreto de sódio. De acordo com Orvalho (2010) essa redução/substituição afeta diretamente na redução do sabor do produto, principalmente se a substituição atingir valores que podem comprometer as características sensoriais do produto, deixando-o com o sabor amargo e até metálico. O mesmo autor diz que outro aspecto desfavorável é o tecnológico e bioquímico da carne, pois o sódio é fundamental para a solubilização das proteínas miofibrilares da carne, trazendo maior suculência e maciez para a carne.

Logo, devido a esses possíveis fatores desfavoráveis, uma das formas para se reverter esses problemas é a substituição parcial do cloreto de sódio e, para que não haja a diminuição das propriedades sensoriais das carnes é preciso realizar a adição de realçadores de sabor ou inibidores, para que no final não haja um comprometimento nas características sensoriais do produto. Sendo assim, um grande número de compostos tem sido usado para redução do cloreto de sódio tais como sais de ervas, sais de magnésio e potássio

Sais de Ervas

Uma alternativa para reduzir o cloreto de sódio, que aos poucos está sendo utilizado para a elaboração de pratos saudáveis, consiste no uso de ervas, substituindo parte do sal, mascarando a sua ausência. Atualmente, um composto denominado “sal de ervas” está sendo bastante utilizado. O “sal de ervas” consiste em uma mistura de quatro porções, em quantidades iguais, de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.), manjerição (*Ocimum basilicum* Linn.), orégano (*Origanum vulgare*) e sal comum (NaCl). É ideal para quem precisa diminuir o uso do sal e manter a pressão controlada, podendo ser usada em qualquer alimento (MOREIRA, 2007; BEZERRA, 2008). Ainda em pesquisa realizada por Bezerra (2008), onde foi utilizado o “sal de ervas” para a preparação do feijão de pacientes hipertensos, estes não perceberam diferenças significativas quando comparado ao feijão feito no modo tradicional.

O “sal de ervas” atendeu o proposto de redução do teor de sódio e presença de compostos bioativos com indícios antioxidantes, confirmada pela técnica de Cromatografia em camada delgada - CCD (PITOL, 2012)

Araújo (2012) elaborou linguças de frango substituindo parcialmente o cloreto de sódio por cloreto de potássio e uma mistura de ervas (manjerição, orégano e alecrim), denominada de Mix de Ervas. A combinação proporcionou a elaboração de uma linguça com boas características físicas e sensoriais. Segundo Bezerra (2008) o “sal de ervas” ajuda na diminuição do sal absoluto e agrega propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias provenientes de substâncias bioativas encontradas nas ervas.

Cloreto de Magnésio

É um composto químico de fórmula $MgCl_2$, usado para diversos fins, principalmente na culinária e na formulação de alguns alimentos, segundo Ji (et al., 2016) este composto químico pode ser comestível, sendo muito adicionado em alimentos, sal, água mineral e outros produtos.

Estudo realizado por Barbosa (2009) demonstra o quanto esse sal tem sido utilizado em testes para a substituição do cloreto de sódio. Nele é realizada a elaboração de salames tendo substituição parcial de dois sais em amostras diferentes pelo cloreto de sódio, para comparação. Os sais que substituíram o sal comum são o cloreto de magnésio e o cloreto de potássio. Depois da sua produção, as amostras foram submetidas a testes sensoriais, nos quais os julgadores não treinados não observaram diferença de sabor. Segundo a autora, isso pode ser explicado devido ao sabor característico e predominante deste embutido, o salame.

Outro estudo realizado por Freitas (2011), que substituiu o cloreto de sódio por cinco sais, sendo eles o cloreto de potássio, cloreto de magnésio, cloreto de cálcio, lactato de sódio e o glicerol fosfato de cálcio. Demonstra que o cloreto de magnésio possui um poder de salga menor em relação aos demais, superado apenas por lactato de sódio.

Cloreto de Potássio

Ele é muito importante para o nosso organismo, ele está presente em todas as partes do nosso corpo, sua principal função é regular o funcionamento do sistema nervoso (CAUVAIN,2007).

O cloreto de potássio tem sido utilizado como substituto do cloreto de sódio, sem perda da funcionalidade, mas é limitado pelo sabor, e então seu uso deverá estar em torno de 1%. Em trabalho realizado por Nascimento (et.al 2007), a concentração de cloreto de sódio, no produto cárneo, foi reduzida de 2% até 1%, incorporando diferentes níveis de cloreto de potássio, obtendo a redução de 25% do teor de sódio pode ser conseguida sem prejuízo na qualidade físico-química e sensorial do produto, além disso, a substituição parcial de 40% Cloreto de sódio (NaCl) por Cloreto de Potássio (KCl) num enchido fermentado seco mantém a estabilidade microbiana do produto, em estudo feito por Ibañes (et al., 1995). Outro estudo que avaliou o efeito do cloreto de potássio sobre bactérias patogênicas demonstrou que esse sal apresenta efeito antimicrobiano equivalente ao NaCl (BIDLAS e LAMBERT, 2008).

Ainda assim, é preciso analisar o impacto negativo sobre o sabor, visto que o cloreto de potássio confere sabor amargo e adstringente, que não é facilmente mascarado (CAUVAIN, 2007). Logo a substituição total do sal pelo cloreto de potássio não é possível devido ao efeito sensorial. Recomenda-se a utilização de combinações destes três componentes – cloreto de sódio, de potássio e de magnésio. A adição de fosfatos também pode auxiliar na redução de até 50% de cloreto de sódio (JIMENEZ-COLMENERO; AYO e CARBALLO, 2005).

Sal “light”

O sal *light* é um exemplo da utilização comercial do cloreto de potássio (KCl). Este sal de cozinha é composto por 50% de NaCl e 50% de KCl e apresenta redução de 50% do teor de sódio em comparação ao sal comum (SOUZA,2021)

Segundo Barros (et. al. 2014) A substituição do sal comum por sal *light* foi eficiente para diminuir a pressão arterial de hipertensos em seu estudo. Assim, a implementação em longo prazo dessa alteração pode ser interessante para reduzir a hipertensão na população. Já Fillipini (et.al. 2014) relatou que a aceitação desse tipo de sal em pacientes internados não foi

satisfatória, tendo a característica “tempero” da dieta avaliada negativamente pela maioria dos pacientes. Mas ainda é necessários maiores estudos na tentativa de padronização da quantidade de sal à base de KCl (sal light) indicada, buscando um equilíbrio entre quantidade de sódio e potássio e o sabor das preparações para que se possa utilizar como substituto do cloreto de sódio e assim melhorar a aceitabilidade

Em estudo realizado por Vogel (et. al. 2011) a substituição parcial em produto cárneo, em até 50% do sal comum por sal light mostrou-se viável pela manutenção da aceitabilidade sensorial dos produtos. De acordo com Carvalho (et. al. 2015), a substituição do cloreto de sódio pelo “sal light” na produção de linguiça toscana, não apresentou diferença significativa nas amostras, sendo de 100% potássio e 50% sódio e potássio. Trazendo como uma excelente alternativa para a redução de sódio em alimentos cárneos.

Gordura

De acordo com o art. 295 do Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA (BRASIL, 2017), entende-se por “toucinho fresco” o panículo adiposo dos suínos ainda com a pele. Quando submetido à frigorificação, será designado “toucinho frigorificado” e quando tratado pelo sal, apresentando incisões mais ou menos profundas na sua camada gordurosa será designado “toucinho salgado”. É proibido o uso de antioxidantes diretamente no produto ou no sal usado no seu preparo e a apresentação comercial deve ser feita em embalagens que o protejam do contato com substâncias estranhas e de contaminações.

É desejável que um produto com redução de gordura, quando comparado com o produto padrão, não apresenta diferenças de qualidade impactantes sob os pontos de vista das indústrias, dos comerciantes e dos consumidores. As propriedades sensoriais dos produtos com redução de gordura determinam o sucesso ou o fracasso do produto diante dos consumidores

Os substitutos de gordura são ingredientes que contribuem com um mínimo de calorias e, por isso, não devem alterar sensivelmente o flavor, a suculência, textura, viscosidade e outras propriedades sensoriais (KEETON, 1991)

Lucca (1994), divide os substitutos de gordura em três grandes categorias: os substitutos à base de carboidratos, nos quais se incluem as fibras; os substitutos à base de proteína; e os substitutos de gordura sintéticos, além de certos aditivos alimentares que podem ser utilizados para aumentar a viscosidade ou dar corpo aos produtos, e que ao mesmo tempo reduzem o teor de gordura. Cada um possui diferentes propriedades funcionais que oferecem vantagens e limitações em aplicações específicas.

O emprego das proteínas como substitutos de gordura em produtos cárneos têm sido sugeridos por diversos autores, uma vez que apresenta vantagens tanto do ponto de vista nutricional, quanto do calórico, quando o interesse está voltado para dietas especiais com redução de calorias (KEETON, 1994). Outra opção também, são as fibras recentemente utilizadas como ingredientes em alimentos cárneos industrializados, entre eles se destacam, as adições de carragena, fibra solúvel de aveia (β -glucana), farelo de aveia, fécula de mandioca, fibra de soja, fibra de ervilha, goma e farelo de linhaça (ANDERSON e BERRY, 2001; SEABRA et al., 2002; QUEIROZ et al., 2005; MARQUES, 2007; PIÑERO et al., 2008; MONEGO, 2009; CIRIANO et al., 2013 apud OLIVEIRA, 2014) foram ressaltadas como alternativas para um produto mais saudável.

Alguns pesquisadores têm direcionado os estudos para elaboração de embutidos com a substituição parcial e total de gordura por fibras, dentre eles, Spada (2013) e Bernadino Filho et. al (2018), que substituíram gordura suína em embutidos por fibras, obtendo bons resultados na composição nutricional e sensorial.

CONCLUSÕES

O uso de fibras vegetais, como a farinha de aveia, para substituição de gordura em linguiça toscana aliado a adição de sais de ervas ou “sal light” como substituto parcial de cloreto de sódio, podem facilitar o acesso da população a um alimento com elevado valor nutricional, características funcionais e baixo teor de sal, podendo ser uma possível alternativa no oferecimento de um produto mais saudável aos consumidores. Além do que, a redução de gordura e de sal é extremamente importante e necessária para a sobrevivência da indústria cárnea já que os embutidos permitem uma significativa agregação de valor à matéria-prima.

REFERÊNCIAS

- ABIA- Associação Brasileira da Indústria de Alimentos Carta “Compromisso da Indústria da Alimentação para a Redução do Consumo de Sal/Sódio na Dieta da População Brasileira” (2010b).
- ANDERSON, E. T.; BERRY, B. W. Effects of inner pea fiber on fat retention and cooking yield in high ground beef. **Food Research International**, v. 1, n. 1, p. 1-7, 2001.
- ARAÚJO, I. B. S. Otimização do uso de “sal de ervas” e cloreto de potássio na substituição parcial do cloreto de sódio em corte e em linguiça de frango. 2012, 117p. **Dissertação** (Mestrado em Tecnologia Agroalimentar). Universidade Federal da Paraíba, Bananeiras, 2012.
- BARBOSA, R. G. Fabricação de salame tipo hamburguês com substituição parcial de sódio. Santa Maria, 2009.

BARROS, C. L. A.; SOUSA, A. L. L.; CHINEM, B. M.; RODRIGUES R. B.; JARDIM, T. S. V.; CARNEIRO, S. B.; SOUZA, W. K. S. B.; JARDIM, P. C. B. V. Impacto da Substituição de Sal Comum por Sal Light sobre a Pressão Arterial de Pacientes Hipertensos. **Arq. Bras. Cardiol.** vol.104 no.2 São Paulo Feb. 2015 Epub Nov 18, 2014

BERNADINO FILHO, R.; SOUSA, S.; ARAÚJO, R. C.; CAVALCANTI, M. T.; NAVARRO, L. A. O.; QUEIROGA, A. X. M. Development of smoked mortadella prepared with surimi of flying fish added Inulin and with fat reduction. **International Journal of Development Research.** Vol. 08, n. 06, p.21374-21377, 2018.

BEZERRA, M. N. Aceitação do sal de ervas em dieta hipossódica. 2008, 63p. **Monografia** (Especialização em gastronomia e saúde). Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

BIDLAS, E.; LAMBERT, R.J.W. Comparing the antimicrobial effectiveness of NaCl and KCl with a view to salt/sodium replacement. **International Journal of Food Microbiology**, v. 124, p. 98-102, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa N° 4, de 31 de março de 2000. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada, de Mortadela, de Linguiça e de Salsicha, em conformidade com os Anexos desta Instrução Normativa. **Diário Oficial da União.** Brasília, 31 março de 2000. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/sislegis>>. Acesso em: 24 de março de 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). **Diário Oficial da União.** Brasília (DF), 29 de Mar. 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/sislegis>>. Acesso em: 24 de março de 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução N° 28, de 28 de março de 2000. Dispõe sobre os procedimentos básicos de Boas Práticas de Fabricação em estabelecimentos beneficiadores de sal destinado ao consumo humano e o roteiro de inspeção sanitária em indústrias beneficiadoras de sal, em conformidade com os Anexos desta Instrução Normativa. **Diário Oficial da União.** Brasília, 31 março de 2000. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/sislegis>>. Acesso em: 14 de março de 2021.

BROWN, I.J.; TZOULAKI, I.; CANDEIAS, V.; ELLIOTT, P. Salt intakes around the world: implications for public health. *Int J Epidemiol.* p.791–813, 2009

CABRAL, Claudius Couto. Avaliação da contaminação por salmonella spp. em linguças frescas comercializadas em duas cidades do estado do Rio de Janeiro – Brasil análise do perfil de susceptibilidade aos antimicrobianos dos isolados. **Dissertação** de Mestrado em Ciência de Alimentos da Universidade Federal do Rio de Janeiro –RJ, 2013.

CARVALHO, R. F; CARVALHO, J.C; SILVA, A.C.F; PEREIRA, J.M; BERNARDES, M.S. Desenvolvimento de Linguiça Toscana com Reduzido Teor de Sódio. 2015 Disponível em <<https://jornada.ifsuldeminas.edu.br/index.php/jcps/jcps/paper/viewFile/1277/717>> Acesso: 14 Maio 2021.

CAUVAIN, S. P. Reduced salt in bread and other baked products. In: KILCAST, D.; ANGUS, F. Reducing Salt in Foods. Boca Raton: CRC Press LLC, 2007. part 3, p. 283-295.

FILIPINI, K.; GOMES, C. C.; CARVALHO, A. P. P. F.; VIEIRA, L. Aceitação da dieta hipossódica com sal de cloreto de potássio (sal light) em pacientes internados em um hospital público. **Revista de Atenção à Saúde**, v. 12, nº 41, jul./set. 2014, p.11-18

FREITAS, Daniela. Determinação do equivalente de salinidade de sais substitutos do cloreto de sódio. Rio de Janeiro: Embrapa, 2011

IBÁÑEZ, C.; QUINTANILLA, L.; IRIGOYEN, A.; GARCIA-JALÓN, I.; CID, C.; ASTIASARÁN, I. Partial replacement of NaCl with KCl in dry fermented sausages: influence on carbohydrate fermentation and the nitrosation process. **Meat Science**, 40, 45-53.; (1995)

JI, L; LIU, Z; LI, L; SONG, X; ZENG, Z; NIE, F. Purification of food-grade magnesium chloride. Edp sciences, Xining, 2016.

JIMENEZ-COLMENERO, F.; AYO, M.J.; CARBALLO, J. Physicochemical properties of low sodium frankfurter with added walnut: effect of transglutaminase combined with caseinate, KCl and dietary fibre as salt replacers. **Meat Science**, Barking, v.69, p. 781 788, 2005.

KEETON, J.T. Fat Substitutes and fat modification in processing. Reciprocal Meat Conference Proceedings, Manhattan, v. 44, p. 79-91, 1991.

KEETON, J. T. Low-fat meat products - Technological problems with processing. Meat Sci., Oxford, p.261-276, 1994.

LUCCA, T. “Substitutos de gordura e a funcionalidade de gorduras alimentos”. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v.5, p.121-128, 1994.

MENDOZA, E., GARCÍA, M.L., CASAS, C., SELGAS, M.D. Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages. **Meat Science**, Barking, v.57, p. 387-393, 2001.

MILANI, L. I. G.; FRIES, L. L. M.; PAZ, P. B.; BELLÉ, M.; TERRA, N. N. Bioproteção de linguiça de frango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 23. n. 2. p. 161-166. Campinas/SP, 2003.

MOREIRA, A. V. Feijão fortificado. Globo Repórter. 2007. Disponível em:< <http://g1.globo.com/globoreporter/0,,MUL1055087-16619,00-FEIJAO+FORTIFICADO.html>>. Acesso em: 24 de março de 2019.

NASCIMENTO, R.; CAMPAGNOL, P. C. B.; MONTEIRO, E. S.; POLLONIO, M. A. R. Substituição de cloreto de sódio por cloreto de potássio: influência sobre as características físico-químicas e sensoriais de salsichas. **Alim. Nutr.** ISSN 0103-4235 , Araraquara v.18, n.3, p. 297-302, jul./set. 2007

OLIVEIRA, D. F. Farinha de linhaça dourada como substituto de gordura animal em hambúrguer de carne bovina com redução de sódio. **Dissertação** (mestrado em tecnologia de alimentos) da Universidade Federal do Paraná - PR, 2014.

OLIVEIRA M. J.; ARAÚJO W. M. C.; BORGIO L. A. Quantificação de nitrato e nitrito em lingüiças do tipo frescal. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** vol.25 no.4 Campinas Oct./Dec. 2005

Organização Mundial da Saúde. Fatores de risco para doenças crônicas não transmissíveis nas Américas: Considerações sobre o fortalecimento da capacidade regulatória. Documento de Referência Técnica REGULA. Washington, DC ; OPAS, 2016.

ORVALHO, Ricardo. Redução do teor de sódio em fiambre. Implicações tecnológicas, organolépticas e de prazo de validade. Lisboa, 2010.

PAULINO, Flávia de O. Efeito da redução de gordura e substituição parcial de sal em lingüiça suína tipo toscana. 2005. **Dissertação** de Mestrado em Medicina Veterinária da Universidade Federal Fluminense. Niterói – RJ, 2005.

PITOL, Michele Mayara. Elaboração de sal temperado e aromático com poder antioxidante e reduzido teor de sódio. **TCC** de Tecnologia em Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - PR, 2012.

RUUSUNEN, Marita; PUOLANNE, Eero. Reducing sodium intake from meat products; Department of Food Technology. University of Helsinki, P.O. Box 66 (Agnes Sjöberginkatu 2), FIN-00014 Helsinki, Finland; 2005.

SANTOS R.D.; GAGLIARDI A.C.M.; XAVIER, H.T.; MAGNONI C.D.; CASSANI R. ; LOTTENBERG, A.M.P.; CASELLA Filho A.; ARAÚJO, D.B.; CESENA, F.Y.; ALVES R.J.; FENELON, G.; NISHIOKA S.A.D.; FALUDI, A.A.; GELONEZE B.; SCHERR, C.; KOVACS, C.; TOMAZZELA, C.; CARLA C.; BARRERA-ARELLANO, D.; CINTRA D.; QUINTÃO E.; NAKANDAKARE E.R.; FONSECA, F.A.H.; PIMENTEL, I.; SANTOS, J.E.; BERTOLAMI, M.C.; ROGERO M.; IZAR, M.C.; NAKASATO M.; DAMASCENO, N.R.T.; MARANHÃO, R.; CASSANI, R.S.L.; PERIM R.; RAMOS, S. I Diretriz sobre o consumo de gorduras e saúde cardiovascular. **Arq. Bras. Cardiol.** vol.100 no.1 supl.3 São Paulo Jan. 2013

SARNO, F.; CLARO, R. M.; LEVY, R. B.; BANDONI, D. H.; FERREIRA, S. R. G.; MONTEIRO, C. A. Estimativa de consumo de sódio pela população brasileira, 2002-2003. **Revista. Saúde Pública**, v.43, n.2, São Paulo, 2009.

SOUZA, Lília Alves de. "Sal Light"; *Brasil Escola*. Disponível em:< <https://brasilestola.uol.com.br/quimica/sal-light.htm>> Acesso em 14 de maio de 2021.

SPADA, F.P. Redução dos níveis de gordura em mortadela bologna e sua influência sensorial em provadores de diferentes idades. 2013. 117p. **Dissertação** (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade de São Paulo, Campinas, São Paulo. 2013.

STRAZZULLO, P.; D'ELIA, L.; KANDALA, N. B.; CAPPUCCIO, F. P. Salt intake, stroke, and cardiovascular disease: metaanalysis of prospective studies. **BMJ** 2009

VOGEL, C. C.; PAZUCH, C. M.; SARMENTO, C. M. P.; BACK, L.; SECCO, T. H. Desenvolvimento de Salsicha com Teor de Sódio Reduzido (Sal Light). **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Vol.13, nº 3, Edição Especial, 2011

CAPÍTULO 23: AGROINDÚSTRIA INTEGRADA A AVICULTURA: UMA MINI-REVISÃO FOCADA NA SUSTENTABILIDADE

335

CAPÍTULO 23: AGRÍCOLA INTEGRADA A LA AVÍCOLA: UNA MINI REVISIÓN ENFOCADA EN LA SOSTENIBILIDAD

CHAPTER 23: AGRICULTURAL INTEGRATED TO POULTRY: A MINI-REVIEW FOCUSED ON SUSTAINABILITY

Felipe de Albuquerque Matos¹; Nilson Fernando Barbosa da Silva²; Beatriz de Aquino Marques da Costa³; Ana Lúcia Figueiredo Porto⁴; Vagne Melo Oliveira⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.337-349>

RESUMO

A avicultura é um ramo da zootecnia para a criação de aves visando à produção de alimentos. A prática envolve práticas operacionais desde o incubatório dos ovos até o manejo dos pintinhos e aves adultas. A produção avícola é expressiva no mercado de carnes. Concomitantemente ao seu crescimento, também está o aumento na geração de resíduos, tais como cabeças, pés, penas, pele, gordura, ossos e cascas de ovos, por exemplo. Diante disto, esse trabalho objetivou revisar o potencial biotecnológico dos resíduos sólidos orgânicos provenientes do setor avícola. Para tanto, foram realizadas uma busca em bancos de dados científicos (ScienceDirect, Elsevier, Scopus, Springer, TandFonline, PubMed, Wiley Online Library e Google Scholar) para levantamento bibliográfico. O volume de material disponível a respeito do tema ainda é limitado. A partir do material disponibilizado nas bases científicas, fica evidente a potencialidade dos resíduos do setor avícola, como para extração de moléculas de colágeno (pele e pés) e queratina (penas) para a fabricação de materiais terapêuticos, além da produção de biodiesel (gordura); representando uma matéria-prima com potencial de reutilização e agregação de valor ao produto final. Assim, resíduos avícolas são fontes alternativas e promissoras para aproveitamento biotecnológico e sustentável.

Palavras-Chave: Aves, Biotecnologia, Carne, Ovos, Frango.

RESUMEN

La avicultura es una rama de la zootecnia para la cría de aves de corral para la producción de alimentos. La práctica involucra prácticas operativas desde la incubadora de huevos hasta el manejo de pollitos y aves adultas. La producción avícola es importante en el mercado cárnico. Concomitantemente con su crecimiento, también aumenta la generación de desechos, como cabezas, pies, plumas, piel, grasa, huesos y cáscaras de huevo, por ejemplo. Ante esto, este trabajo tuvo como objetivo revisar el potencial biotecnológico de los residuos orgánicos sólidos del sector avícola. Para ello, se realizó una búsqueda en bases de datos científicas (ScienceDirect, Elsevier, Scopus, Springer, TandFonline, PubMed, Wiley Online Library y Google Scholar) por relevamiento bibliográfico. El volumen de material disponible sobre el tema aún es limitado. A partir del material puesto a disposición en las bases científicas, se evidencia el potencial de residuos del sector avícola, como para la extracción de moléculas de colágeno (piel y patas) y queratina (plumas) para la fabricación de materiales terapéuticos, además de la producción de biodiésel (grasa); representando una materia prima con potencial de reutilización y valor agregado al producto final. Por lo tanto, los desechos de aves de corral son una fuente alternativa y prometedora para el uso biotecnológico y sostenible.

Palabras Clave: Avicultura, Biotecnología, Carne, Huevos, Pollo.

¹Graduação em Licenciatura Plena em Ciências Biológicas, Universidade Federal Rural de Pernambuco, felipealbuquerquematos@gmail.com

²Graduando em Engenharia de Pesca, Universidade Federal Rural de Pernambuco, nilsons.fernando@gmail.com

³ Mestrado em Biociência Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, deaquinobeatriz@gmail.com

⁴ Doutora, Universidade Federal Rural de Pernambuco, analuporto@yahoo.com.br

⁵ Doutor, Universidade Federal Rural de Pernambuco, vagne_melo@hotmail.com.br

ABSTRACT

Poultry farming is a branch of zootechnics for poultry breeding for food production. The practice involves operational practices from the hatchery of eggs to the handling of chicks and adult birds. Poultry production is significant in the meat market. Concomitantly with its growth, there is also an increase in the generation of waste, such as heads, feet, feathers, skin, fat, bones and egg shells, for example. In view of this, this work aimed to review the biotechnological potential of solid organic waste from the poultry sector. For that, a search was made in scientific databases (ScienceDirect, Elsevier, Scopus, Springer, TandFonline, PubMed, Wiley Online Library and Google Scholar) for bibliographic survey. The volume of material available on the subject is still limited. From the material available in the scientific bases, the potential of the poultry sector residues is evident, such as for the extraction of collagen (skin and feet) and keratin (feathers) molecules for the manufacture of therapeutic materials, in addition to the production of biodiesel (fat); representing a raw material with potential for reuse and adding value to the final product. Thus, poultry waste is an alternative and promising source for biotechnological and sustainable use.

Keywords: Poultry, Biotechnology, Meat, Eggs, Chicken.

INTRODUÇÃO

Aves são espécies aviárias domesticadas que podem ser criadas para a produção de ovos, carnes e/ou penas. O termo “aves domésticas” abrange uma ampla gama de aves, desde raças indígenas e comerciais de galinhas até patos almiscarados, patos-reais, perus, galinhas d'angola, gansos, codornizes, pombos, avestruzes e faisões. Galinhas, patos, pintadas, gansos e perus podem ser encontrados em todos os tipos de sistemas avícolas, grandes e pequenos. Mas faisões, codornizes e avestruzes são quase exclusivamente encontrados em sistemas de grande escala (FAO, 2020a).

A avicultura é um importante ramo da zootecnia dedicado a criação de aves para a produção de alimentos, como ovos e carne. A prática da avicultura pode ser subdividida em avicultura de corte, que é o nome dado a atividade de criação de aves que serão submetidas ao abate visando o abastecimento do setor cárneo (RECK; SCHULTZ, 2016); e avicultura de postura, que é a atividade destinada à criação de galinhas para produção de ovos, e esta prática podem ser destinadas para dois fins: reprodução e abastecimento do setor alimentício (PEREIRA et al., 2019).

O consumo de carne de frango é um dos preferidos pelo consumidor, seja pela facilidade de aquisição e/ou pelas suas características organolépticas, ainda sendo uma das carnes mais consumidas no Brasil e no mundo. É esperado que até 2050 o consumo global de carne de frango alcance o dobro dos números obtidos em 2005, e a demanda por ovos aumente até 40% (ASTILL et al., 2020), sendo assim, a avicultura se estabelece como uma das mais importantes atividades econômicas. Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), o consumo *per capita* de carne de frango superou os 42 kg em 2019. Ainda, segundo a ABPA, a produção brasileira de carne de frango ultrapassou a marca de 13 milhões de toneladas apenas

em 2019, sendo 68% para consumo interno e 32% destinado à exportação, que gerou uma receita de aproximadamente US\$ 7 bilhões para o país.

O crescimento acelerado da indústria avícola tem como consequência o aumento do quantitativo de resíduos sólidos originados do abate de aves e da própria avicultura de postura como, por exemplo, vísceras, penas, sangue, ossos, casca de ovos, entre outros. Com isso, para que haja um crescimento sustentável da cadeia, faz-se necessário um aproveitamento ecologicamente correto de tais resíduos (CASADESÚS et al., 2019).

A biotecnologia oferece alternativas para o aproveitamento dos subprodutos da cadeia avícola na sua utilização para produção de compostos de maior valor agregado e de aplicação industrial, como na extração de moléculas proteicas, tais como de queratina (FAGBEMI; SITHOLETESFAYE, 2020) e de colágeno (ABEDINIA et al., 2020), até sua utilização como uma fonte renovável de combustível a partir da gordura descartada (GOHIL et al., 2020; ZI-ZHE et al., 2017). Assim, este trabalho objetivou revisar os principais pontos a respeito da importância dos resíduos sólidos gerados pela avicultura e a geração de produtos rentáveis, a partir de sua reutilização de modo sustentável e visando contribuir para com a preservação de recursos naturais.

REFERENCIAL TEÓRICO

O setor avícola continua a crescer e se industrializar em muitas partes do mundo. Uma população crescente, maior poder de compra e urbanização têm sido os fortes motores desse crescimento. Os avanços na criação deram origem a aves que atendem a propósitos especializados e são cada vez mais produtivas, mas que precisam de manejo especializado e em consequência, profissional mais capacitado. O desenvolvimento e a transferência de tecnologias para preparação de ração, para a prática do abate e de processamento aumentaram a segurança e a eficiência do setor avícola (REN et al., 2020), mas possuem como contraponto, o favorecimento das grandes indústrias ao invés dos pequenos produtores avícolas. Esses desenvolvimentos levaram a indústria avícola e a indústria de ração associada a crescer rapidamente, a se concentrar perto de fontes de insumos ou mercados finais e a se integrar verticalmente, de forma a fortalecer a produção como um todo (FAO, 2020b).

A carne de aves e os ovos estão entre os alimentos de origem animal mais consumido em nível global, em diversas culturas, tradições e/ou religiões (MARTINELLI et al., 2020). O consumo de carne e ovos de aves, além de alimentos de origem animal em geral; aumentou rapidamente nas últimas décadas, principalmente na América do Sul (FAO, 2020c). A demanda crescente tem sido impulsionada, maiormente pelo crescimento populacional, urbanização e

aumento da renda nos países em desenvolvimento. O frango domina o consumo de carne porque é geralmente acessível, com baixo teor de gordura e enfrenta poucas barreiras religiosas e/ou socioculturais (MOTTE; TEMPIO, 2017).

As cadeias de valor do setor avícola conectam os insumos e atividades envolvidas na entrega de aves e derivados avícolas ao consumidor final, com materiais que aumentam de valor em todas as etapas operacionais do processamento da cadeia avícola. Uma cadeia de aves pode envolver desde a produção, passando pelo transporte, processamento, embalagem e armazenamento, até chegar ao varejo e ser comercializado. As atividades exigem insumos, como financiamento e matérias-primas, que são usados para agregar valor e levar aves e derivados avícolas aos consumidores. O conhecimento técnico operacional da cadeia avícola como um todo é primordial para tornar a prática rentável e sustentável. As unidades de produção de carne e/ou ovos em larga escala são frequentemente integradas verticalmente, com granjas de reprodução para ovos, incubatório, fábricas de rações e instalações de processamento de ovos e/ou carne, além de tratamento dos resíduos. A produção, comumente, está localizada nas cidades ou próxima a elas, e perto de instalações de processamento e fornecedores de insumos. Esses sistemas abastecem principalmente as populações urbanas ou metropolitanas. Os pequenos produtores avícolas, na maioria das vezes, produzem produtos semelhantes, mas com menos eficiência e com maior dificuldade em garantir insumos de qualidade, como pintinhos e ração (FAO, 2020d).

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta mini-revisão, foram realizadas buscas a partir de plataformas eletrônicas científicas, tais como ScienceDirect (<https://www.sciencedirect.com/>), Elsevier (<https://www.elsevier.com/>), Scopus (<https://www.scopus.com/>), Springer (<https://www.springer.com/>), TandFonline (<https://www.tandfonline.com/>), PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>), Wiley Online Library (<https://onlinelibrary.wiley.com/>) e o Google Scholar (<https://scholar.google.com.br/>), utilizando como palavras-chave: avicultura, avicultura resíduos, avicultura colágeno, avicultura queratina, avicultura biodiesel, avicultura produção, avicultura de compostagem, resíduos de frango de corte, descarte de resíduos da avicultura, reaproveitamento de resíduos da avicultura, assim como seus correspondentes em língua inglesa. Realizou-se a leitura dos títulos e resumos para seleção dos artigos, livros, capítulos de livro, notas científicas, entre outros, excluindo os que não estavam dentro do escopo da proposta ou mesmo que não detinham informações relevantes para nossa investigação. Foram incluídas publicações em inglês e português que atenderam aos critérios

de busca. Dessa forma, na presente revisão serão abordados os temas de produção de aves e ovos e os resíduos gerados pela avicultura, assim como seu tratamento biotecnológico para a produção de itens de alto valor agregado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de aves e ovos

O setor avícola é um importante ramo para a sociedade, pois além de gerar trabalho, garante sustento e alimentos para o ser humano, contando com as mais variadas atividades como, por exemplo, incubação de ovos, criação de frango de corte (Figura 1), criação de poedeiras comerciais, criação de pintinhos, processamento de aves (PEREIRA et al., 2019), entre outras.

Figura 1. Criação de frangos de corte em propriedade avícola.

Fonte: Freepik (2020). Disponível em <br.freepik.com>.

No Brasil e no mundo, a produção avícola é uma das atividades mais rentáveis e representativas no mercado financeiro, perdendo apenas para a produção pecuária de bovinos. Segundo a EMBRAPA (2020), a produção da carne de frango de corte no mundo, superou em 2019 um montante de 90 milhões de toneladas, sendo o Brasil o terceiro maior produtor com 13,6 milhões de toneladas, atrás apenas da China (13,7 milhões t) e dos Estados Unidos (19,9 milhões t). Além da larga produção, o Brasil é o maior exportador da carne de frango, com destaque para a região sul do país, contando com 4,2 milhões de toneladas apenas em 2019.

Ainda, o Brasil é um grande produtor de ovos, produzindo em 2019 um montante aproximado de 49 bilhões de unidades e exportando mais de 7,6 mil toneladas, destacando-se no cenário produtivo nacional e internacional.

As galinhas fornecem 92% da produção mundial de ovos. Em nível regional, as espécies de aves que não são de frango põem 12% dos ovos na Ásia, 1% nas Américas (3% na América Latina), 0,6% na Oceania e 0,8% na Europa. A produção de ovos de outras aves além das galinhas é quase inexistente na África (FAO, 2020a). O volume de produção de ovos em todo o mundo ultrapassou 76,7 milhões de toneladas em 2018, ante 73,9 milhões de toneladas métricas em 2016. Desde 1990, o volume global de produção de ovos aumentou mais de 100 por cento. Determinar quantos ovos uma única galinha colocará em uma base semanal ou mensal é complicado e depende de um grande número de fatores, incluindo a idade da galinha, a época do ano, a temperatura e o tipo de alimento dado às galinhas (SHAHBANDEH, 2020).

Resíduos gerados pela avicultura

A partir das etapas de processamento das aves no segmento industrial para preparação dos filés de frango e/ou outras partes (coxas, peitos, asinhas, etc.) são gerados resíduos sólidos com potencial de aproveitamento, tais como: penas, pele, cabeça, pés, vísceras digestivas, reprodutivas, gordura, cartilagem, resquícios de musculatura, ossos e sangue e dentre estes, os que possuem maior potencial biotecnológico são, penas, pele, pés, gordura, vísceras, ossos e cartilagem. Já em relação à avicultura de Compostagem, o seu principal resíduo, é a casca do ovo. Estes resíduos são descartados por não se adequarem a dieta humana e ao comércio, que não enxerga os mesmos como rentáveis ou reaproveitáveis (FIORESE et al., 2019).

Pele, pés, ossos e cartilagens: colágeno

O colágeno é a proteína fibrosa e estrutural mais importante nos animais, equivalendo aproximadamente 30% do total proteico. De maneira geral, o colágeno é caracterizado por sua estrutura helicoidal formada pela repetição dos aminoácidos Gli-X-Y, onde “X” e “Y”, geralmente, representam os iminoácidos prolina e hidroxiprolina. Até o momento, são reconhecidos 29 tipos de moléculas na superfamília das moléculas de colágeno, cada um com seu perfil estrutural e função característica, sendo o Tipo I o mais abundante (presente na pele, tendões e ligamentos) (ZHOU et al., 2016).

O colágeno pode ser extraído a partir de diversas fontes, desde fontes aquáticas (SALVATORE et al., 2020) até bovinos (CAO et al., 2020), suínos (ZHU et al., 2020) e aves. Uma importante característica dessa proteína é sua glicação (ligação de um açúcar a proteína),

que aumenta proporcionalmente a idade e está relacionada ao aumento da rigidez do colágeno em tecidos mais velhos (AKRAM; ZHANG, 2020). Levando em consideração que aves são abatidas com 6-7 semanas de vida, enquanto bovinos levam de 18-36 meses para ficar apto ao abate, a utilização de resíduos provindos da avicultura é capaz de fornecer um colágeno mais flexível e num menor espaço de tempo (OECHSLE et al., 2016).

Os principais resíduos investigados para a obtenção de colágeno de fonte aviária são a pele (Figura 2) (LOO; SARBON, 2020), cartilagem (PHIPPS et al., 2020) e pés (ZHOU et al., 2016), que são frequentemente descartados sem tratamento durante o processo de produção de aves pela indústria alimentícia. Os métodos tradicionalmente empregados para a extração são aqueles que combinam tratamentos químicos com a adição de enzimas de ação específica, a fim de extrair o colágeno com o menor comprometimento possível de sua estrutura (ZHOU et al., 2016).

Akram; Zhang (2020) extraíram colágeno a partir da cartilagem esternal de galinha utilizando o método do colágeno solúvel em pepsina (PSC). Esse método agrega o tratamento ácido à ação enzimática. Assim, a amostra rica em colágeno passa por um pré-tratamento para remoção de sujidades, é suspensa em ácido acético e então submetida a ação da pepsina. Similarmente, Zhou et al. (2016) extraíram colágeno a partir de pés de galinha (Figura 3) combinando os métodos do colágeno solúvel em sal (SSC) e colágeno solúvel em ácido acético (ASC), além do método PSC anteriormente descrito. Assim, a amostra pré-tratada de pés de galinha passa por tratamento utilizando uma solução salina (NaCl), antes de ser imersa em solução de ácido acético e exposta a ação enzimática.

Figura 2. Pele de frango.

Fonte: Freepik (2020). Disponível em <br.freepik.com>.

Figura 3. Pés de frango descartados.

Fonte: Freepik (2020). Disponível em <br.freepik.com>.

O colágeno extraído de fontes aviárias apresenta uma gama de propriedades (resistência, biocompatibilidade, biodegradabilidade, flexibilidade) que garantem suas diversas aplicações comerciais, tais como: utilização na preparação de alimentos embutidos, reduzindo o teor de gordura e aumentando o valor nutricional (ARAÚJO et al., 2019); a composição de fibras biopoliméricas de colágeno a serem empregadas no transporte de medicamentos (DHAKAL et

al., 2018); a preparação de peptídeos bioativos (HONG et al., 2019; LIN et al., 2018); a suplementação na alimentação animal (GÜZ et al., 2019), entre outras.

Penas: queratina

A queratina é uma proteína estrutural rica em cisteína e de natureza fibrosa e resistente. Essas moléculas podem ser classificadas em dois tipos: as α -queratinas se organizam em arranjos helicoidais e são subdividas em Tipo I (ácidas; 40-50 kDa) e Tipo II (alcalinas ou neutras; 55-65 kDa). Estas são predominantes em lã, cabelos, cascos, unhas e chifres; as β -queratinas, apresentam uma estrutura em forma de placa e predominam em tecidos como penas, garras, bicos e escamas (FEROZ et al., 2020; HOLKAR et al., 2018).

Durante o processo de produção avícola, seja para corte ou postura, há uma grande quantidade de penas desprendidas e esse resíduo nem sempre é destinado a um fim ecologicamente responsável, se tornando um possível causador de graves danos ambientais. Assim, diversos profissionais do meio científico e industrial se dedicam a investigar sua utilização para extração de queratina, por ser uma fonte rica (composta por 90% de queratina), abundante e barata dessa proteína (FAGBEMI; SITHOLE; TESFAYE, 2020).

Durante o processo de extração podem ser empregadas metodologias que utilizam tratamentos termoquímicos, hidrólise enzimática, e até mesmo vias que agregam diferentes modalidades (ALAHYARIBEIK; ULLAH, 2020). Esses processos se baseiam na dissolução das pontes dissulfeto, pontes de hidrogênio e ligações de sal, desestabilizando a estrutura da proteína. Do ponto de vista químico, podem ser realizadas técnicas como hidrólise redutiva, alcalina, oxidação, sulfitólise, explosão de vapor e extração assistida por micro-ondas (FAGBEMI; SITHOLE; TESFAYE, 2020), dentre os quais, a extração por agentes redutores é geralmente priorizada por sua rapidez e eficiência.

Apesar disso, os agentes químicos muitas vezes utilizados podem não ser recicláveis e causar a geração de resíduos tóxicos além de demandarem grandes quantidades de energia para serem realizados, por isso, o emprego de métodos enzimáticos se mostram atraentes e estes são os atualmente mais investigados para dissolver essas proteínas, sendo um processamento mais brando e causando menos dano a estrutura proteica, pela especificidade característica das enzimas (POURJAVAHARI et al., 2019).

A queratina é uma das proteínas mais estudadas atualmente, por suas características que propiciam a formulação de polímeros avançados (HOLKAR et al., 2018). Uma das aplicações mais difundidas para a queratina extraída a partir das penas (Figura 4) é seu uso pela indústria cosmética em formulações destinadas ao fortalecimento de cabelos (BAUS et al., 2020). No

entanto, outras oportunidades para a aplicação dessa proteína incluem a produção de biomateriais como hidrogéis, biofilmes, esferas, micro e nano partículas que são valiosos não apenas para a indústria cosmética quanto para a médica, têxtil e de materiais compostos (FEROZ et al., 2020; MI et al 2020, ; POURJAVAHARI et al., 2019).

Figura 4. Penas de galinha

Fonte: Freepik (2020). Disponível em <br.freepik.com>.

Cascas de ovos

A indústria de ovos é um setor lucrativo que envolve a criação, reprodução e administração de aves (patos, perus e galinhas), sendo as criações de galinha as maiores criações do ramo (98% do total de aves domesticadas para o consumo) (OMOMULE et al, 2020). A grande produção global e nacional de aves não indica apenas uma grande demanda para seu consumo direto (na forma de carne, por exemplo), mas também de outros produtos derivados, como os ovos, que são uma das mais importantes fontes de proteína na alimentação de boa parte da população mundial (SHI et al., 2020; PAJUREK et al, 2019).

O setor de avicultura de postura também gera uma grande quantidade de resíduos, que englobam tanto ovos que não atendem as exigências para o consumo humano quanto cascas descartadas, cascas vazias, ovos inférteis, embriões mortos, entre outros. Além destes, esse segmento produz outros tipos de resíduos animais, considerando que os machos são descartados por não realizarem postura e muitas vezes também não são destinados para a produção de carne (KANANI et al., 2020).

A composição das cascas de ovos (Figura 5) consiste majoritariamente de carbonato, fosfato e sulfato de cálcio e magnésio e matéria orgânica, além de traços de outros elementos

como sódio, potássio, manganês, ferro, cobre e estrôncio, assim como alguns metais (MITTAL et al, 2016). Essa composição rica torna a casca de ovo uma alternativa oportuna para a suplementação alimentar humana e animal, por exemplo, devido a sua alta disponibilidade e valor nutricional, baixo custo (KAEWTATIP et al., 2018).

Figura 5. Ovos com a casca intacta

Fonte: Própria (2020).

Além da popular associação desse resíduo com o setor alimentício, estudos recentes investigam as mais variadas aplicações tecnológicas para as cascas de ovos como: sua associação a nanopartículas de prata na formulação de um pó com atividade antibiótica a ser utilizado na limpeza doméstica (YORSENG et al, 2020); seu emprego em agentes de biorremediação de solos contaminados por explosivos (KALSI et al, 2020); seu uso como agente descontaminante de soluções (SHI et al, 2019; MITTAL et al, 2016); seu uso na fabricação de materiais compostos (compósitos) juntamente ao plástico (BALAN et al, 2020), entre outros.

Gordura: produção de Biodiesel

A demanda por energia só aumenta com o passar dos tempos e com isso, inúmeros países têm dificuldade para suprir essa necessidade por, muitas vezes, não possuírem fontes de energia renováveis, como por exemplo: solar, hídrica, eólica, etc. A maior parte da energia consumida atualmente é proveniente de combustíveis fósseis que são responsáveis pela emissão de gases causadores do efeito estufa e como uma fonte não-renovável estão passíveis ao esgotamento. O biodiesel, por sua vez, é um combustível confeccionado a partir de biomassa, seja ela vegetal ou animal, e por sua natureza orgânica, este é considerado um combustível não tóxico, pouco poluente e o mais importante, pode ser obtido através de fontes renováveis

(SEFFATI et al., 2020).

Dentre as possíveis fontes para a produção de biodiesel, destaca-se a de origem gordura animal, pois a utilização de óleos vegetais como fonte apresenta alguns pontos negativos, como o alto custo da matéria-prima, armazenamento e o transporte por longos períodos. Uma alternativa para suprir tais condições, a gordura de origem animal atende a esses requisitos de modo mais prático e eficiente, principalmente, no concernente a questão do custo, uma vez que essa matéria-prima é eliminada na forma de resíduo no próprio setor avícola, em postos de comercialização e em ambientes doméstico-rurais, tornando-o essa matéria-prima uma opção com grande disponibilidade e baixo custo. (SIMSEK e USLU., 2020).

Kirubakaran; Selvan (2018) avaliaram a importância e as vantagens do biodiesel tendo como base a gordura de frango. Para produção do biodiesel, os autores utilizaram o método da transesterificação já que as gorduras animais possuem triacilgliceróis (TAGs) e estes serão transformados em monoglicerídeos, di-glicerídeos e glicerol através de catalisadores ácidos, básicos e/ou através de catalisadores enzimáticos. Após o processo de transesterificação e separação do biodiesel, os autores realizaram testes no mesmo e verificaram resultados satisfatórios de densidade, viscosidade cinemática, ponto de inflamação, ponto de turvação e poder calorífico. Assim, chegaram à conclusão que a gordura de frango possui menor custo quando comparada a outras fontes como, por exemplo, a de óleos vegetais e produz um biodiesel de maior qualidade.

CONCLUSÕES

Por intermédio das publicações catalogadas nesta mini-revisão, foi possível constatar que, os resíduos sólidos gerados pela indústria avícola, sejam eles oriundos do frango de corte ou de postura, são extremamente rentáveis, reaproveitáveis e se tornam uma excelente alternativa para preservação dos recursos naturais. Por isso, transfigura-se imprescindível a realização e estimulação de novos estudos e/ou pesquisas a respeito do potencial biotecnológico destes resíduos visto que, os mesmos possuem baixo custo, é de fácil aquisição, além de possuírem ampla capacidade de se tornar produtos biotecnológicos sustentáveis e agregar valor a indústria avícola.

REFERÊNCIAS

ABEDINIA, A. et al. Poultry gelatin: Characteristics, developments, challenges, and future outlooks as a sustainable alternative for mammalian gelatin. **Trends in Food Science & Technology**, 2020.

AKRAM, A.; ZHANG, C. Effect of ultrasonication on the yield, functional and physicochemical characteristics of collagen-II from chicken sternal cartilage. **Food Chemistry**, v. 307, Artigo 125544, 2020.

ALAHYARIBEIK, S.; ULLAH, A. Methods of keratin extraction from poultry feathers and their effects on antioxidant activity of extracted keratin. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 148, p. 449-456, 2020.

ARAÚJO, Í. et al. Quality of low-fat chicken sausages with added chicken feet collagen. **Poultry Science**, v. 98, n. 2, p. 1064-1074, 2019.

ASTILL, J. et al. Smart poultry management: Smart sensors, big data, and the internet of things. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 170, Artigo 105291, 2020.

BALAN, G. et al. Investigation of hardness characteristics of waste plastics and egg shell powder reinforced polymer composite by stirring route. **Materials Today: Proceedings**, 2020.

BAUS, R. et al. Strategies for improved hair binding: Keratin fractions and the impact of cationic substructures. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 160, p. 201-211, 2020.

CAO, S. et al. Structure and physical properties of gelatin from bovine bone collagen influenced by acid pretreatment and pepsin. **Food and Bioprocess Technology**, v. 121, p. 213-223, 2020.

DHAKAL, D. et al. Optimization of collagen extraction from chicken feet by papain hydrolysis and synthesis of chicken feet collagen based biopolymeric fibres. **Food Bioscience**, v. 23, p. 23-30, 2018.

Portal EMBRAPA. **Estatísticas**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas>>. Acesso 10/08/2020.

FAGBEMI, O.; SITHOLE, B.; TESFAYE, T. Optimization of keratin protein extraction from waste chicken feathers using hybrid pre-treatment techniques. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 17, Artigo 100267, 2020.

FAO. **Poultry species**. Disponível em: <<http://www.fao.org/poultry-production-products/production/poultry-species/en/>>. Acesso 14/08/2020a.

FAO. **Gateway to poultry production and products**. Disponível em: <<http://www.fao.org/poultry-production-products/production/en/>>. Acesso 14/08/2020b.

FAO. **Products and processing**. Disponível em: <<http://www.fao.org/poultry-production-products/products-processing/en/>>. Acesso 14/08/2020c.

FAO. **The poultry chain**. Disponível em: <<http://www.fao.org/poultry-production-products/socio-economic-aspects/poultry-chain/en/>>. Acesso 14/08/2020d.

FERREIRA, A. et al. Brazilian poultry activity waste: Destinations and energetic potential. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 3081-3089, 2018.

FIGURESE, C. et al. Analysis of macronutrients of solid residues from poultry for possible applications as plant fertilizer. **Brazilian Journal of Development**, v.5, p. 664-678, 2019.

GOHIL, A. et al. Utilization of poultry waste as a source of biogas production. **Materials Today: Proceedings**, 2020.

GÜZ, B. et al. Effects of dietary organic minerals, fish oil, and hydrolyzed collagen on growth performance and tibia characteristics of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 98, n. 12, p. 6552-6563, 2019.

HONG, H. et al. Preparation of low-molecular-weight, collagen hydrolysates (peptides): Current progress, challenges, and future perspectives. **Food Chemistry**, v. 301, Artigo 125222, 2019.

KAEWATIP, K.; CHIARATHANAKRIT, C.; RIYAJAN, S. The effects of egg shell and shrimp shell on the properties of baked starch foam. **Powder Technology**, v. 335, p. 354-359, 2018.

KALSI, A. et al. A novel egg shell-based bio formulation for remediation of RDX (hexahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazine) contaminated soil. **Journal of Hazardous Materials**, v. 401, Artigo 123346, 2020.

KANANI, F. et al. Waste valorization technology options for the egg and broiler industries: A review and recommendations. **Journal of Cleaner Production**, v. 262, Artigo 121129, 2020.

KIRUBAKARAN, M.; SELVAN, V. A. M. A comprehensive review of low cost biodiesel production from waste chicken fat. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 390-401, 2018.

LIN, X. et al. Preparation, purification and identification of cadmium-induced osteoporosis-protective peptides from chicken sternal cartilage. **Journal of Functional Foods**, v. 51, p. 130-141, 2018.

LOO, C.; SARBON, N. Chicken skin gelatin films with tapioca starch. **Food Bioscience**, v. 35, Artigo 100589, 2020.

MARTINELLI, G. et al. Assessing the eco-efficiency of different poultry production systems: an approach using life cycle assessment and economic value added. **Sustainable Production and Consumption**, v. 24, p. 181-193, 2020.

MITTAL, A. et al. Applications of egg shell and egg shell membrane as adsorbents: A review. **Journal of Molecular Liquids**, v. 223, p. 376-387, 2016.

MOTTET, A.; TEMPIO, G. Global poultry production: current state and future outlook and challenges. **World's Poultry Science Journal**, v. 73, n. 2, p. 245-256, 2017.

OECHSLE, A. et al. Microstructure and physical-chemical properties of chicken collagen. **Food Structure**, v. 7, p. 29-37, 2016.

OMOMULE, T.; AJAYI, O.; OROGUN, A. Fuzzy prediction and pattern analysis of poultry

egg production. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 171, Artigo 105301, 2020.

PAJUREK, M. et al. Poultry eggs as a source of PCDD/Fs, PCBs, PBDEs and PBDD/Fs. **Chemosphere**, v. 223, p. 651-658, 2019.

PEREIRA, L. et al. Use of compost in poultry production. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, p. 17372-17381, 2019.

PHIPPS, K. et al. Oral administration of a novel hydrolyzed chicken sternal cartilage extract (BioCell Collagen®) reduces UVB-induced photoaging in mice. **Journal of Functional Foods**, v. 68, Artigo 103870, 2020.

RECK, Â.; SCHULTZ, G. Aplicação da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão no Relacionamento Interorganizacional na Cadeia da Avicultura de Corte. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 54, n. 4, p. 709-728, 2016.

REN, G. et al. Agricultural robotics research applicable to poultry production: A review. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 169, Artigo 105216, 2020.

SHAHBANDEH, M. **Egg production worldwide 1990-2018**. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/263972/egg-production-worldwide-since-1990/#statisticContainer>>. Acesso em 12/08/2020.

SALVATORE, L. et al. Marine collagen and its derivatives: Versatile and sustainable bio-resources for healthcare. **Materials Science and Engineering: C**, v. 113, Artigo 110963, 2020.

SEFFATI, K. et al. AC/CuFe₂O₄@CaO as a novel nanocatalyst to produce biodiesel from chicken fat. **Renewable Energy**, v. 147, p. 25-34, 2020.

SHI, Y. et al. Egg shell waste as an activation agent for the manufacture of porous carbon. **Chinese Journal of Chemical Engineering**, v. 28, n. 3, p. 896-900, 2020.

SIMSEK, S.; USLU, S. Comparative evaluation of the influence of waste vegetable oil and waste animal oil-based biodiesel on diesel engine performance and emissions. **Fuel**, v. 280, Artigo 118613, 2020.

YORSENG, K. et al. Nanocomposite egg shell powder with in situ generated silver nanoparticles using inherent collagen as reducing agent. **Journal of Bioresources and Bioproducts**, v. 5, n. 2, p. 101-107, 2020.

ZI-ZHE, C. et al. Conversion of poultry manure to biodiesel, a practical method of producing fatty acid methyl esters via housefly (*Musca domestica* L.) larval lipid. **Fuel**, v. 210, p. 463-471, 2017.

ZHOU, C. et al. Extraction and characterization of chicken feet soluble collagen. **LWT**, v. 74, p. 145-153, 2016.

ZHU, L. et al. Porcine bone collagen peptides promote osteoblast proliferation and differentiation by activating the PI3K/Akt signaling pathway. **Journal of Functional Foods**, v. 64, Artigo 103697, 2020.

CAPÍTULO 24: PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO EM UMA EMPRESA DE ARMAZENAGEM DE GRÃOS NO MUNICÍPIO DE AMAMBAI - MATO GROSSO DO SUL

350

CAPÍTULO 24: PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA EN UNA EMPRESA DE ALMACENAMIENTO DE GRANOS EN LA CIUDAD DE AMAMBAI - MATO GROSSO DO SUL

CHAPTER 24: STRATEGIC PLANNING IN A GRAIN STORAGE COMPANY IN AMAMBAI CITY - MATO GROSSO DO SUL

Deisivani Carol Lima dos Santos¹; André Felipe Queiroz²; Lesley Soares Boeno³; Valéria Sun Hwa Mazucato⁴

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.350-366>

RESUMO

A armazenagem de grãos é um importante elo da cadeia produtiva agrícola, que representa um nicho de crescentes oportunidades no qual o agronegócio tem sido extremamente favorecido pelo potencial produtivo das regiões em que se localiza, contexto este que tem implicação ao planejamento estratégico um papel cada vez mais importante na gestão de empresas armazenadoras de grãos. Com o intuito de contribuir com essa área de estudos, este trabalho assume como objetivo geral avaliar estrategicamente o ambiente organizacional e o posicionamento competitivo de uma empresa de armazenagem de grãos localizada no município de Amambai no Mato Grosso do Sul, a partir da análise do ambiente interno e externo (Matriz Swot) da organização e a Análise das 5 Forças de Porter. A metodologia adotada foi um estudo de caso, com coleta de dados por entrevista estruturada, observação *in loco* e análise documental, sendo que todos os dados coletados foram analisados conforme a proposta das ferramentas escolhidas. A Análise de 5 forças de Porter permitiu constatar que apesar da grande concorrência na região, a empresa se destaca frente a seus concorrentes, possuindo grande potencial de crescimento no mercado, embora existam ameaças importantes a serem observadas. A Matriz Swot evidenciou os aspectos positivos se sobressaem aos negativos, sendo favorável a manutenção da estratégia adotada atualmente pela empresa, que se caracterizou como de crescimento, porque é a que mais se enquadra ao posicionamento competitivo atual da empresa, sua relação com os concorrentes, clientes e demais stakeholders e, principalmente, ao cenário local do agronegócio que apresenta importantes oportunidades.

Palavras-chave: Agronegócio. Planejamento Estratégico. Matriz Swot. 5 forças de Porter.

RESUMÉN

El almacenamiento de granos es un eslabón importante en la cadena productiva agrícola, que representa un nicho de oportunidades de crecimiento en el que la agroindustria se ha visto sumamente favorecida por el potencial productivo de las regiones en las que se ubica, contexto que tiene un papel cada vez más importante en la planificación estratégica. Más importante en la gestión de empresas de almacenamiento de cereales. Para contribuir a esta área de estudio, este trabajo asume como objetivo general evaluar estratégicamente el ambiente organizacional y posicionamiento competitivo de una empresa almacenadora de granos ubicada en el municipio de Amambai en Mato Grosso do Sul, a partir del análisis de el entorno interno y externo (Matriz FODA) de la organización y el Análisis de las 5 Fuerzas de Porter. La metodología adoptada fue un estudio de caso, con recolección de datos a través de entrevistas estructuradas, observación *in situ* y análisis de documentos, y todos los datos recolectados

¹ Curso Superior de Tecnologia em Gestão do Agronegócio, IFMS, deisivanisantos@gmail.com

² Professor Mestre IFMS, andre.queiroz@ifms.edu.br

³ Professor Doutor IFMS, lesley.bueno@ifms.edu.br

⁴ Professora Mestre em Administração, IFMS, valeria.galvao@ifms.edu.br

fueron analizados de acuerdo a la propuesta de las herramientas elegidas. El Análisis de Porter de 5 Fuerzas mostró que a pesar de la gran competencia en la región, la empresa se destaca frente a sus competidores, teniendo un gran potencial de crecimiento en el mercado, aunque existen importantes amenazas por observar. La Matriz FODA destacó los aspectos positivos que se destacan de los negativos, favoreciendo el mantenimiento de la estrategia actualmente amada por la empresa, la cual se caracterizó como crecimiento, por ser la que mejor encaja con la actual posición competitiva de la empresa, su relación con los competidores, clientes y otros grupos de interés y, principalmente, al escenario agroindustrial local que presenta importantes oportunidades.

Palabras clave: Agronegocios. Planificación estratégica. Matriz Swat. 5 fuerzas de Porter.

Abstract

Grain storage is an important link in the agricultural production chain that represents a niche of growing opportunities in which agribusiness has been extremely favored by the productive potential of the regions in which it is located, a context that has implications for strategic planning, an increasingly important role. important in the management of grain storage companies. In order to contribute to this area of study, this work assumes as a general internal objective to strategically evaluate the organizational environment and the competitive positioning of a grain storage company located in the municipality of Amambai in Mato Grosso do Sul, from the analysis of the environment and external (Swot Matrix) of the organization and the Analysis of Porter's 5 Forces. The adopted methodology was a case study, with data collection by structured interview, observation *in loco* and document analysis, and all the data collected were according to the proposed tools chosen. The analysis of the common Porter's window shows that despite the great competition in the region, the company stands out against its competitors, having great potential for growth in the market, although there are important ones to be observed. The Swot Matrix highlighted the positive aspects that outweigh the negative, favoring the maintenance of the strategy currently adored by the company, which was characterized as growth, because it is the one that best fits the current competitive positioning of the company, its relationship with competitors, customers and other stakeholders and, mainly, to the local agribusiness scenario that presents important opportunities.

Keywords: Agribusiness. Strategic planning. Swot Matrix. Porter's 5 forces.

INTRODUÇÃO

O planejamento estratégico é primordial para a definição das estratégias organizacionais e modelos adequados de gestão para que uma determinada empresa alcance seus objetivos. Especialmente no agronegócio, que sofre de forma acentuada os impactos de situações inesperadas, visto a dependência do clima e da perecibilidade de seus produtos, o planejamento estratégico assume um papel muito importante.

Nas empresas de armazenamento de grãos, por exemplo, o planejamento estratégico se expressa na delimitação dos objetivos organizacionais sim, mas além disso, também é percebido nas atividades cotidianas, responsáveis por garantir a qualidade dos serviços prestados e do produto final vendido. É de extrema importância o gerenciamento de qualidade na rede de armazenagem, sabendo então, para que o produto armazenado chegue ao consumidor com as

devidas exigências padrões de qualidade, e que não perca produto com má gestão é necessário que sejam adotados métodos para que tenha menor custo e obtenha um melhor resultado.

Devido a esta importância, tem se tornado cada vez mais numerosos os trabalhos publicanos na área da gestão estratégica, inclusive voltados para o agronegócio (POLACINSKI et al., 2021; COSTA et al., 2020; GASPERIN, 2017; SOUZA et al., 2017). Soares et al (2016), por exemplo, discutiram em seu estudo, a viabilidade econômica de trabalhar no setor de apicultura. Seus resultados indicaram que planejamento estratégico é um fator determinante para a saúde e sustentabilidade dos negócios. Silva (2018), por sua vez, estudou como demonstrar a viabilidade do planejamento estratégico em pequenas propriedades rurais e constatou que a falta de planejamento e uso de ferramentas de gestão podem trazer a ineficiência de produtividade. Ele também concluiu que por meio da implantação planejamento estratégico, foi possível aumentar cerca de 70% da produtividade.

Outros tantos trabalhos tem se dedicado a compreender como o planejamento estratégico contribui na prática das empresas. Ainda assim há uma enorme lacuna para a compreensão de como as peculiaridades de cada empresa interferem no planejamento estratégico e suas etapas, bem como seus resultados. Especialmente na armazenagem de grãos, são escassos os estudos na área de planejamento estratégico. Para contribuir com este ramo do conhecimento, este trabalho tem como objetivo geral avaliar estrategicamente o ambiente organizacional e o posicionamento competitivo de uma empresa de armazenagens de grãos localizada no município de Amambai em Mato Grosso do Sul.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O Planejamento Estratégico

O planejamento estratégico nas organizações tem como objetivo principal moldar os negócios e produtos de uma empresa, de modo que eles possibilitem os lucros e o crescimento almejados (KOTLER, 2000). Barros (2012) afirma que diante desta ferramenta de gestão, as organizações conseguem atingir uma percepção melhorada, assim podendo alcançar um possível crescimento econômico e financeiro.

Entre os diversos modelos didáticos de planejamento estratégico, o proposto por Chiavenato (2007) contempla seis principais etapas que estão apresentadas na figura 1. Partindo da identidade da empresa, a primeira etapa é a definição dos objetivos, partindo então para a analisar o ambiente externo, evidenciando fatores que possam influenciar nas tomadas de decisões da organização.

A análise de ambiente externo é basicamente observar em qual cenário atual em que a empresa se encontra ou em qual posicionamento comercial estratégico ela atua, isso facilitará para qualquer tomada de decisão. Já a análise interna consiste no diagnóstico de aspectos como cultura e clima organizacional, qualidade dos produtos, organização das pessoas, entre outros, visa obter um diagnóstico de como é o funcionamento da empresa, quais pontos específicos devem ser melhorados ou corrigidos.

Figura 1: Etapas do Planejamento Estratégico.

Fonte: Adaptado de Chiavenato (2007).

Com base na análise do ambiente organizacional, se dá a próxima etapa que é a adaptação dos objetivos diante o cenário do ambiente externo, e interno. A quarta etapa é o estudo de como será implantado o plano de ação, quais estratégias serão necessárias adotar para o cenário atual que a organização se encontra. Na etapa seguinte é a fase onde será construído todo o plano de ação e por fim tem-se a avaliação dos resultados, através da avaliação pode ser determinado se houve êxito nos resultados desejados.

Matriz Swot: Uma ferramenta de análise do ambiente organizacional

Ao decorrer da evolução do planejamento estratégico como área de estudo, diversos especialistas acadêmicos e gerenciais observaram a aplicação do planejamento estratégico nas empresas e desenvolveram diversas ferramentas para auxiliar cada uma das etapas deste processo. Especialmente a etapa de análise do ambiente interno e externo da organização tem sido foco de diversas ferramentas, dentre as quais uma das mais conhecidas é a Matriz Swot.

A Matriz Swot foi criada pelo pesquisador Albert Humphrey, o qual liderou um projeto de pesquisa na universidade de Stanford responsável por cruzar dados das maiores corporações da época. A ferramenta desenvolvida pela pesquisa logo se tornou conhecida e utilizada por

varias empresas para auxiliar nas elaborações de suas estratégias, por conseguir simplificar o diagnóstico da situação organizacional.

A Matriz Swot estuda o ambiente interno e externo de uma organização a partir de quatro elementos, sendo eles: Strengths (Forças), Weaknesses (Fraquezas), Opportunities (Oportunidades) e Threats (Ameaças). Por meio deles se obtém a Matriz Swot (S – trengths; W- eaknesses; O – portunities; T – hreats).

Também conhecida como Análise Swot, esta ferramenta é cada vez mais utilizada em grande escala pelas organizações. Contudo é uma ferramenta simples, que traz grandes resultados quando aplicada, ela visa situar em qual posição tática a empresa ou organização está, entretanto evidencia os pontos fortes e fracos, internos e externos da instituição. Para Serra et al. (2004, p. 28) “a função primordial da Matriz Swot é possibilitar a escolha de uma estratégia adequada, para que se alcancem determinados objetivos, a partir de uma avaliação crítica dos ambientes internos e externos”.

Para Chiavenato (2007), a Matriz Swot constitui a ideia de junção entre a análise ambiental e a análise da organização, para analisar a condição da instituição em um certo período de tempo. O confronto da análise de ambiente externo e interno, possibilita a visão e desenvolvimento de estratégias que possam melhorar, e desenvolver suas vantagens competitivas, ou até mesmo diminuir os contrastes de suas deficiências internas e intervenções externas.

No agronegócio, a Matriz Swot tem sido intensamente utilizada para análises estratégicas e tomadas de decisões (POLACINSKI et al., 2021; COSTA et al., 2020). Gasperin (2017), por exemplo, aplicou esta ferramenta para diagnosticar o ambiente interno e externo em propriedades rurais familiares no Rio Grande do Sul, como forma de analisar os custos de transação e os recursos estratégicos e, conseqüentemente, identificar os aspectos de impacto competitivo a estes produtores.

Souza et al. (2017) fizeram uso da Matriz Swot para diagnosticar o cenário do agronegócio de Santa Catarina como forma de blindar a proposta de uma nova empresa contra possíveis ameaças. Neste caso específico a Matriz Swot fez parte do planejamento estratégico de abertura da empresa. Já Behnen (2020) utilizou Matriz Swot para avaliar a gestão de custos do plantio de grãos de uma propriedade rural, enquanto que Costa et al. (2020) aplica a Matriz Swot como parte da análise da utilização de sistemas de gerenciamento de armazéns no Agronegócio do Distrito Federal, e sua relação com os Condomínios de Armazéns Rurais.

Nota-se que, no contexto que se refere ao agronegócio, a aplicação da Matriz Swot tem permitido a diagnósticos interessantes, que contribuirão para a melhor tomada de decisão por

parte dos gestores. Percebeu-se também a preocupação em explicitar as evidências analisadas, de forma que a tomada de decisão seja embasada em circunstâncias e fatos corretos.

A Análise das 5 Forças de Porter

A Análise das 5 forças de Porter podem ser definidas como uma ferramenta de análise ambiental, que pode ser utilizada como complemento à Matriz Swot ou em análises singulares. A Análise das 5 Forças de Porter tem o objetivo de ajudar a análise do ambiente organizacional que está inserido, assim obtendo estratégias eficazes que colaboram com o crescimento da mesma (PORTER, 2004). Para Proença (1999), o foco desta ferramenta consiste em detectar quem está com vantagem e porquê. Pode ainda resolver os problemas verticais da empresa, sua forma e direção.

A Análise das 5 forças de Porter contempla cinco dimensões de análise, sendo elas os clientes, os concorrentes, os produtos substitutos, os fornecedores e a ameaça de novos entrantes no mercado de atuação da empresa.

Os produtos substitutos são aqueles que possuem como principal característica desempenhar a mesma função que o produto ou serviço oferecido possui (SERTEK et al., 2007). Porter (2004) diz que os produtos substitutos é um meio de limitação da lucratividade, pois quanto mais atrativo e de menor valor do produto, consequentemente maior será a ameaça sobre os preços ofertados pela empresa. A ameaça de entrada de novos concorrentes observa quais são as chances de novos concorrentes no mercado em qual atua, qual as chances de crescimento e lucratividade. O poder de negociação dos clientes, refere-se à capacidade do cliente em barganhar maneiras de pagamentos. O poder de negociação dos fornecedores, trata-se da empresa onde contrata seus fornecedores, negociar prazos e preços, onde a organização que depende desses serviços, fica à mercê de seus provedores, e por fim a rivalidade entre os concorrentes, visa destacar que por mais que um mercado que possua muitas empresasprestando o mesmo serviço a rivalidade e concorrência será maior.

No contexto do agronegócio esta ferramenta tem sido aplicada em diversas análises sobre vantagem competitiva, como é o caso de Coutinho e Chaves (2009) que aplicaram a Análise das 5 Forças de Porter como parte de um sistema de informações do mercado proposto ao produtor de arroz, ou Pedrozo et al. (2005) que a aplicaram para avaliar o ambiente de negócio, a estrutura competitiva e o comportamento estratégico da agroindústria avícola.

Mattos et al (2010) utilizaram a Análise das 5 Forças de Porter como ferramenta para diagnóstico estratégico nas unidades de produção primária, o qual obteve como resultado

significativo a identificação do cenário das empresas estudadas, com predominância de pontos fortes e oportunidades para a propriedade rural estudada. Martinez (2020), por sua vez, buscou estender a proposição de forças competitivas no agronegócio incluindo as questões da sustentabilidade.

Estratégias organizacionais

As estratégias organizacionais consistem no ato de planejar e executar medidas para que a empresa alcance seus objetivos. Embora as estratégias organizacionais possam ser de incontáveis particularidades, dependendo da empresa, seus objetivos e cenário de atuação, neste trabalho serão consideradas as quatro principais vertentes de estratégias propostas por Oliveira (2007), que são de sobrevivência, manutenção, desenvolvimento e crescimento.

Estratégias de sobrevivência são aquelas em que a empresa opta pela redução de alguns custos e o desinvestimento. Normalmente é adotada quando uma determinada empresa passa por um momento de crise, seja por questões internas, seja por questões externas, como uma recessão econômica do país ou alteração do comportamento de compra de seus consumidores.

Na estratégia de manutenção, por sua vez, a empresa já alcançou patamar considerável e pretende manter sua posição no mercado, assim ela busca novas aberturas em especializações, dominando apenas uma área específica, assim valorizando seus pontos fortes.

A estratégia de crescimento é adotada quando a empresa possui caráter de ambiente externo comercial favorável, no entanto a empresa busca aliados de mercado, aproveita essas oportunidades para fazer algo novo, diversificação. Ela pode optar por fazer algo novo, lançar algum produto ou serviço que ainda não foi lançado, ou também poderá fazer transações comerciais, optando pela estratégia de exportar seus produtos ou serviços.

Também é bastante comum dentro da estratégia de crescimento, optar pela estratégia de joint venture, quando a empresa quer entrar em um outro ramo de mercado, então ela busca uma outra organização para ser aliada, onde cada uma colabora com um item necessário, seja ele tecnologia ou capital, para que seja produzido o produto. Ela pode também optar pela estratégia de expansão que deve ser planejada minuciosamente, pois a análise de mercado ter que ser criteriosa, pois a não expansão ou a expansão em momentos incertos pode lavar as possíveis perdas.

Por fim, a estratégia de desenvolvimento é utilizada quando ela possui características de pontos fortes e quer utiliza-las. Diante disso, ao que diz respeito a estratégia de desenvolvimento, essa técnica busca escolher um mercado que já atua comercialmente e tenta

aperfeiçoar o serviço prestado, ou também usa de um produto ou serviço que já é destaque em sua linha comercial e leva para outro mercado.

METODOLOGIA

Em vista dos objetivos propostos, este trabalho se caracteriza como um estudo qualitativo de nível descritivo, que tem por objetivo a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis (GIL, 2002, p. 45). O delineamento adotado foi o de estudo de caso, no qual o objeto de estudo foi estudado de forma extensiva e aprofundada (Gil, 2002). Foram coletados dados por meio roteiro de entrevista estruturada com pessoas chave dentro da organização, totalizando três respondentes e contemplando o processo operacional da empresa. Foram também feitas investigações em documentos organizacionais e observação diária in loco ao longo dos meses de outubro a dezembro do ano de 2020.

Os dados provenientes das entrevistas e das anotações de campo foram analisados a partir do seu conteúdo, de acordo com as ferramentas escolhidas neste trabalho: a Matriz Swot e a Análise das 5 Forças de Porter. Dessa forma, foi possível a avaliação das características da empresa e do seu ambiente interno e externo, de forma a elucidar o cenário atual da empresa e evidenciar possíveis escolhas estratégicas mais vantajosas.

RESULTADOS

Os resultados do trabalho permitiram a caracterização do cenário competitivo da ~~emp~~ empresa visto suas características estratégicas e seu ambiente interno e externo. Primeiramente destaca-se que, assim como o proposto na literatura, o planejamento estratégico partiu da identidade da empresa.

Averiguou-se então que a empresa objeto deste estudo é um armazém de grãos que pertencente a uma família que atua também com serviços de abatedor de bovinos, frigorífico, onde é fonte de renda de aproximadamente 200 famílias da região. Os proprietários da empresa atualmente se dedicam ao frigorífico que é localizado em frente ao armazém, deixando como responsável e filho mais novo do casal.

A empresa foi inaugurada em junho de 2019 e partir do sucesso alcançado nesta atividade os proprietários decidiram abrir em um futuro próximo, uma nova filial em um ponto

estratégico. Até o momento da realização deste estudo e delimitando-se a análise apenas ao armazém já em funcionamento.

No que tange aos demais elementos da identidade organizacional, como missão, visão e valores, a organização ainda não possui elementos bem estabelecidos. Não foram constatadas declarações de missão, visão e valores aos funcionários ou aos clientes, refletindo a recém entrada no mercado e o pouco uso de ferramentas de gestão que fortaleçam a identidade organizacional.

Processos e Operações da Empresa

A empresa conta com oito funcionários, sendo que cinco deles trabalham no setor operacional e três no setor administrativo. Cabe ao gerente o contato com os clientes e as atividades de venda dos serviços, além da gestão dos colaboradores. Ao setor administrativo cabem as tarefas auxiliares à venda, como emissão de notas fiscais e gestão de documentos, bem como as atividades referentes a gestão de departamento pessoal. Já ao setor operacional da empresa cabe todo o processo de recebimento e gestão dos grãos, detalhado na figura 2.

Figura 2: Fluxograma do Recebimento dos Grãos na Empresa.

Fonte: Dados da pesquisa.

Como descrito pela figura 2, o caminhão contendo os grãos entra na unidade e os grãos passam por um processo de classificação, no qual o profissional classificador de cereais vai determinar a qualidade do produto e por meio desta classificação será possível determinar a melhor técnica de manejo necessário para aquela carga específica.

Após esta primeira etapa, o caminhão carregado com o produto passa pela balança, para pesar o peso bruto, e segue para a moega onde vai descarregar o cereal. Para os grãos descarregados vem a etapa de pré-limpeza, secagem e limpeza do grão, onde na pré-limpeza e na limpeza provém os grãos quebrados, e aqueles grãos menores chamados também de resíduos, onde podem ser usados para o consumo animal.

Para realizar o processo de secagem de grãos, o produto passa primeiramente na pré-limpeza e depois é submetido a secagem do grão onde esse produto é exposto a uma temperatura específica até chegar à umidade desejada, após a secagem, o produto passa na limpeza, posteriormente à secagem pode haver algumas quebras devido o produto estar seco, por isso é necessário a temperatura ideal, depois de todo esse processo o produto é armazenado no silo.

No entanto o veículo volta novamente na balança e pesa vazio assim será possível saber a quantidade de produto que ele armazenou, através do peso e da classificação. De acordo com a qualidade dos grãos é feito uma porcentagem de descontos para o produto com umidade, impureza e outros requisitos de classificação acima do permitido, lembrando que o produto só será submetido a secagem se ele não estiver com umidade padrão estabelecido pelas normas do armazém. Ao serem armazenados a empresa é responsável por cobrar um valor, devido a prestação de serviço da mesma, porém esse valor só vai ser acertado no momento em que o cliente efetuar venda ou fazer retirada do produto estocado. Tendo em conta que as taxas de serviço correm mensalmente, para que seja designado um preço para a prestação de serviço é feito uma tabela com a porcentagem com o grau e valor que será cobrado por sacas.

A empresa opera com três taxas de prestação de serviços, a taxa de recebimento, taxa de armazenagem, e a quebra técnica que é a diferença da sobra do grão, todo armazém ou cooperativa tem um grau de porcentagem que define a quantidade que será descontado ao final da armazenagem do produto. Entretanto há também os descontos de impureza e umidade que tais são descontados no peso líquido do caminhão, se no entanto o caminhão obteve um peso x, com os descontos através de tabelas ele obterá um peso y, já descontado as impurezas e outros itens de classificação de acordo com a qualidade do produto, é descontado uma porcentagem tanto de impureza como de umidade e outros elementos se necessário, porém com descontos diferentes, não é usada a mesma tabela para obter a taxa de porcentagem da mesma. Essas tabelas podem variar de uma unidade armazenadora para outra, não são todas unificadas.

Discussão da Análise das 5 Forças de Porter

360

Pela aplicação da ferramenta Análise das 5 Forças de Porter, foi possível caracterizar a relação da empresa com os seus clientes, fornecedores, concorrentes, além da ameaça de novos entrantes no mercado e produtos substitutos.

A gama de clientes da empresa está localizada na região da cidade de Amambai, porém as propriedades onde se concentra os produtos é localizada em áreas rurais, algumas em localidades mais próximas outras mais distantes em média de 20 à 60 km da empresa destino onde irá ser entregue o produto. A faixa etária dos clientes de 35 a 65 anos de idade, com alguns casos mais raros de herdeiros mais novos. A maior parte são homens, com idade média de 50 anos. Os clientes moram na cidade, mas possuem área de atuação no meio agrícola, especificamente na produção de grãos.

A região de entorno possui duas culturas fortes, a soja e o milho, consequentemente a empresa conta com a colheita dos mesmos em duas épocas do ano. No entanto, os clientes trabalham o ano inteiro na produção dessas duas culturas, para que na colheita a empresa em destaque preste seu serviço. Comumente esses produtores rurais, são responsáveis pela supervisão do trabalho de seus funcionários, onde eles possuem em sua propriedade pessoas capacitadas para desenvolver os serviços de antes da colheita e depois da colheita, contudo eles estão sempre monitorando para que haja uma boa produção.

A comercialização desses grãos pode ser feita por intermédio da empresa, que também compra de seus clientes os produtos armazenados, porque é de interesse dos proprietários para consumo animal, ou também por venda direta, do produtor para a empresa que comprou o produto. Atualmente o preço para armazenar os grãos corresponde a uma taxa de recebimento, e possui outro valor, que corresponde com tempo armazenado do produto que por ventura fica recebendo os devidos cuidados para garantir a qualidade.

Um grande diferencial que a empresa possui é a forma de receber e atender os clientes, desde os produtores aos servidores dos produtores, a empresa sempre se preocupando com o bom atendimento, sempre presando que seus clientes se sintam bem ao estarem ali, esse item é de extrema importância para os gerenciadores da organização, sempre em reuniões é mencionado a importância do bem estar dos clientes. Um outro grande fator de vantagem da empresa é a facilidade de comercialização já que eles também atuam como fortes compradores dos produtos para seus clientes, evidenciando uma posição confortável da empresa com os clientes.

No setor agrícola de cereais há grandes cooperativas armazenadoras. Essas empresas atuam diretamente como concorrentes fortes no mercado, inclusive tendo como diferencial o fato de fornecer insumos para os produtores e, em troca, os produtores devolvem na maioria das vezes como forma de pagamento uma quantidade em sacas de grãos no valor correspondente ao valor adquirido aos insumos.

Estas empresas concorrentes atuam há anos no mercado trabalhando para o reconhecimento e fidelidade dos clientes, por tanto já tem uma rede de clientes fiéis. Além disso, as cooperativas fornecem insumos para a produção.

Entretanto, mesmo com a forte concorrência e pouco tempo de atuação já possui uma grande linha de clientes. Para que os clientes conheçam o armazém, tem sido feito uma estratégia de prestação de serviços para duas cooperativas das cidades, sendo assim ambas as partes são favorecidas, a cooperativa por ter uma aliada ao ter mais espaço para depositar seus produtos fazendo assim um contrato com a empresa, garantindo um lucro fixo para a organização.

A localização é um fator de extrema importância nesse ramo, pois uma rede armazenadora não pode estar localizada no centro da cidade, pois seria extremamente fora de acesso aos produtores, sabendo que o principal foco é as fazendas onde é produzido os grãos, portanto é estratégia que os receptores de grãos sejam localizados nas saídas das cidades, ou em áreas rurais próximos a fazendas, onde é de fácil acesso aos que entregaram o produto ao armazém.

Os principais produtos substitutos no caso da empresa estudada são os silos bags, que possuem valor muito mais inferior aos silos metálicos, e com qualidade não garantida pois ficam apenas armazenadas em grandes bolsas, assim ficando vulneráveis a intempéries temporais, bichos roedores, e entre outras diversificações de vulnerabilidade, e com poucos recursos para manter a qualidade. Porém é de baixo custo, entretanto o produtor não tenha alternativa é um meio bastante acessível e barato.

Outro grande produto substituto que vem crescendo ao decorrer dos anos, é os silos de fazenda, alguns produtores tem optado por construir silos em suas propriedades, assim é possível que seja armazenado todo o seu produto em sua própria localidade. Os benefícios para quem possui um silo em sua propriedade são imensos, pois o produtor não terá custo algum com taxas de armazenagem, terá apenas o custo para que o produto seja armazenado com qualidade, e para que a qualidade se mantenha ao perpassar o tempo.

É fato que ainda não é muito forte esse meio de silos de fazenda, pois o custo é muito alto, porém se todos os produtores adquirissem esse produto substituto, seria sim um fator de

risco para a empresa pois teria muita demanda de armazéns e pouca oferta de produtos para armazenar, se levarmos em conta é um fator de risco se todos adquirissem essa modalidade.

Quanto aos fornecedores, a empresa conta com fornecedores locais e não possui dependência de somente um fornecedor, pois os produtos necessários são de fácil acesso. Então as compras são feitas por cotação de preços para buscar o melhor lugar com preços mais acessíveis. No que abrange os novos entrantes no mercado, é relevante ressaltar que os armazéns metálicos são de custo elevado e, conseqüentemente, é alto o investimento para abertura de novos empreendimentos, sendo um aspecto positivo para a empresa.

Discussão da Matiz Swot

A análise do ambiente interno e externo por meio da Matriz Swot permitiu um diagnóstico detalhado, cujos pontos mais importantes estão destacados na figura 3.

Figura 3: Principais aspectos destacados na Matriz Swot.

	Aspectos internos	Aspectos externos
Aspectos Positivos	<p>Forças</p> <ul style="list-style-type: none"> • Qualidade no atendimento, valorizando a satisfação do cliente. • Qualidade nos serviços prestados. • Profissionais capacitados para atuação específica do negócio. • Estrutura recente do silo metálico e em perfeitas condições. 	<p>Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Região com grande potencial para o agronegócio, vivenciando nos últimos anos uma expansão da agricultura de precisão, bem como a abertura de empresas de toda a cadeia do agronegócio na região; • Os avanços das tecnologias do agronegócio tem trazido formas mais econômicas e eficazes para os processos de armazenagem e transporte de grãos; • Poucas unidades de armazenagem particular na região, predominando apenas cooperativas. • Produtores na região com alta produtividade agrícola e necessidade de escoamento e armazenamento dos grãos.
Aspectos Negativos	<p>Fraquezas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de informações da empresa com poucos recursos. • Cultura e identidade empresarial ainda não solidificada, sem definição de visão, missão e valores. • Falta de incentivo aos funcionários ou políticas mais estratégicas para aproveitamento do capital humano. • Falta de um calador pneumático, para facilitar a classificação dos grãos. 	<p>Ameaças</p> <ul style="list-style-type: none"> • Predominância e tradicionalismo das cooperativas de insumos na região, sendo uma forte concorrência. • Sazonalidade e oscilação dos preços dos grãos, podendo trazer insegurança na comercialização. • Dependência de aspectos climáticos e da gestão agrícola dos produtores para obtenção de boa safra com conseqüente bom preço e qualidade dos grãos.

Fonte: Dados da pesquisa.

Observando a figura 3, observa-se que a empresa possui como principais forças a qualidade no atendimento e nos serviços prestado, além de boa infraestrutura e disponibilidade de recursos para continuar se desenvolvendo. Para garantir que essa infraestrutura esteja sempre em boas qualidades é necessário que seja feito a manutenção dele periodicamente assim

garantindo uma maior durabilidade do mesmo. Também destaca-se como ponto positivo do cenário interno a qualificação dos funcionários, uma vez que todos os funcionários possuem capacitação para executar os serviços que lhes cabem.

Entre os aspectos internos negativos mais relevantes destaca-se o sistema de informações da empresa, pois o programa utilizado conta com poucos recursos e escassas atualizações, possuindo inclusive alguns itens básicos e necessários, porém inoperantes.

Já as oportunidades que mais se destacaram são o crescimento do agronegócio da região e o fortalecimento da cadeia produtiva como um todo, permitindo que a empresa tenha suporte e os parceiros necessários. De fato, a região sudoeste do Mato Grosso do Sul tem tido desenvolvimento voltado ao agronegócio, os grandes avanços da tecnologia no setor do agronegócio, e terras com grandes potenciais agricultáveis na região. Esses avanços tem ajudado a evitar desperdícios de insumos e garantir a qualidade das safras, tendo como grande aliado as tecnologias de precisão, que vem assessorando através de coleta de dados, assim melhorando o potencial produtivo. O potencial da qualidade das terras na região é uma ótima chance de o mercado de armazenagem crescer, pois quanto mais produto, maior será a receptividade dos armazéns, além das terras já possuírem alto índice produtivo, as deficiências são preenchidas através da agricultura de precisão, sendo assim cada vez mais a qualidade da produção vem se aprimorando.

Quanto as ameaças, destaca-se a forte concorrência sofrida por parte das cooperativas, que juntamente com o serviço de armazenamento, costumam fornecer insumos para os produtores, fortalecendo a relação com o produtor. Entretanto, a política das cooperativas também infligem diversos pontos negativos como a falta de flexibilidade e valores de compra pré-determinado, que são desfavoráveis para produtores rurais que busquem mais autonomia. Além disso, nada impede que a empresa foco deste estudo adote estratégia de prevenção a essa concorrência, colocando em prática ações que fidelizem os produtores e os ajude a ter mais segurança. Com base em todas essas observações, constata-se que a análise feita apresenta uma atuação positiva da empresa, pois de acordo com os dados levantados na pesquisa, a posição atual que ela se encontra no mercado é positivo, isso significa que ela possui muitos aspectos favoráveis que poderão contribuir para o desenvolvimento da mesma.

Prospecção de Cenários e Escolha Estratégica

Considerando o resultado das ferramentas aplicadas, é possível estimar alguns cenários possíveis para a empresa. De forma sintética é possível prever que a empresa, sustentada pelo

bom atendimento prestado aos clientes e pelo pessoal capacitado, tem condições de continuar acompanhando o desenvolvimento do agronegócio no Mato Grosso do Sul. Entretanto, para evitar as ameaças mais impactantes do cenário atual da empresa, é imprescindível que ela continue investindo em soluções tecnológicas para competir de forma vantajosa com os concorrentes deste mercado tão dinâmico. Além disso, é preciso estar atenta as novas tecnologias específicas às atividades da empresa.

Por conseguinte, os resultados deste estudo parecem indicar que a estratégia de crescimento, que é atualmente empregada pela empresa, seja de fato a mais adequada, uma vez que permitirá que a empresa faça uso dos ganhos atuais para investimentos em atividades futuras e aumentem sua capacidade de atendimento. Nesse sentido, é preciso manter um olhar ainda mais vigilante na qualidade dos serviços e do capital humano disponível para a empresa.

A estratégia de crescimento envolve a expansão da empresa e implica na capacidade de arcar com esse crescimento sem afetar a qualidade de seus serviços. Além disso, essa estratégia se baseia no potencial de mercado, com oportunidades a seu favor, como é o caso do agronegócio na região da organização. É notável que a empresa possui grande potencial de crescimento, pois se ela prosseguir na mesma direção poderá aproveitar oportunidades vantajosas e obter importantes resultados futuros.

CONCLUSÃO

Em virtudes dos fatos mencionados, o objetivo do trabalho foi fazer um estudo de caso da empresa, onde através das ferramentas de planejamento estratégico, Matriz Swot e Análise de 5 forças de Porter foi possível analisar o cenário atual da empresa.

Esses procedimentos metodológicos permitiram que o objetivo fosse alcançado, por meio da avaliação estratégica da empresa. A Análise de 5 forças de Porter permitiu constatar que apesar da grande concorrência na região, ainda sim a empresa se destaca frente a seus concorrentes. Portanto, empresa possui grande potencial de crescimento no mercado, onde através da ferramenta foi possível observar que a organização também possui aspectos de ameaça aos concorrentes.

Por sua vez a Matriz Swot evidenciou os grandes pontos fortes e fracos da empresa, na qual a organização possui indicativos que ressaltam os aspectos positivos que se sobressaem aos negativos onde é possível perceber que a empresa não se encontra em situação prejudicial.

Deste modo a organização se enquadra na estratégia de crescimento na qual o ambiente externo é favorável para que ela possa aproveitar esses aspectos e transforma-los em

oportunidades. A estratégia de crescimento é a que mais se enquadra devido aos indicadores serem de crescimento sendo que a empresa já possui projetos de ampliação em uma nova região, assim podendo levar seus serviços a outros clientes.

REFERÊNCIAS

BARROS, A.M. **Gerenciamento da produção visando o crescimento da propriedade rural**. Disponível em: < <http://reahagro.com.br/plus/modulos/noticias/imprimir.php?cdnoticia=2373> > Acesso em 04 de Abril de 2012.

BEHNEN, B. **Custos do plantio de grãos na fazenda Quero Quero**. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Trabalho de Conclusão de Curso. Dezembro de 2020. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/1072>

CHIAVENATO, I; SAPIRO, A. **Planejamento Estratégico: fundamentos e aplicações**. 1. ed. 13º tiragem. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

COSTA, L. M.; FILIPPI, A. C. G.; GUARNIERI, P. **Sistemas de gerenciamento de armazéns no agronegócio e em condomínios de armazéns rurais no Distrito Federal**. Informe Gepec, v. 24, n. 2, 2020. DOI: <https://doi.org/10.48075/igepec.v24i2.24492>

COUTINHO, A. R.; CHAVES, M. O. Estratégia e planejamento de mercado para produtor de arroz irrigado tropical. In: Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em **Anais** de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 6., 2009, Porto Alegre. Estresses e sustentabilidade: desafios para a lavoura arrozeira: anais. Porto Alegre: Sosbai, 2009., 2009.

DUARTE, F. Planejamento Estratégico: uma contribuição para análise de resultados de implantação da média indústria, 2002. 95f. Tese (Curso de Pós-Graduação) – Programa de **Revista Perspectiva em Gestão, Educação & Tecnologia**, v.4 n.8, julho-dezembro/2015 Pós- Graduação em Administração de Empresas, Departamento ECA, Universidade de Taubaté 2002. Disponível em: . Acesso em: 27 maio 2012.

GASPERIN, A. R. **Competitividade da agricultura familiar na região central do Rio Grande do Sul**: um estudo de caso utilizando a Matriz Swot. Dissertação de Mestrado. UFMS. 2017.

KOTLER, P.– **Administração de Marketing** – 10ª Edição, 7ª reimpressão – Tradução Bazán Tecnologia e Lingüística; revisão técnica Arão Sapiro. São Paulo: Prentice Hall, 2000.

MARTINS, L. **Marketing: Como se tornar um profissional de sucesso**. 1. ed. São Paulo: Digerati Books, 2006.

MARTINEZ, L. F. **Uma proposta de ampliação do método de planejamento estratégico no agronegócio (ChainPlan) a partir de uma abordagem de sustentabilidade**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo: 2020. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.96.2020.tde-26062020-142250>

MATTOS, P.; RODRIGUES, R. G.; Gomes, M A.; MATTOS, P.;GOLLO, S. S. O desenvolvimento do diagnóstico estratégico em propriedades rurais do agronegócio: análise ambiental em uma propriedade rural familiar. **Revista InGEPRO**. vol. 02, n. 06, 2010

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. Planejamento estratégico: conceitos metodologias, prática. 23. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

PEDROZO, E. Á.; BEGNIS, H. S. M.; ESTIVALETE, V. F. B. Análise do ambiente competitivo como determinante das escolhas estratégicas no agronegócio: um estudo de caso em uma unidade de produção. **Contexto**. Porto Alegre. Vol. 5, n. 8 (2. sem. 2005), p. 71-96, 2005.

POLACINSKI, E., GESSI, N. L., ABEGG, D. R., WIETHOLTER, D. L., LAZZARETTI, L. A. F., ESPANHOL, D. D., WALKER, R. Inovação e sustentabilidade no agribusiness: uma proposta de aplicação de plataformas digitais. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 7658-7679, 2021.

PORTER, M. E., **Estratégia competitiva: técnica para análise de indústria e da concorrência** /M. E. Porter; tradução de Elisabeth Maria de Pinho Braga. – 2.ed. – Rio de Janeiro: Elsevier; 2004.

PROENÇA, A. **Dinâmica estratégica sob uma perspectiva analítica: reinando o entendimento gerencial**. Rio de Janeiro: Universidade Cândido Mendes, ARCHÉ, 1999. ano VIII, n. 23.

SERRA, F.; TORRES, M. C. S. & TORRES, A. P. Administração Estratégica. Rio de Janeiro: Reichmann e Affonso Editores, 2004.OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de Planejamento estratégico: conceitos, metodologia e práticas. In: **Planejamento estratégico: conceitos, metodologia e práticas**. 2002. p. 337-337.

SILVA, Devanildo Braz da; PEREIRA, Marlos da Silva; SPROESSER, Renato Luiz. O planejamento estratégico como ferramenta para obter vantagem competitiva no agronegócio. **Anais do Encontro Científico de Administração, Economia e Contabilidade**, v. 1, n. 1, 2011.

SILVA, N., A., C; **Planejamento Estratégico no Suporte Gerencial de Pequenas Propriedades Rurais. Trabalho de Conclusão de Curso**. Especialização em Gestão do Agronegócio. UFPR. Curitiba; 2018.

SOARES, Danilo de Medeiros Arcanjo et al. **O planejamento estratégico na apicultura: uma contribuição para a sustentabilidade**. Informativo Técnico do Semiárido, v. 10, n. 2, p. 26-30, 2016.

SOUZA, G. M.; AMBONI, N.; ORSSATTO, J. H. C. Planejamento Estratégico no Agronegócio: proposta de aplicação em uma empresa de Santa Catarina. **Revista Espacios**, v. 38, n. 3, 2017.

SERTEK, P.; GUINDANI, A.R.; MARTINS, S.T. **Administração e Planejamento Estratégico**. 20. ed. Curitiba: Ibpex, 2007. 131 p.

CAPÍTULO 25: POSSIBILIDADES PROTEICAS DO PROCESSAMENTO AGROINDUSTRIAL DE PEIXES

367

CAPÍTULO 25: POSIBILIDADES PROTEICAS DEL PROCESAMIENTO AGROINDUSTRIAL DEL PESCADO

CHAPTER 25: PROTEIN POSSIBILITIES OF AGRO-INDUSTRIAL FISH PROCESSING

Jessica Costa da Silva¹; Sérgio Lucas Nunes do Nascimento²; Beatriz de Aquino Marques da Costa³; Ana Lúcia Figueiredo Porto⁴; Vagne Melo Oliveira⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.367-384>

RESUMO

O peixe tem se tornado cada vez mais hábito na alimentação humana, visando, sobretudo, o bem-estar. Fonte rica de compostos biologicamente favoráveis, uma alimentação com peixes também tem a seu favor os custos e a palatabilidade do filé. O entrave proveniente desse processo está na geração de resíduos sólidos concomitantes ao processamento dos peixes, onde são descartadas as partes de baixo valor comercial ou aproveitamento biotecnológico, como cabeças, ossos, carcaças, pele, escamas e vísceras internas, como estômago, intestinos, cecos pilóricos, fígados, resquícios de músculos, bexiga natatória, entre outros, fontes comprovadamente de proteínas de alto valor biológico. Assim, este trabalho objetivou revisar sobre as principais possibilidades proteicas de peixes, descrevendo as proteínas musculares, moléculas de colágeno, gelatinas, enzimas e os hidrolisados proteicos produzidos com partes ou carcaças de peixes. Para tanto, foram utilizadas plataformas científicas, tais como: ScienceDirect, Scielo, Elsevier, Google Scholar, Springer e PubMed; utilizando como descritores de busca os seguintes termos: “proteínas de peixes”, “colágeno de peixes”, “gelatina de peixe”, “enzimas de peixe”, “hidrolisado proteico de peixes”. As inúmeras possibilidades de aproveitamento das proteínas provenientes do processamento de peixes têm atraído cada vez mais os segmentos industriais voltados para alimentação e produção de compostos nutracêuticos. Com esta revisão, foi possível evidenciar as possibilidades de proteínas do filé, do colágeno extraído da pele, escamas, bexiga natatória e ossos, da gelatina produzida pela hidrólise parcial das moléculas dos subtipos de colágeno, pelas enzimas, especialmente as digestivas, pela produção de hidrolisados proteicos e, por fim, a sinalização do mercado tecnológico, ratificando cada vez mais o interesse crescente por produtos provenientes da Pesca e Aquicultura para fins biotecnológicos.

Palavras-Chave: proteínas, pescados, piscicultura, biotecnologia.

RESUMEN

El pescado se ha convertido cada vez más en un hábito en la alimentación humana, apuntando, sobre todo, al bienestar. Una rica fuente de compuestos biológicamente favorables, una dieta con pescado también tiene los costos y la palatabilidad del filete a su favor. El obstáculo resultante de este proceso es la generación de residuos sólidos concomitantes con el procesamiento del pescado, donde partes de bajo valor comercial o uso biotecnológico, como cabezas, huesos, canales, piel, escamas y vísceras internas, como estómago, intestinos, ciegos pilóricos, hígados, restos de músculos, vejiga natatoria, entre otros, fuentes probadas de proteínas de alto valor biológico. Así, este estudio tuvo como objetivo revisar las principales posibilidades proteicas del pescado, describiendo proteínas musculares, moléculas de colágeno, gelatinas, enzimas e hidrolizados de proteínas producidos con partes o canales de pescado.

¹ Doutoranda em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, jess.cost@hotmail.com

² Curso de Engenharia de Pesca, Universidade Federal Rural de Pernambuco, lucasmnunes15@gmail.com

³ Mestrado em Biociência Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, deaquinobeatriz@gmail.com

⁴ Doutora, Universidade Federal Rural de Pernambuco, analuporto@yahoo.com.br

⁵ Doutor, Universidade Federal Rural de Pernambuco, vagne_melo@hotmail.com

Para eso se utilizaron plataformas científicas como: ScienceDirect, Scielo, Elsevier, Google Scholar, Springer y PubMed; utilizando como descriptores de búsqueda los siguientes términos: “proteínas de pescado”, “colágeno de pescado”, “gelatina de pescado”, “enzimas de pescado”, “hidrolizado de proteína de pescado”. Las innumerables posibilidades de utilizar proteínas del procesamiento del pescado han atraído cada vez más a los segmentos industriales centrados en la alimentación y la producción de compuestos nutraceuticos. Con esta revisión se pudieron resaltar las posibilidades de las proteínas de filete, colágeno extraído de la piel, escamas, vejiga natatoria y huesos, gelatina producida por hidrólisis parcial de las moléculas de los subtipos de colágeno, por enzimas, especialmente digestivas, por la producción de hidrolizados de proteínas y, finalmente, la señalización del mercado tecnológico, ratificando cada vez más el creciente interés por los productos de la Pesca y la Acuicultura con fines biotecnológicos.

Palabras Clave: proteínas, pescado, piscicultura, biotecnología.

ABSTRACT

Fish has progressively become a habit in human food, aiming for well-being, above all. A rich source of biologically favorable compounds, a diet with fish also has the fillet costs and palatability in its favor. The obstacle resulting from this process is the generation of solid residues that are concomitants to the fish processing, where parts of low commercial value or biotechnological use, such as heads, bones, carcasses, skin, scales and internal viscera, such as stomach, intestines, pyloric caecuses, livers, muscle remnants, swimming bladder, among others proven sources of proteins of high biological value are discarded. Thus, this study aimed to review the main protein possibilities of fish, describing muscle proteins, collagen molecules, gelatins, enzymes and protein hydrolysates produced with parts or carcasses of fish. For that, scientific platforms were used, such as: ScienceDirect, Scielo, Elsevier, Google Scholar, Springer and PubMed; using as search descriptors the following terms: “fish proteins”, “fish collagen”, “fish gelatin”, “fish enzymes”, “fish protein hydrolysate”. The countless possibilities of using proteins from fish processing have increasingly attracted industrial segments focused on food and production of nutraceutical compounds. With this review, it was possible to highlight the possibilities of fillet proteins, collagen extracted from the skin, scales, swimming bladder and bones, gelatin produced by partial hydrolysis of collagen subtype molecules, by enzymes, especially digestive ones, by the production of protein hydrolysates and, finally, the signaling of the technological market, ratifying more and more the growing interest in products from Fisheries and Aquaculture for biotechnological purposes.

Keywords: proteins, fish, pisciculture, biotechnology.

INTRODUÇÃO

Seguindo a tendência global, o crescimento da população e o subsequente rápido aumento da urbanização e industrialização, a produção de produtos aquícolas tem visto um aumento massivo impulsionado, principalmente, pelo desenvolvimento de novas tecnologias aplicada a pesca e aquicultura. Consequentemente, também é verificado um aumento considerável na quantidade de parte sólidas descartadas desses processamentos, por vezes designado de “resíduos”. Estima-se que cerca de dois terços da quantidade total de peixes são descartados como resíduos, criando enormes preocupações econômicas e, especialmente, ambientais. Por esse motivo, o descarte e a reciclagem desses materiais tornou-se uma questão (global) fundamental a ser resolvida (COPPOLA *et al.*, 2021).

Uma grande quantidade de partes do pescado subutilizados é gerada durante o

beneficiamento desses produtos quase que anualmente. Assim, existe uma tentativa de sanar essas questões de desperdícios, o que tem impulsionado pesquisas indetificar a presença de compostos biológicos, incluindo peptídeos bioativos, colágeno e gelatina, oligossacarídeos, ácidos graxos, uma ampla gama de enzimas (proteases ácidas, alcalinas, metaproteases, entre outros), cálcio, minerais solúveis em água. Os peptídeos biologicamente ativos obtidos a partir da reutilização de subprodutos de peixes (ex., pele, escamas, ossos) têm mostrado várias atividades biológicas, incluindo atividades anti-hipertensivas e antioxidantes e, portanto, podem ser um material potencial para as indústrias biomédica e alimentícia. O colágeno e a gelatina são usados atualmente em diversos campos, incluindo as indústrias alimentícia, cosmética e biomédica (SENEVIRATHNE; KIM, 2012). Assim, este trabalho objetivou revisar sobre as principais possibilidades proteicas a partir do processamento de peixes, descrevendo as proteínas musculares, moléculas de colágeno, gelatinas, enzimas e os hidrolisados proteicos produzidos com partes ou carcaças de peixes.

REFERENCIAL TEÓRICO

A indústria de Pesca e Aquicultura tem contribuído cada vez mais com alimentos com boa qualidade nutricional voltado, sobretudo, para alimentação humana (LIMA; MUJICA; LIMA, 2012). Durante o processamento dos recursos pesqueiros, uma parte significativa da matéria-prima pesqueira acaba sendo negligenciada, entre partes orgânicas e inorgânicas depositados principalmente em cultivos e criações, ou até mesmo subutilizadas. Todavia, estas partes descartadas (também chamadas de “resíduos”) são fontes ricas em conteúdo proteico de alta qualidade, como de moléculas colagenosas (LIMA; MUJICA; LIMA, 2012; SUBHAN *et al.*, 2021).

A definição de "resíduos de peixes" inclui muitas espécies de peixes e/ou produtos de captura acessória sem e/ou com baixo valor comercial, espécies comerciais subdimensionadas ou danificadas, bem como espécies de valor comercial, mas não capturados em quantidades suficientes para justificar a comercialização. Os descartes das pescarias mundiais excedem, em média/ano, 20 milhões de toneladas equivalentes a 25% da produção total da pesca marinha e incluem espécies “não-alvo”, resíduos do processamento de peixes e subprodutos (CARUSO, 2016).

Das partes descartadas do processamento de peixes, Lima; Mujica; Lima (2012) identificaram rendimento de 84,46% (peixe eviscerado), 20,80% (cabeça), 30,17% (filé com pele e espinha), 25,24% (filé sem pele e espinha), 17,51% (costela), 3,57% (escamas), 15,54% (vísceras) e 10,86% (carcaça inteira) numa espécie de caranha (*Piaractus mesopotamicus*),

sinalizando a possibilidade de novos aproveitamentos devido ao volume descartado e não comercializável. Os resíduos do processamento de peixes ainda são fontes de outros compostos, como de enzimas com alta eficiência catalítica para uso industrial, proteínas de alta qualidade para uso alimentício e terapêutico, peptídeos bioativos para fins nutricionais e farmacêuticos, óleos, aminoácidos, colágeno, gelatina, cálcio, biopolímeros e minerais solúveis em água, entre outros (NAMJOU *et al.*, 2019).

METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido no formato de mini-revisão a partir de informações científicas baseadas num levantamento bibliográfico, fazendo uso de plataformas eletrônicas, tais como: ScienceDirect (<http://www.sciencedirect.com/>), Scielo (<http://www.scielo.com/>), Elsevier (<https://www.elsevier.com/pt-br>), Google Scholar (<https://scholar.google.com.br/>), Springer (<http://www.springer.com/>) e PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>); utilizando como descritores de busca os seguintes termos: “proteínas de peixes”, “colágeno de peixes”, “gelatina de peixe”, “enzimas de peixe”, “hidrolisado proteico de peixes”.

Para a formação de conceitos, termos e discussões, a busca científica foi realizada sem que houvesse qualquer restrição temporal, quanto ao tipo de pesquisa (artigo original, artigo de revisão, patentes, dissertação e/ou teses) e/ou análise qualitativa e/ou quantitativa, ficando seu uso a critério e interesse dos autores, não havendo nenhum tipo de restrição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aporte teórico foi realizado através de uma prospecção científica que facilitou o entendimento e a verificação da extensão das possibilidades de uso de proteínas obtidas do processamento de peixes nos mais variados segmentos da indústria e suas aplicações. As inúmeras possibilidades averiguadas confluíam, principalmente, para fins alimentícios e terapêuticos. O filé de peixes apresenta inúmeras proteínas nutricionalmente importantes para uma boa alimentação. Os resíduos obtidos após o processamento do filé, também apresentam potencialidades e/ou possibilidades de aplicações comerciais. Por resíduo ficam entendidas as partes comercialmente não valorizadas (seja pelo baixo valor econômico ou por não haver tecnologia disponível para sua utilização) e/ou aproveitáveis, tais como: carcaça, cabeça, pele, escamas, barbatanas e, especialmente, as vísceras internas, como estômago (quando presente), intestino, cecos pilóricos (quando presente), fígado e bexiga natatória, visualizados na Figura 01.

Figura 01: Resíduos de peixes com potencial biotecnológico

371

Fonte: Própria.

Por uma sequência de entendimento, descrevemos as informações catalogadas para as proteínas do filé (carne comercializada), colágeno, gelatina, enzimas e hidrolisado proteico, evidenciando, assim, através do número e áreas de produtos tecnológicos usando proteínas de peixes para fins alimentícios, bebidas, biomédicos, ração animal, produtos nutracêuticos e/ou farmacêuticos, salientando a relevância desta temática para o mercado comercial de proteínas e produtos derivados, especialmente daquelas provenientes de fontes aquáticas, seja pela sua abundância ou ausência de restrições sanitárias.

Proteínas do peixe

As proteínas são polímeros constituídos por uma ou mais cadeias de aminoácidos. A carne de peixe constitui uma fonte de proteínas de alto valor biológico, abundante e de boa qualidade, sendo uma das proteínas de origem animal mais consumido (SOARES; GONÇALVES, 2012). Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), as proteínas no tecido muscular dos peixes podem ser divididas em três categorias:

- 1) As *proteínas estruturais* (actina, miosina, tropormiosina e actomiosina), que constituem 70-80% do conteúdo proteico total (em comparação com 40% em mamíferos),

sendo solúveis em soluções de sal neutro de força iônica razoavelmente alta;

2) *Proteínas sarcoplasmáticas* (mioalbumina, globulina e enzimas) que são solúveis em soluções salinas neutras de baixa força iônica, constituindo entre 25-30% da proteína;

3) *Proteínas do tecido conjuntivo* (colágeno), representando quase 3% da proteína em teleósteos e cerca de 10% em elasmobrânquios (em comparação com 17% em mamíferos) (FAO, 1995).

O músculo esquelético é responsável por mais da metade do peso do peixe e sofre as alterações mais significativas devido à ação de sinais anabólicos e catabólicos. Atenção especial é dada à intensidade da degradação de proteínas durante o período de crescimento ativo, caracterizado por uma alta taxa de síntese e metabolismo de proteínas em peixes, bem como à degradação de proteínas durante o período reprodutivo caracterizado pela predominância de processos catabólicos em contraste com o período de crescimento. O músculo esquelético desempenha um papel único como fonte de substratos plásticos e energéticos em peixes (NEMOVA; LYSENKO; KANTSEROVA, 2016). Bao *et al.* (2020) investigaram os efeitos do armazenamento refrigerado em diferentes temperaturas (4, -0,5, -3 e -20 °C) na degradação de proteínas e sua relação com as mudanças estruturais do músculo da carpa preta e observaram que a -0,5°C e 4°C ocorreram mudanças estruturais importantes, incluindo a formação de lacunas entre as miofibras e as miofibrilas, quebra das miofibrilas e miofibras e degradação do retículo sarcoplasmático.

Mudanças nos perfis de proteínas musculares podem ocorrer antes e depois da colheita e constituem uma caracterização geral das propriedades musculares, incluindo a textura (ØRNHOLT-JOHANSSON *et al.*, 2017). Yang *et al.* (2019) avaliaram a relação entre a degradação de proteínas estruturais miofibrilares e a textura do filé de carpa capim super-resfriada (*Ctenopharyngodon idella*) e observaram que as proteínas estruturais miofibrilares pequenas (de baixo peso molecular) como desmina e troponina-T iniciaram a deterioração textural, levando ao enfraquecimento do disco Z e soltura da actina. Em contraste, proteínas estruturais miofibrilares gigantes (de alto peso molecular), como titina e nebulina, foram degradadas em mais quantidade no armazenamento posterior, contribuindo para a desmontagem do disco Z e da banda M e vagas regiões claras e escuras (bandas I e A). Anda segundo os autores, todas essas mudanças estiveram envolvidas no aumento dos segmentos de fibrilas musculares e na diminuição acentuada da força de cisalhamento.

Kantserova *et al.* (2017) reportaram sistemas de degradação de proteínas nos músculos esqueléticos de salmão do atlântico e truta. A maior parte das proteínas sarcoplasmáticas presentes participa do metabolismo celular mediando reações químicas, como a conversão de

energia anaeróbia de glicogênio em ATP. Se as organelas dentro das células musculares forem quebradas, essa fração de proteína também pode conter as enzimas metabólicas localizadas dentro do retículo endoplasmático, mitocôndrias e lisossomos (FAO, 1995). Lima; Mujica; Lima (2012) investigaram o teor proteico da caranha (*Piaractus mesopotamicus*), obtendo dados a partir do peixe eviscerado, cabeça, costela, vísceras, escamas, filé com e sem pele/espinha e carcaça inteira, tendo sido observado teores elevados de proteínas (17%).

Colágeno de peixes

O colágeno é a principal proteína estrutural fibrosa na matriz extracelular, tecido conjuntivo e bloco de construção de ossos, tendões, pele, cartilagem e articulações (SUBHAN *et al.*, 2021), sendo considerado um polímero versátil e está presente nos resíduos da pesca e da aquicultura (OLIVEIRA *et al.*, 2021).

O colágeno é formado por cadeias de polipeptídeos constituídas pela sequência repetida (Gly-XY)*n*, onde X e Y podem ser ocupados por qualquer aminoácido, embora essas posições sejam comumente ocupadas por prolina e hidroxiprolina (JAFARI *et al.*, 2020). As principais fontes de colágeno que atendem a indústria são provenientes de mamíferos (Figura 02), especialmente, bovinos e suínos. Todavia, questões sanitárias e culturais, principalmente, têm incentivado a busca por fontes alternativas, como os extraídos de organismos aquáticos ou dos resíduos provenientes de seu beneficiamento, como cabeças, peles, escamas (quando presentes), bexiga natatória e ossos/carcaça (OLIVEIRA *et al.*, 2021).

Existem pelo menos 29 subtipos de moléculas da família do colágeno, sendo o colágeno tipo I o mais abundante, encontrado na pele, escamas e ossos de peixes, e mais utilizado na indústria, muito devido suas propriedades físico-químicas, espectroscópicas e densitométricas (OLIVEIRA *et al.*, 2021). As propriedades de cada molécula de colágeno sinalizam viabilidade e tipo de aplicação industrial (SIONKOWSKA *et al.*, 2020).

O método de extração também pode alterar a estrutura dessa molécula. E levando em consideração que o tipo de estrutura definirá a função, o método de extração deve ser escolhido com critério (extração ácida, enzimática, ambas, com técnicas auxiliares, como sonicação, entre outros, por exemplo) (OLIVEIRA *et al.*, 2021).

Figura 02: Principais fontes de colágeno na natureza

Fonte: Oliveira *et al.* (2021). (Adaptada e autorizada para reprodução).

Numerosos estudos investigaram as bioatividades e os efeitos biológicos do colágeno, gelatina e seus peptídeos de hidrólise, usando modelos de ensaio *in vitro* e *in vivo* (LIU *et al.*, 2015). O colágeno derivado de organismos marinhos tem a capacidade de eliminar os radicais livres e, portanto, pode ser utilizado para produtos de embelezamento e cuidados com a pele. O colágeno marinho tem sido amplamente utilizado como um andaime para engenharia de tecidos devido às suas propriedades físico-químicas e potencial de crescimento celular (VENKATESAN *et al.*, 2017; SUBHAN *et al.*, 2021).

Ainda, as principais características dos colágenos extraídos de organismos aquáticos, sobretudo de ambientes marinhos, são: alta disponibilidade de subprodutos da aquicultura; maior distância ontogenética dos peixes em relação aos humanos (baixo risco de transmissão de doenças quando comparado ao colágeno dos mamíferos); ausência de barreiras culturais e religiosas; facilidade dos processos de extração; alta versatilidade; biorreabsorvibilidade; toxicidade ausente (peixes); resposta inflamatória mínima; baixo ponto de fusão; baixa viscosidade; alto conteúdo de glicina e de alanina; boas propriedades hemostáticas; e, metabolicamente compatíveis (OLIVEIRA *et al.*, 2021).

Gelatina de peixes

A gelatina é um biopolímero que possui em sua composição proteínas (ocupando 85-92%), sal mineral e água (LV *et al.*, 2019; RANASINGHE *et al.*, 2020). A composição da gelatina extraída de organismos aquáticos é variável e dependerá da fonte de obtenção e do método de produção empregado, já tendo sido produzida com sucesso a partir do reaproveitamento de uma variedade de subprodutos do pescado. Várias são as características que tornam as gelatinas extraídas de peixes atrativas para uso na indústria, muitas das quais estão relacionadas à sua matéria-prima, as proteínas colagenosas (BILUCA; MARQUETTI; ALFARO, 2011; NAGARAJAN *et al.*, 2012; SHYNI *et al.*, 2014; ALFARO *et al.*, 2015), como, por exemplo, a gelatina de peixes de água fria tem baixo teor de prolina (Pro) e hidroxiprolina (Hyp) em comparação com a gelatina derivada de mamíferos (KWAK *et al.*, 2017).

Como ingrediente cru, é translúcido, incolor e insípido derivado da hidrólise parcial do colágeno, o qual é recolhido a partir dos ossos, peles e couros de animais mamíferos tais como suínos e bovinos através de tratamentos ácidos e/ou alcalinos. A gelatina é uma fonte rica em (aproximadamente 30%) proteína animal e é amplamente utilizado como um agente de revestimento, ligação, gelificação e glaceamento em produtos alimentícios, farmacêuticos e cosméticos, incluindo confeitos, cremes, loções, máscaras faciais, cápsulas e suplementos

dietéticos devido à sua estabilidade estrutural única e excelente funcional, nutricional e outras propriedades físico-químicas (SULTANA; ALI; AHAMAD, 2018).

Gelatina de peixe apresenta características semelhantes à gelatina suína e pode, assim, ser considerada uma alternativa à gelatina de mamíferos para uso em produtos alimentícios. A produção e utilização de gelatina de peixe não só satisfaz as necessidades dos consumidores, mas também serve como meio de utilizar alguns dos subprodutos da indústria pesqueira (KARIM; BHAT, 2009). Wu; Tsai; Sung (2019) utilizaram o pó de gelatina de pele de tilápia disponível comercialmente como matéria-prima para investigar as propriedades funcionais do pó de gelatina de pele de peixe tratado com irradiação UV e reportaram que o tratamento aumentou a força do gel e a estabilidade térmica, além de degradar as macromoléculas.

Kwak et al. (2017) fabricaram uma teia de nanofibras de gelatina de peixe ultrafina a partir de uma solução aquosa por eletrospinação para que fosse utilizada como uma fonte alternativa eficaz de gelatina para mamíferos; enquanto que Kang *et al.* (2019) descreveram a formação de nanogéis (NGs) utilizando gelatina de peixe metacrilóila (GelMA) e sua possibilidade de aplicação no sistema de liberação de fármacos. Segundo os autores, a fabricação dos GelMA NGs de peixes é realizada por reticulação através da fotopolimerização do substituinte metacrilóilo presente nas gotículas da nanoemulsão, seguida de purificação e redispersão. Zhang *et al.* (2019) desenvolveram um método para recuperação de proteínas de escamas de peixes e avaliaram a hidrólise da proteína da escamas. Segundo os autores, os resultados mostraram que o tratamento hidrotérmico pode aumentar a recuperação de proteína de escamas de tilápia sem desmineralização e melhorar dramaticamente o grau de hidrólise dos hidrolisados. Zheng *et al.* (2018) reportaram a indução da síntese de glutathione para prevenir o estresse oxidativo intestinal induzido por peróxido de hidrogênio via cascata Pept1-p62-Nrf2 através da produção de gelatina de pele de peixe.

Enzimas de peixes

As enzimas atuam como catalisadores biológicos no metabolismo (TRINCONE, 2011), assumindo papel fundamental nos processos de digestão de macromoléculas e na regulação de várias reações químicas, além de outros desempenhos dentro do organismo. As espécies de peixes são fontes ricas em conteúdo enzimático, sobretudo de proteases (enzimas que atuam clivando proteínas provenientes da dieta), ácidas (pepsina, por exemplo) e alcalinas (tripsina, quimotripsina, fibrinolítica, collagenase, por exemplo). Devido suas propriedades físico-químicas, as enzimas de peixes acabam ocupando uma parcela significativa no mercado global de enzimas, sendo matéria-prima para várias aplicações biotecnológicas: têxtil, produção de

couro, detergente, biomédica, terapêutica, entre outros (OLIVEIRA *et al.*, 2017), como descrito na tabela 01.

A biotecnologia enzimática marinha pode oferecer novos biocatalisadores com propriedades como alta tolerância ao sal, hiperterestabilidade, adaptabilidade ao frio e facilidade na produção em grande escala (DEBASHISH *et al.*, 2005).

Tabela 01: Aplicações biotecnológicas das principais enzimas de peixes utilizadas na indústria

Nome científico	Nome vulgar	Enzima	Aplicação	Autor
<i>Coryphaena hippurus</i>	Dourado	Tripsina	Produção de detergente	Santos <i>et al.</i> (2020)
<i>Thunnus alalunga</i>	Albacora	Tripsina	Produção de detergente	Poonsin <i>et al.</i> (2019)
<i>Thunnus alalunga</i>	Albacora	Tripsina	Extração de carotenoproteínas de cascas de camarão branco do Pacífico	Poonsin <i>et al.</i> (2019)
<i>Cynoscion leiarchus</i>	Pescada branca	Colagenase	Produção de peptídeos de colágeno	Oliveira <i>et al.</i> (2017b)
<i>Colossoma macropomum</i>	Tambaqui	Fibrinolítica	Trombolítica	Oliveira <i>et al.</i> (2019)

Fonte: Adaptado das prospecções realizadas.

Hidrolisado proteico de peixe

Os hidrolisados proteicos de peixes, mesmo quando produzidos com subprodutos de baixo valor comercial, são produtos com elevado valor nutricional (GEVAERT *et al.*, 2016; MANGANO *et al.*, 2021), que contém quase que predominantemente di- e tripeptídeos ou seja, são produtos da decomposição de proteínas de peixe em peptídeos menores, que normalmente contêm de 2 a 20 aminoácidos (CHALAMAIAH *et al.*, 2012), obtidos por via química ou enzimática (MARTINS; COSTA; PRENTICE-HERNÁNDEZ, 2009), sendo mais facilmente absorvidos do que os aminoácidos livres e as proteínas intactas, podendo também ser produzido a partir de produtos devariados, como colágeno extraído das próprias espécies de peixes (HONG *et al.*, 2019). Também, pelo menos em modelos animais, o hidrolisados proteicos de peixes demonstram possuir inúmeras propriedades benéficas para a saúde (VILLAMIL; VÁQUIRO; SOLANILLA, 2017; LEES; CARSON, 2020).

Os hidrolisados proteicos de peixes melhoram as propriedades funcionais e permitem a liberação de peptídeos com diferentes tamanhos e biofuncionalidades, tais como: agir como antioxidantes, antimicrobianos, anti-inflamatórios, anti-hiperglicêmicos e/ou até mesmo como anti-hipertensivo (ZAMORA-SILLERO; GHARSALLAOUI; PRENTICE, 2018; SHARKEY

et al., 2020). Vázquez *et al.* (2017) produziram hidrolisados proteicos com descartes de *Scyliorhinus canicula* com atividades anti-hipertensivas e antioxidantes, usando como método a hidrólise enzimática. O potencial das proteínas hidrolisadas de peixes em apresentar compostos com funções biológicas foi descrito por Ug *et al.* (2019) ao evidenciarem a capacidade anti-hipertensiva, como também por Rivero-Pino; Espejo-Carpio; Guadix (2020) que constatarem o perfil anti-hipertensivo e antioxidante de hidrolisados de sardinha, sinalizando as inúmeras possibilidades dessa matéria-prima.

Até a presente data, existem poucos alimentos direcionados à alimentação humana usando hidrolisado proteico de peixe, com exceção dos condimentos e molhos do Leste Asiático (KRISTINSSON; RASCO, 2000). He; Franco; Zhang (2015) usaram hidrolisado proteico de peixe para produção de empanado e bolo de peixe fritos. Contudo, a maior parte dos trabalhos com hidrolisados proteicos de peixes descreve os efeitos dos hidrolisado na nutrição animal, como os realizados por Rimoldi *et al.* (2020) em que os autores estudaram os efeitos da proteína hidrolisada de peixe e da levedura autolisada como substitutos da farinha de peixe na dieta de dourada (*Sparus aurata*), na microbiota intestinal de peixes.

Pezeshk *et al.* (2019) utilizaram o fracionamento hidrolisados proteicos de resíduos de atum albacora (*Thunnus albacores*) usando ultrafiltração de membrana (tamanho molecular: <3, 3-10, 10-30 e 30 kDa <) e puderam constatar as propriedades antibacterianas e antioxidantes a partir da fração de menor peso molecular (<3 kDa) teve significativamente a maior ($P < 0,05$) porcentagem de inibição de bactérias contra Gram-positivos (*Listeria* e *Staphylococcus*) e Gram-negativos (*E. coli* e *Pseudomonas*) microrganismos patogênicos e associados à deterioração de peixes e atividade de eliminação contra o radical DPPH e ABTS e o poder antioxidante redutor férrico entre os hidrolisados enzimáticos fracionados. Ghalamara *et al.* (2020) reportaram o potencial dos biopeptídeos de subprodutos de peixes, reforçando a importância de estudos adicionais para explorar, sobremaneira, o potencial dos peptídeos provenientes de proteínas de peixes como agentes antimicrobianos em potencial.

CONCLUSÕES

As inúmeras possibilidades de aproveitamento das proteínas provenientes do processamento de peixes têm atraído cada vez mais os segmentos industriais voltados para alimentação e produção de compostos nutracêuticos. Com esta revisão, foi possível evidenciar as possibilidades de proteínas do filé, do colágeno extraído da pele, escamas, bexiga natatória e ossos, da gelatina produzida pela hidrólise parcial das moléculas dos subtipos de colágeno, pelas enzimas, especialmente as digestivas, pela produção de hidrolisados proteicos e, por fim,

a sinalização do mercado tecnológico, ratificando cada vez mais o interesse crescente por produtos provenientes da Pesca e Aquicultura para fins biotecnológicos.

REFERÊNCIAS

ALFARO, A.T.; BALBINOT, E.; WEBER, C.I. *et al.* Fish Gelatin: Characteristics, Functional Properties, Applications and Future Potentials. **Food Engineering Reviews**, v.7, p.33–44, 2015. <https://doi.org/10.1007/s12393-014-9096-5>

BAO, Y.; WANG, K.; YANG, H.; REGENSTEIN, J.M.; ERTBJERG, P.; ZHOU, P. Protein degradation of black carp (*Mylopharyngodon piceus*) muscle during cold storage. **Food chemistry**, v.308, 125576, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125576>

BILUCA, F.C.; MARQUETTI, C.; ALFARO, A.T. Produção de gelatina de pele e ossos de bagre (*Clarias gariepinus*). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.5, n.1, p.418–426, 2011. 10.3895/S1981-36862011000100005S1

BOUGATEF, A. Trypsins from fish processing waste: characteristics and biotechnological applications – comprehensive review. **Journal of Cleaner Production**, v.57, p.257–265, 2013. doi:10.1016/j.jclepro.2013.06.005

CARUSO, G. Fishery Wastes and By-products: A Resource to Be Valorised. **Journal of FisheriesSciences.com**, v.10, n.1, p.012–015, 2016.

CHALAMAIAH, M.; DINESH KUMAR, B.; HEMALATHA, R.; JYOTHIRMAYI, T. Fish protein hydrolysates: proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: a review. **Food chemistry**, v.135, n.4, p.3020–3038, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.100>

COPPOLA, D.; LAURITANO, C.; PALMA ESPOSITO, F.; RICCIO, G.; RIZZO, C.; PASCALE, D. Fish Waste: From Problem to Valuable Resource. **Marine drugs**, v.19, n.2, Artigo 116, 2021.

DEBASHISH, G.;MALAY, S.; BARINDRA, S.; JOYDEEP, M. Marine enzymes. **Advances in biochemical engineering/biotechnology**, v.96, p.189–218, 2005. <https://doi.org/10.1007/b135785>

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Quality and quality changes in fresh fish**. Rome, 1995. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/v7180e/V7180E05.htm#4.3%20Proteins>>. Acesso: 28/04/2021.

GEVAERT, B.; VERYSER, L.; VERBEKE, F.; WYNENDAELE, E.; DE SPIEGELEER, B. Fish Hydrolysates: A Regulatory Perspective of Bioactive Peptides. **Protein and peptide letters**, v.23, n.12, p.1052–1060, 2016. <https://doi.org/10.2174/0929866523666161102122637>

GHALAMARA, S.; SILVA, S.; BRAZINHA, C.; PINTADO, M. Valorization of Fish by-products: Purification of Bioactive Peptides from Codfish Blood and Sardine Cooking Wastewaters by Membrane Processing. **Membranes**, v.10, n.3, Artigo 44, 2020.

<https://doi.org/10.3390/membranes10030044>

HE, S.; FRANCO, C.; ZHANG, W. Fish protein hydrolysates: application in deep-fried food and food safety analysis. **Journal of food science**, v.80, n.1, p.E108–E115, 2015. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12684>

380

HONG, H.; FAN, H.; CHALAMAIAH, M.; WU, J. Preparation of low-molecular-weight, collagen hydrolysates (peptides): Current progress, challenges, and future perspectives. **Food chemistry**, v.301, Artigo 125222, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125222>

JAFARI, H.; LISTA, A.; SIEKAPEN, M.M.; GHAFARI-BOHLOULI, P.; NIE, L.; ALIMORADI, H.; SHAVANDI, A. Fish Collagen: Extraction, Characterization, and Applications for Biomaterials Engineering. **Polymers**, v.12, n.10, Artigo 2230, 2020. <https://doi.org/10.3390/polym12102230>

KANG, M.G.; LEE, M.Y.; CHA, J.M.; LEE, J.K.; LEE, S.C.; KIM, J.; HWANG, Y.S.; BAE, H. Nanogels Derived from Fish Gelatin: Application to Drug Delivery System. **Marine drugs**, v.17, n.4, 246, 2019. <https://doi.org/10.3390/md17040246>

KANTSEROVA, N.P.; LYSENKO, L.A.; VESELOV, A.E.; NEMOVA, N.N. Protein degradation systems in the skeletal muscles of parr and smolt Atlantic salmon *Salmo salar* L. and brown trout *Salmo trutta* L. *Fish physiology and biochemistry*, v.43, n.4, p.1187–1194, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10695-017-0364-1>

KARIM, A.A.; BHAT, R. Fish gelatin: properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. **Food Hydrocolloids**, v.23, n.3, p.563–576, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.07.002>

KRISTINSSON, H.G.; RASCO, B.A. Fish protein hydrolysates: production, biochemical, and functional properties. **Critical reviews in food science and nutrition**, v.40, n.1, p.43–81, 2000. <https://doi.org/10.1080/10408690091189266>

KWAK, H.W.; SHIN, M.; LEE, J.Y.; YUN, H.; SONG, D.W.; YANG, Y.; SHIN, B.S.; PARK, Y.H.; LEE, K.H. Fabrication of an ultrafine fish gelatin nanofibrous web from an aqueous solution by electrospinning. **International journal of biological macromolecules**, v.102, p.1092–1103, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.04.087>

LEES, M.J.; CARSON, B.P. The Potential Role of Fish-Derived Protein Hydrolysates on Metabolic Health, Skeletal Muscle Mass and Function in Ageing. **Nutrients**, v.12, n.8, Artigo 2434, 2020. <https://doi.org/10.3390/nu12082434>

LIMA, M.M.; MUJICA, P.I.C.; LIMA, A.M. Caracterização química e avaliação do rendimento em filés de caranha (*Piaractus mesopotamicus*). **Brazilian Journal of Food Technology**, v.15, p.41-46, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1981-67232012005000031>>. Acesso: 29/04/2021.

LIU, D.; NIKOO, M.; BORAN, G.; ZHOU, P.; REGENSTEIN, J.M. Collagen and gelatin. **Annual review of food science and technology**, v.6, p.527–557, 2015. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-031414-111800>

LV, L.-C.; HUANG, Q.-Y.; DING, W.; XIAO, X.-H.; ZHANG, H.-Y.; XIONG, X.X. Fish gelatin: The novel potential applications. **Journal of Functional Foods**, v.63, Artigo 103581, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103581>

MANGANO, V.; GERVASI, T.; ROTONDO, A.; DE PASQUALE, P.; DUGO, G.; MACRÌ, F.; SALVO, A. Protein hydrolysates from anchovy waste: purification and chemical characterization. **Natural product research**, v.35, n.3, p.399–406, 2021. <https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1634711>

MARTINS, V.G.; COSTA, J.A.V; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C. Hidrolisado protéico de pescado obtido por vias química e enzimática a partir de corvina (*Micropogonias furnieri*). **Química Nova**, v.32, n.1, p.61-66, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000100012>

NAGARAJAN, M. *et al.* Characteristics and functional properties of gelatin from splendid squid (*Loligo formosana*) skin as affected by extraction temperatures. **Food Hydrocolloids**, v.29, n.2, p.389–397, 2012. [10.1016/j.foodhyd.2012.04.001](https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.04.001)

NAMJOU, F.; YEGANEH, S.; MADANI, R.; OURAJI, H. Extraction, Purification, and Characterization of Trypsin Obtained from the Digestive System of Yellowfin Seabream (*Acanthopagrus latus*). **Archives of Razi Institute**, v.74, n.4, p.405–411, 2019. <https://doi.org/10.22092/ari.2018.122854.1229>

NEMOVA, N.N.; LYSENKO, L.A.; KANTSEROVA, N.P. Degradation of skeletal muscle protein during growth and development of salmonid fish. **Ontogenez**, v.47, n.4, p.197-208, 2016.

OLIVEIRA, V.M.; CARNEIRO CUNHA, M.N.; ASSIS, C.R.D.; NASCIMENTO, T.P.; HERCULANO, P.N.; CAVALCANTI, M.T.H.; PORTO, A.L. Colagenases de pescado e suas aplicações industriais. **Pubvet**, v.11, n.3, p.243-255, 2017a.

OLIVEIRA, V.M.; ASSIS, C.R.D.; HERCULANO, P.N.; CAVALCANTI, M.T.H.; BEZERRA, R.S.; PORTO, A.L.F. Collagenase from smooth weakfish: extraction, partial purification, characterization and collagen specificity test for industrial application. **Boletim do Instituto de Pesca (Online)**, v.43, p. 52-64, 2017b. [10.20950/1678-2305.2017v43n1p52](https://doi.org/10.20950/1678-2305.2017v43n1p52)

OLIVEIRA, V.M.; ASSIS, C.R.D.; SILVA, J.C.; SILVA, Q.J.; BEZERRA, R.S.; PORTO, A.L.F. Recovery of fibrinolytic and collagenolytic enzymes from fish and shrimp byproducts: potential source for biomedical applications. **Boletim do Instituto de Pesca (Online)**, v. 45, p.1-10, 2019. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2019.45.1.389>

OLIVEIRA, V.M.; ASSIS, C.R.D.; COSTA, B.A.M.; NERI, R.C.A.; DUARTE DO MONTE, F.T.; FREITAS, H.M.S.C.V.; FRANÇA, R.C.P.; SANTOS, J.F.; BEZERRA, R.S.; PORTO, A.L.F. Physical, biochemical, densitometric and spectroscopic techniques for characterization collagen from alternative sources: a review based on the sustainable valorization of aquatic by-products. **Journal of Molecular Structure**, v.1224, p.1-28, Artigo 129023, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2020.129023>

ØRNHOLT-JOHANSSON, G.; FROSCH, S.; GUDJÓNSDÓTTIR, M.; WULFF, T.; JESSEN, F. Muscle Protein Profiles Used for Prediction of Texture of Farmed Salmon (*Salmo salar* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.65, n.16, p.3413-3421. doi:

10.1021/acs.jafc.6b05588.

382

PEZESHK, S.; OJAGH, S.M.; REZAEI, M.; SHABANPOUR, B. Fractionation of Protein Hydrolysates of Fish Waste Using Membrane Ultrafiltration: Investigation of Antibacterial and Antioxidant Activities. **Probiotics and antimicrobial proteins**, v.11, n.3, p.1015–1022, 2019. <https://doi.org/10.1007/s12602-018-9483-y>

POONSIN, T.; SIMPSON, B.K.; BENJAKUL, S.; VISESSANGUAN, W.; YOSHIDA, A.; KLOMKLAO, S. Albacore tuna spleen trypsin: Potential application as laundry detergent additive and in carotenoprotein extraction from Pacific white shrimp shells. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v.17, p.638–646, 2019. 10.1016/j.bcab.2019.01.013

RANASINGHE, R.A.S.N. *et al.* Functional and Bioactive Properties of Gelatin Extracted from Aquatic Bioresources – A Review. **Food Reviews International**, p.1–44, 2020. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1747486>

RIMOLDI, S.; GINI, E.; KOCH, J.; IANNINI, F.; BRAMBILLA, F.; TEROVA, G. Effects of hydrolyzed fish protein and autolyzed yeast as substitutes of fishmeal in the gilthead sea bream (*Sparus aurata*) diet, on fish intestinal microbiome. **BMC veterinary research**, v.16, n.1, Artigo 118, 2020. <https://doi.org/10.1186/s12917-020-02335-1>

RIVERO-PINO, F.; ESPEJO-CARPIO, F.J.; GUADIX, E.M. Evaluation of the bioactive potential of foods fortified with fish protein hydrolysates. **Food research international (Ottawa, Ont.)**, v.137, Artigo 109572, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109572>

SANTOS, D.M.R.C.; SANTOS, C.W.V.; SOUZA, C.B.; ALBUQUERQUE, F.S.; OLIVEIRA, J.M.S.; PEREIRA, H.J.V. Trypsin purified from *Coryphaena hippurus* (common dolphinfish): Purification, characterization, and application in commercial detergents. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v.25, Artigo 101584, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101584>

SENEVIRATHNE, M.; KIM, S.K. Utilization of seafood processing by-products: medicinal applications. **Advances in food and nutrition research**, v.65, p.495–512, 2012. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416003-3.00032-9>

SOARES, K.M.P.; GONÇALVES, A.A. Qualidade e segurança do pescado. **Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)**, v.71, n.1, p.1–10, 2012. Disponível em <http://periodicos.ses.sp.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0073-98552012000100001&lng=en&nrm=iso>. Acesso: 28/04/2021.

SUBHAN, F.; HUSSAIN, Z.; TAUSEEF, I.; SHEHZAD, A.; WAHID, F. A review on recent advances and applications of fish collagen. **Critical reviews in food science and nutrition**, v.61, n.6, p.1027–1037, 2021. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1751585>

SULTANA, S.; ALI, E.; AHAMAD, M.N.S. **Gelatine, collagen, and single cell proteins as a natural and newly emerging food ingredients**. In: ALI, E.; NIZAR, N.N.A. Preparation and Processing of Religious and Cultural Foods, p.215–239, 2018. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101892-7.00011-0>

SHARKEY, S.J.; HARNEDY-ROTHWELL, P.A.; ALLSOPP, P.J.; HOLLYWOOD, L.E.;

FITZGERALD, R.J.; O'HARTE, F. A Narrative Review of the Anti-Hyperglycemic and Satiating Effects of Fish Protein Hydrolysates and Their Bioactive Peptides. **Molecular nutrition & food research**, v.64, n.21, Artigo e2000403, 2020. <https://doi.org/10.1002/mnfr.202000403>

SHYNI, K. *et al.* Isolation and characterization of gelatin from the skins of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*), dog shark (*Scoliodon sorrakowah*), and rohu (*Labeo rohita*). **Food Hydrocolloids**, v.39, p.68–76, 2014. 10.1016/j.foodhyd.2013.12.008

SILVA, J.C.; LINO, L.H.S.; CUNHA, M.N.C.; SILVA, J.M.; OLIVEIRA, V.M.; PORTO, A.L.F. Extraction of collagenolytic enzyme from fish viscera by phase partitioning (PEG/citrate) and its potential for industrial application. **Boletim do Instituto de Pesca (Online)**, v.46, p.1-8, 2021. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2020.46.4.593>

SIONKOWSKA, A.; ADAMIAK, K.; MUSIAŁ, K.; GADOMSKA, M. Collagen Based Materials in Cosmetic Applications: A Review. **Materials (Basel, Switzerland)**, v.13, n.19, Artigo 4217, 2020. <https://doi.org/10.3390/ma13194217>

TRINCONI, A. Marine biocatalysts: enzymatic features and applications. **Marine drugs**, v.9, n.4, p.478–499, 2011. <https://doi.org/10.3390/md9040478>

UG, Y.; BHAT, I.; KARUNASAGAR, I.; BS, M. Antihypertensive activity of fish protein hydrolysates and its peptides. **Critical reviews in food science and nutrition**, v.59, n.15, p.2363–2374, 2019. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1452182>

VÁZQUEZ, J.A.; BLANCO, M.; MASSA, A.E.; AMADO, I.R.; PÉREZ-MARTÍN, R.I. Production of Fish Protein Hydrolysates from *Scyliorhinus canicula* Discards with Antihypertensive and Antioxidant Activities by Enzymatic Hydrolysis and Mathematical Optimization Using Response Surface Methodology. **Marine drugs**, v.15, n.10, Artigo 306, 2017. <https://doi.org/10.3390/md15100306>

VENKATESAN, J.; ANIL, S.; KIM, S.K.; SHIM, M.S. Marine fish proteins and peptides for cosmeceuticals: a review. **Marine drugs**, v.15, n.5, Artigo 143, 2017. <https://doi.org/10.3390/md15050143>

VILLAMIL, O.; VÁQUIRO, H.; SOLANILLA, J.F. Fish viscera protein hydrolysates: Production, potential applications and functional and bioactive properties. **Food chemistry**, v.224, p.160–171, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.057>

WU, C.K.; TSAI, J.S.; SUNG, W.C. Functional Characteristics of Ultraviolet-Irradiated Tilapia Fish Skin Gelatin. **Molecules (Basel, Switzerland)**, v.24, n.2, 254, 2019. <https://doi.org/10.3390/molecules24020254>

ZAMORA-SILLERO, J.; GHARSALLAOUI, A.; PRENTICE, C. Peptides from Fish By-product Protein Hydrolysates and Its Functional Properties: an Overview. **Marine biotechnology (New York, N.Y.)**, v.20, n.2, p.118–130, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10126-018-9799-3>

ZHANG, Y.; TU, D.; SHEN, Q.; DAI, Z. Fish Scale Valorization by Hydrothermal Pretreatment Followed by Enzymatic Hydrolysis for Gelatin Hydrolysate Production.

ZHENG, L.; WEI, H.; YU, H.; XING, Q.; ZOU, Y.; ZHOU, Y.; PENG, J. Fish Skin Gelatin Hydrolysate Production by Ginger Powder Induces Glutathione Synthesis To Prevent Hydrogen Peroxide Induced Intestinal Oxidative Stress via the Pept1-p62-Nrf2 Cascade. **Journal of agricultural and food chemistry**, v.66, n.44, p.11601–11611, 2018. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b02840>

YANG, F.; JIA, S.; LIU, J.; GAO, P.; YU, D.; JIANG, Q.; XU, Y.; YU, P.; XIA, W.; ZHAN, X. The relationship between degradation of myofibrillar structural proteins and texture of superchilled grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fillet. **Food chemistry**, v.301, 125278, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125278>

CAPÍTULO 26: DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA PARA A PREDIÇÃO DA PRESSÃO DE VAPOR DE ESPÉCIES QUÍMICAS UTILIZADAS NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

CAPÍTULO 26: DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA PARA LA PREDICCIÓN DE LA PRESIÓN DE VAPOR DE ESPECIES QUÍMICAS UTILIZADAS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

CHAPTER 26: DEVELOPMENT OF A TOOL FOR THE PREDICTION OF STEAM PRESSURE OF CHEMICAL SPECIES USED IN THE FOOD INDUSTRY

Elyson José Neves dos Santos¹; João Pedro Ferreira²; Thayná Habeck Lucio Silva³; Caio Veloso Sátiro⁴; Thibério Pinho Costa Souza⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-17-1.385-402>

RESUMO

As equações de estado desempenham um papel importante na engenharia, principalmente na química e de alimentos e assumiram um papel crescente no estudo do equilíbrio de fases de fluidos e misturas de fluidos. Originalmente, as equações de estado eram usadas principalmente para componentes puros. Quando aplicado pela primeira vez a misturas, eles foram usados apenas para misturas de compostos apolares e compostos ligeiramente polares. Os problemas industriais envolvem, na sua grande maioria, o contato entre duas ou mais fases em equilíbrio. Consequentemente, o desenvolvimento de tais processos, exige modelos termodinâmicos confiáveis e precisos para representar o equilíbrio entre as fases. Objetivo deste trabalho foi utilizar o EXCEL para implementar um programa para calcular a pressão de vapor de substâncias utilizadas na indústria de alimentos, a partir de uma equação de estado (EdE), utilizando o conceito de isofugacidade no equilíbrio de fases. Foi selecionada a EdE de Peng-Robinson por ser bem recomendada por autores da área e posteriormente foi comparada com a equação de Antoine para validação dos resultados obtidos da pressão de vapor, do ácido benzoico, etanol e ácido acético. Com o estudo pode-se destacar o uso do Excel para desenvolver um programa como uma alternativa rápida e eficaz para a resolução de equações cúbicas e eficiente para o cálculo da pressão de vapor de espécies químicas, pois calcula e modelar o comportamento de espécies químicas com boa precisão.

Palavras-Chave: Equações de Estado, Peng-Robinson, Excel.

RESUMEN

Las ecuaciones de estado juegan un papel importante en la ingeniería, particularmente en química y alimentos, y han adquirido un papel cada vez más importante en el estudio del equilibrio de fase fluida y mezclas de fluidos. Originalmente, las ecuaciones de estado se usaban principalmente para componentes puros. Cuando se aplicaron por primera vez a mezclas, se usaron solo para mezclas de compuestos no polares y ligeramente polares. La mayoría de los problemas industriales involucran el contacto entre dos o más fases en equilibrio. En consecuencia, el desarrollo de tales procesos requiere modelos termodinámicos confiables y precisos para representar el equilibrio entre las fases. El objetivo de este trabajo fue utilizar EXCEL para implementar un programa de cálculo de la presión de vapor de sustancias utilizadas en la industria alimentaria, basado en una ecuación de estado (EdE), utilizando el concepto de isofuga en el equilibrio de fases. Se seleccionó el EE de Peng-Robinson porque está bien recomendado por los autores en el campo y posteriormente se comparó con la ecuación de Antoine para

¹ Engenheiro de Alimentos, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, elyson_neves@hotmail.com

² Mestre em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, joaoferreira@alimentos.eng.br

³ Mestra em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, thaynahabeck@gmail.com

⁴ Doutor, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, caiosatiro@yahoo.com.br

⁵ Doutor, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, thiberio_souza@hotmail.com

validar los resultados obtenidos a partir de la presión de vapor, ácido benzoico, etanol y ácido acético. Con el estudio, se puede destacar el uso de Excel para desarrollar un programa como alternativa rápida y efectiva para la resolución de ecuaciones cúbicas y eficiente para el cálculo de la presión de vapor de especies químicas, ya que calcula y modela el comportamiento de especies químicas. con buena precisión..

Palabras Clave: Debe contener un mínimo de 3 y un máximo de 5 palabras clave, separadas por comas. Estas son palabras características del tema que sirven para indexar el artículo.

ABSTRACT

State equations play an important role in chemical and food engineering and a growing role in the balance of fluid phases and fluid mixtures. Originally, the state equations had underlying pure components. Because they were first mixed together, they were only used for mixtures of compounds and polar glassware. Industrial problems most often involve contact between the two phases or more in equilibrium. Consequently, the process of such processes is ideal for thermodynamic models and accurate to represent the balance between phases. The objective of this work was to implement a program to calculate the water vapor pressure in an electric power machine, using state-of-the-art technology. Peng-Robinson's EoS was selected because it was welcomed by area authors and compared with Antoine's equation to obtain optimum results of vapor pressure, benzoic acid, ethanol and acetic acid. With the study one can distinguish the use of Excel to develop a program as a quick and effective alternative to a resolution of cubic equations and efficient for calculation of vapor pressure, good accuracy.

Keywords: Equation of Station, Peng-Robinson, Excel.

INTRODUÇÃO

As equações de estado desempenham um papel importante na engenharia química e de alimentos e assumiram um papel crescente no estudo do equilíbrio de fases de fluidos e misturas de fluidos. Originalmente, as equações de estado eram usadas principalmente para componentes puros. Quando aplicado pela primeira vez a misturas, eles foram usados apenas para misturas de compostos apolares, (SOAVE, 1972; PENG e ROBINSON, 1976) e compostos ligeiramente polares (HURON et al., 1978; ASSELINEAU et al., 1978; GRABOSKI e DAUBERT, 1978). Posteriormente, as equações de estado se desenvolveram rapidamente para o cálculo do equilíbrio de fases em misturas polares e não-polares. Há muitas vantagens em usar equações de estado para cálculos de equilíbrio de fase. Equações de estado podem ser usadas tipicamente em amplas faixas de temperatura e pressão, e elas podem ser aplicadas a misturas de diversos componentes, variando de gases leves a líquidos pesados. Eles podem ser usados para calcular os equilíbrios vapor-líquido, líquido-líquido e equilíbrio de fluido supercrítico sem quaisquer dificuldades conceituais. O cálculo do equilíbrio de fases foi discutido extensamente por outros autores (SADUS, 1994; SANDLER, 1994; ECONOMOU e DONOHUE, 1996; DIEFENBACHER e TÜRK, 2001; HRNČIČ, 2018).

A equação de estado de van der Waals foi a primeira equação a prever a coexistência líquido-vapor. Mais tarde, a equação de estado de Redlich-Kwong (REDLICH e KWONG, 1949) melhorou a precisão da equação de van der Waals introduzindo a dependência da

temperatura para o termo atrativo. Soave (1972) e Peng e Robinson (1976) propuseram modificações adicionais para prever com mais precisão as relações de pressão de vapor, densidade líquida e equilíbrio. Carnahan e Starling (1969) e Boublik (1981) modificaram o termo repulsivo da equação de estado de van der Waals para obter expressões precisas para a repulsão do corpo duro. Outros autores (CHEN e KREGLEWSKI, 1977; CHRISTOFORAKOS e FRANCK, 1986; HEILIG e FRANCK, 1989) modificaram os termos atrativos e repulsivos da equação de estado de van der Waals.

Sendo assim, o principal objetivo deste trabalho é utilizar o EXCEL como ferramenta para encontrar a pressão de vapor de substâncias utilizadas na indústria de alimentos, a partir de uma equação de estado (EdE), utilizando o conceito de isofugacidade no equilíbrio de fases.

REFERENCIAL TEÓRICO

Equações de estado (EdE)

Em situações da engenharia química ou de alimentos, muitas vezes é o valor de uma propriedade é necessário, mas não existem valores experimentais para essas condições exatas (composição, pressão, temperatura). Quando essas situações surgem, torna-se crucial ter uma maneira adequada de estimar ou prever esses valores. Existem basicamente três maneiras de proceder: base teórica, empírica ou semi-empírica. As equações de estado desempenham um papel importante na engenharia e assumiram um papel crescente no estudo do equilíbrio de fases de fluidos e misturas de fluidos. Originalmente, as equações de estado eram usadas principalmente para componentes puros. Quando aplicado pela primeira vez a misturas, eles foram usados apenas para misturas de compostos apolares, (SOAVE, 1972; PENG e ROBINSON, 1976) e compostos ligeiramente polares (HURON et al., 1978; ASSELINEAU et al., 1978; GRABOSKI e DAUBERT, 1978). Posteriormente, as equações de estado se desenvolveram rapidamente para o cálculo do equilíbrio de fases em misturas polares e não-polares. Há muitas vantagens em usar equações de estado para cálculos de equilíbrio de fase. Equações de estado podem ser usadas tipicamente em amplas faixas de temperatura e pressão, e elas podem ser aplicadas a misturas de diversos componentes, variando de gases leves a líquidos pesados. Eles podem ser usados para calcular os equilíbrios vapor-líquido, líquido-líquido e equilíbrio de fluido supercrítico sem quaisquer dificuldades conceituais. (SMITH, VAN NESS E ABBOTT, 2007; ATKINS, 2008). O cálculo do equilíbrio de fases foi discutido extensamente em outros lugares (SADUS, 1994; SANDLER, 1994; ECONOMOU e DONOHUE, 1996; DIEFENBACHER e TÜRK, 2001; HRNČIČ, 2018). Quando aplicada a

gases reais, a equação do gás ideal pode apresentar grandes desvios. Por essa razão, é prática comum introduzir dados experimentais para melhorar a precisão dos resultados previstos. As equações resultantes são relações empíricas e semi-empíricas. Uma melhoria da relação de gás ideal é a Equação de Estado de van der Waals. Quando assume-se as seguintes ideias:

- O volume total ocupado pelo gás, que coincide com o volume do recipiente para um gás ideal, é reduzido pelo volume ocupado pelas próprias moléculas.
- A pressão exercida pelas moléculas de gás na parede do recipiente é reduzida por causa da atração entre as moléculas devido à sua massa, expressa pelo parâmetro de energia, e aumenta com o quadrado da densidade.

Ao adicionar termos empíricos a equações de estados pode-se refinar os resultados obtidos aproximando-os da realidade. As propriedades volumétricas (P , V , T) – são usadas para avaliar as propriedades termodinâmicas e assim calcular as quantidades de calor e trabalho requeridos em processos industriais: Líquidos; Gases e Fluido supercrítico ($T > T_c$, $P > P_c$) (SMITH, VAN NESS E ABBOTT, 2007; SANDLER, 1994).

Normalmente representamos as propriedades volumétricas de fluidos puros, graficamente, através de diagramas das Figuras 1 e 2

Figura 1. Diagrama $P \times T$

Fonte: Martinez, 2003

No diagrama $P \times T$ da Figura 1, podemos observar regiões para cada estado físico da substância. As linhas representam as mudanças de estado físico:

- Sublimação (sólido – vapor);
- Fusão (sólido - líquido);
- Vaporização (líquido – vapor).

Também temos o ponto triplo e o ponto crítico, que representam características de cada substância. Podemos usar a regra das fases para mostrar, no diagrama, o número de graus de

liberdade em cada situação: Quando temos 1 fase, precisamos saber pressão e temperatura para determinar o estado; quando temos mudança de fase, precisamos saber apenas pressão ou temperatura, pois sabemos que o ponto está sobre a linha de mudança de fase; no ponto triplo, não precisamos de nenhuma informação. O ponto já está determinado (SMITH, VAN NESS E ABBOTT, 2007; ATKINS, 2008 e SANDLER, 1994).

Para representar graficamente dados de volume, usamos geralmente o diagrama $P \times V$ (Figura 2):

Figura 2. Diagrama $P \times V$

Fonte: Martinez, 2003

Diferentemente do que ocorre no diagrama $P \times T$, no diagrama $P \times V$ as mudanças de fase são representadas por regiões no diagrama, e não por linhas – pois o volume específico (V) muda durante uma mudança de fase, enquanto a temperatura permanece constante. Da mesma forma, o ponto triplo é representado por uma linha. O volume específico de uma substância no equilíbrio líquido-vapor depende da quantidade relativa de cada fase – é possível determinar o volume específico de cada fase separadamente (V_L e V_V) (SMITH, VAN NESS E ABBOTT, 2007; SANDLER, 1994).

Da mesma forma, é possível determinar a quantidade relativa de cada fase, em massa, conhecendo o volume específico da mistura líquido-vapor. As curvas tracejadas representam isotermas, onde a temperatura é constante e a pressão varia com o volume. Observamos que na mudança de fase entre líquido e vapor, caso a temperatura esteja abaixo da crítica, tanto pressão como temperatura permanecem constantes. Acima do ponto crítico, onde não há distinção entre líquido e vapor, a pressão sempre diminui à medida que o volume específico aumenta, nas isotermas. No ponto crítico a isoterma $P \times V$ apresenta um ponto de inflexão: a derivada segunda de $P(V)$ é zero (ATKINS, 2008; SANDLER, 1994).

Pressão de vapor

390

A pressão de vapor é uma medida da volatilidade de uma substância. Substâncias com alta pressão de vapor são mais voláteis, enquanto que substância com baixa pressão de vapor são substância pouco voláteis. A volatilidade por sua vez depende da natureza química da substância e está intimamente relacionada com as forças que mantêm as moléculas unidas, forças de Van der Waals. Substância que apresentam fortes interações intermoleculares, como ligações de hidrogênio terão pressão de vapor baixa e, portanto, baixa volatilidade. Por outro lado, substâncias que interagem de forma fraca, por forças de dispersão de London, por exemplo, terão pressão de vapor maior e logo serão mais voláteis (MARTINEZ, 2003, ATKINS, 2008).

A pressão de vapor depende fortemente da temperatura do sistema, quanto maior a temperatura maior será a pressão de vapor do composto. Isso é coerente com nossa noção de mudança de fase, uma vez que quanto maior a temperatura, mais as substâncias tendem a fase gasosa. Para diversos propósitos é interessante saber prever a pressão de vapor de substâncias a qualquer temperatura (SMITH, VAN NESS E ABBOTT, 2007; ATKINS, 2008).

Para estimar os valores de pressão de vapor das substâncias duas equações são normalmente utilizadas. A equação de Clapeyron fornece uma conexão vital entre as propriedades de fases a partir de uma relação termodinâmica exata. E a equação de Antoine, que é mais adequada para o uso geral. A equação de Antoine está expressa na Equação 1:

$$\ln(P_{sat}) = A - \frac{B}{T+C} \quad \text{Equação (1)}$$

A principal vantagem dessa equação é que os valores das constantes A, B e C são facilmente encontrados para um grande número de espécies, cada conjunto de constantes é válido para uma faixa específica de temperaturas, e não deve ser utilizado muito fora dessa faixa. A pressão de vapor de uma substância também pode ser estimada a partir do conceito de isofugacidade entre as fases quando se encontram em equilíbrio. Por sua vez, a fugacidade pode ser encontrada a partir de uma equação de estado (SMITH, VAN NESS E ABBOTT, 2007; SANDLER, 1994).

O conceito de fugacidade(f), que é uma propriedade que pode ser fisicamente medida, e estabeleceu um novo critério de equilíbrio: a igualdade entre as fugacidades, na fase líquida e fase de vapor. A palavra “fugacidade” está baseada em uma raiz latina que significa abandonar, que também é a base para a palavra “fugitivo”. Desta forma, fugacidade tem sido interpretada como “tendência para escapar”. Quando a tendência para escapar é a mesma nas duas fases, elas estão em equilíbrio. Por exemplo, Para uma espécie pura, fases líquida e vapor coexistindo

em equilíbrio têm as mesmas T, P e fugacidade (SMITH, VAN NESS E ABBOTT, 2007; SANDLER, 1994).

Origem da fugacidade (f), para uma espécie pura i no estado de gás ideal é:

$$\mu_i = G_i^{gi} = \Gamma_i(T) + RT \ln P \quad (\text{Gases ideais}) \quad \text{Equação (2)}$$

Para que a equação acima pudesse ser usada de forma genérica, ou seja, para qualquer gás, Lewis propôs uma nova função, chamada fugacidade (f_i), análoga a pressão, dada por:

$$G_i = \Gamma_i(T) + RT \ln f_i \quad (\text{Gases reais}) \quad \text{Equação (3)}$$

Essa equação só é válida a T constante. A fugacidade tem a mesma unidade de pressão. $\Gamma_i(T)$, a constante de integração a T constante, é uma função somente de T, que depende da espécie.

As fugacidades de um fluido puro na fase líquida e na fase de vapor são expressas da seguinte maneira:

$$G_i^V = \Gamma_i(T) + RT \ln f_i^V \quad (\text{Vapor Saturado}) \quad \text{Equação (4)}$$

$$G_i^L = \Gamma_i(T) + RT \ln f_i^L \quad (\text{Líquido Saturado}) \quad \text{Equação (5)}$$

Por diferença temos:

$$G_i^V - G_i^L = RT \ln \frac{f_i^V}{f_i^L} \quad \text{Equação (6)}$$

No equilíbrio:

$$G_i^V = G_i^L \rightarrow G_i^V - G_i^L = 0 \quad \text{Equação (7)}$$

Logo,

$$RT \ln \frac{f_i^V}{f_i^L} = 0 \rightarrow f_i^V = f_i^L \quad \text{Equação (8)}$$

Esta equação se aplica à mudança de líquido saturado para vapor saturado, ambos na temperatura T e na pressão de vapor P_{sat} . E no equilíbrio quando a fugacidade da fase líquida e na fase de vapor são iguais. É estabelecida a condição de isofugacidade, critério onde podemos estabelecer que a P_{sat} é a pressão de vapor na temperatura especificada (SMITH, VAN NESS E ABBOTT, 2007; SANDLER, 1994).

Aplicações da na indústria de alimentos

Os problemas industriais envolvem, na sua grande maioria, o contato entre duas ou mais fases em equilíbrio. Consequentemente, o desenvolvimento de tais processos, exige modelos termodinâmicos confiáveis e precisos para representar o equilíbrio entre as fases. Para a modelagem termodinâmica do equilíbrio de fases em sistemas binários ou multicomponentes, através de equações de estado generalizadas, é preciso conhecer as pressões de vapor dos compostos puros que formam a mistura (GEANKOPLIS, 1993).

Conhecer parâmetros como a pressão de vapor auxilia o engenheiro proporcionar condições de temperatura e pressão global do processo baseados na operação que se deseja realizar como, por exemplo, em processos como destilação, extração de compostos, métodos de separação, além de estimar a melhor condição de funcionamento de bombas para evitar cavitação das mesmas, devido à pressão de vapor do fluido escoado (SMITH, VAN NESS E ABBOTT, 2007; GEANKOPLIS, 1993).

METODOLOGIA

Seleção da equação de estado

Inicialmente foram estudadas as equações de estado que são frequentemente citadas na literatura. As equações demonstradas na Tabela 1, são as principais EdE encontradas universalmente nos livros de termodinâmica e em artigos da área.

Tabela 1- Equações de Estado

Equação	Referência
$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2}$	Van der Waals (1873)
$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{T^{1/2}V(V+b)}$	Redlich-Kwong (RK) (1949)
$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a(T)}{V(V+b)+b(V-b)}$	Peng-Robinson (PR) (1976)

A partir dessas equações foi selecionada a EdE de Peng-Robinson, por ser mais recomendada por autores da área, a partir da seleção a EdE foi comparada com a equação de Antoine. A Equação de Peng e Robinson (1976), pois suas modificações adicionais preveem com mais precisão as relações de pressão de vapor, densidade líquida e equilíbrio.

Escolha do método de resolução da equação cúbica

Com a escolha da Equação de Peng e Robinson (1976), estimou-se a pressão de vapor em diferentes temperaturas. Expressar a equação de estado cúbica através do coeficiente de compressibilidade auxilia a construção do programa, uma vez que a equação se torna mais simples de ser manipulada e ser calculada iterativamente. Logo, a partir de um *screening* feito na literatura, o método de determinação das raízes de uma equação cúbica selecionado foi aquele que apresentou a discretização mais compatível com o problema abordado.

E para isso escolheu-se o método de Cardano e Tartaglia para encontrar as raízes da equação cúbica, quando a mesma for expressa através do fator de compressibilidade (Z), como demonstrado em Smith, Van Ness e Abbott (2007).

Construção do programa

Ao escolher a EdE e o método de determinação das raízes, foi construído um programa no Excel, para determinar a pressão de vapor de diferentes espécies químicas de forma iterativa. O programa realiza os cálculos a partir da inserção de parâmetros termodinâmicos fornecidos pelos usuários, respeitando o conceito de isofugacidade, onde no equilíbrio, a fugacidade da fase de vapor e da fase líquida são iguais (SMITH, VAN NESS E ABBOTT, 2007; SANDLER, 1994).

Análise dos resultados e construção dos gráficos

Após a construção do programa, a validação da sua eficiência foi realizada a partir de uma análise comparativa entre os valores de pressão de vapor obtidos através dos cálculos do programa e os obtidos analiticamente através da equação de Antoine.

Para melhor visualização foram elaborados gráficos comparativos. Nestes, é possível observar a precisão dos cálculos do programa nas faixas de temperaturas aceitáveis para os cálculos de Antoine. Com o auxílio do programa, foram construídos diferentes diagramas P $\times$ T para as espécies químicas abordadas.

Escolha das espécies químicas utilizadas na indústria de alimentos

Os problemas industriais envolvem, na sua grande maioria, o contato entre duas ou mais fases em equilíbrio. Consequentemente, o desenvolvimento de tais processos, exige modelos termodinâmicos confiáveis e precisos para representar o equilíbrio entre as fases. Para a modelagem termodinâmica do equilíbrio de fases em sistemas binários ou multicomponentes, através de equações de estado generalizadas, é preciso conhecer as pressões de vapor dos compostos puros que formam a mistura.

Com isso foram escolhidos os seguintes compostos para estimar suas pressões de vapores em diferentes temperaturas, Tabela 2.

Tabela 2 - Propriedades termodinâmicas do Ácido Benzoico, Etanol e Ácido Acético

Substância - Espécie Pura	T _c (K)	P _c (MPa)	Fator Acêntrico (ω)
Ácido Benzoico (C ₆ H ₅ COOH)	751	4,47	0,603

Etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$)	513,9	6,148	0,645
Ácido acético (CH_3COOH)	592,0	5,786	0,467

Legenda: Tc – Temperatura crítica, Pc – Pressão crítica, Fonte: SMITH, VAN NESS E ABBOTT (2007).

O ácido benzóico, $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$, é um composto classificado como ácido carboxílico. É mais especificamente um ácido fraco e seus sais são usados como conservante de alimentos e naturalmente ocorre em algumas espécies de plantas (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2015). Este ácido atua como germicida na preservação de alimentos, síntese de corantes e também como adjuvante farmacológico. Ele é frequentemente encontrado em bebidas que contém vitamina C, atuando como conservante.

O etanol (álcool etílico) de formula, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ou $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$, é uma substância orgânica obtida da fermentação de açúcares, hidratação do etileno ou redução de acetaldeído. É encontrado em bebidas alcoólicas como cerveja, vinho, aguardente, tequila, Uísque entre outras. O Etanol também é utilizado como combustível de motores de explosão, constituindo assim um mercado em ascensão para um combustível obtido de maneira renovável e o estabelecimento de uma indústria de química de base, sustentada na utilização de biomassa de origem agrícola e renovável (MARTIN *et. al*, 2013)

Conhecer a pressão de vapor do etanol dá suporte ao processo de destilação, uma vez que, o mosto fermentado possui em sua constituição água e uma mistura de álcoois dos quais o etanol se faz presente e é separado devido o processo de destilação. Logo, uma exigência básica para a separação dos componentes em uma destilação é que a composição do vapor seja diferente do líquido com o qual está em equilíbrio.

O ácido acético é formado pela fermentação através de bactérias acéticas, que ao estarem presentes em cerveja ou vinho ao que ficarem expostas ao ar ambiente, oxidam o etanol presente. Na indústria de alimentos o próprio vinagre já é um produto bem consumido e dependendo da composição do mosto obtém-se vinagres com propriedades particulares. O ácido acético é usado amplamente para reduzir o pH, controlar o crescimento microbiano ou como aromatizante. Na forma pura é pouco usado na indústria de alimentos, porém é largamente empregado na forma de vinagre. (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Interface do Programa

395

Na figura 3 é mostrada a interface do programa desenvolvido no Excel. O presente formato foi construído visando uma fácil manipulação pelos usuários, onde os mesmos somente conhecendo as propriedades termodinâmicas da substância que deseja conhecer obtém a pressão de vapor na temperatura. Além da pressão de vapor o programa possibilita o usuário a obter os valores do fator de compressibilidade da fase de vapor e da fase líquida e seus respectivos volumes molares. SANDLER (1994) e DIEFENBACHER (2001), conseguiram implementar uma programação para obter os mesmos dados através do Mathlab®.

Na região em verde o usuário insere as propriedades termodinâmicas da substância estudada, os dados incluem Temperatura crítica (T_c), Pressão Crítica (P_c) e o fator acêntrico. Após inserir as propriedades termodinâmicas o usuário especifica em qual temperatura, área em vermelho, ele quer obter a pressão de vapor da espécie química estudada. E no botão, calcular pressão de vapor, foi vinculado a uma macro que realiza a operação matemática para obedecer ao critério de isofugacidade.

Figura 3 - Interface da ferramenta desenvolvida

Instruções

Região Verde:
 Nome da substância estudada, Temperatura Crítica (Tc), Pressão Crítica (Pc) e Fator

Região Vermelha:
 Entrar com o valor de Temperatura (T), e um valor de pressão (P) de modo que Relação Fugacidades (fl/fv) seja um número real (≠ #NÚM!)

Botão Azul:
 Clicar no Botão Azul "Calcular Pressão de Vapor". O valor de P(Mpa) da região vermelha irá convergir para o valor de Pvp do Ácido Benzóico na temperatura dada.

CÁLCULO DA PRESSÃO DE VAPOR DE UM FLUIDO - EQUAÇÃO DE ESTADO DE PENG-ROBINSON (Fluido Puro)

Calcular a Pressão de Vapor

Propriedades				Cálculo dos parâmetros	
Substância - Espécie Pura	Tc (K)	Pc(MPa)	Fator Acêntrico (ω)	Constante dos gases- R(cm³*MPa/mol*K)	8,31447
Ácido Benzóico	751,00	4,47	0,603	Tr	0,9587217
				Pr	0,6966495
				k	1,2064774
				α	1,0509593
Estado Atual (Condições T e P)	Raízes do fator de compressibilidade e do volume molar		Cálculo da fugacidade para ambas as fases		
T (K)	720	Z (Fator de Compressibilidade)	Volume molar - V (cm³/mol)	Fugacidade (MPa)	Considerações
P (MPa)	3,11402				Relação Fugacidades (fl/fv)
Região de três raízes (fator de compressibilidade e o volume molar.)		0,5759353	1107,1817133	2,1989178	Serão considerados o maior e o menor valor do fator de compressibilidade.
		0,2460707	473,0479170	-	
		0,1214611	233,4975110	2,2001024	
Região de uma raiz		#NÚM!	#NÚM!	#NÚM!	
Cálculo para solucionar a equação cúbica				Método de solução da Equação Cúbica (D - Discriminante)	
$Z^3 - (1-B)Z^2 + (A-3B^2-2B)Z - (AB-B^2-B^3) = 0$				$Z^3 + a_2Z^2 + a_1Z + a_0 = 0$	
$Z^3 - (1-B)Z^2 + (A-3B^2-2B)Z - (AB-B^2-B^3) = 0$				$D = q^2/4 + p^3/27 = -3,23124E-06$	
A	B	a2	a1	a0	
0,364216278	0,056532915	-0,9434671	0,241563	-0,0172136	-0,05515
					-0,00345
Para a região com uma única raiz real				Raízes encontradas seguindo a fórmula de Cardano-Tartaglia para equações do 3º grau.	
P	Q	Raiz da equação em x			
#NÚM!	#NÚM!	#NÚM!			
Para a região com três raízes reais					
m	3q/pm	3*θ1	θ1	Raízes para a equação em X	
				X1	X2
0,294296	0,807611	0,630706	0,210235	0,287817	-0,090720
					-0,197097

Equações gerais

Se o valor de D for negativo, teremos três raízes reais diferentes. (Pode haver uma fase líquida e vapor em equilíbrio, na pressão de saturação)

Se o valor de D for positivo, teremos uma raiz real. (o fluido se encontra apenas em uma fase líquida ou de vapor).

No equilíbrio líquido - vapor, teremos a condição de pressão, temperatura e isofugacidade. A partir disso podemos estimar o valor pressão de vapor com o qual a relação fl/fv, seja aprox. 1.

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a(T)}{V(V+b)+b(V-b)}$$

$$a(T) = 0,45724 \frac{R^2 T_c^2}{P_c} \alpha(T)$$

$$b = 0,07780 \frac{RT_c}{P_c}$$

$$\sqrt{a} = 1 + \kappa \left(1 - \sqrt{\frac{T}{T_c}} \right)$$

$$\kappa = 0,37464 + 1,54226 \cdot \omega - 0,26992 \cdot \omega^2$$

$$Z^3 - (1-B)Z^2 + (A-3B^2-2B)Z - (AB-B^2-B^3) = 0$$

Onde: $B = \frac{Pb}{RT}$ e $A = \frac{aP}{R^2 T^2}$

Fonte: Desenvolvida pelo autor, 2021

Como foi utilizada a equação de Peng-Robinson (1976), a partir das propriedades inseridas. As equações inseridas nas células foram implementada segundo o método de cardano e Tartaglia para a resolução da equação cúbica expresso no fator de compressibilidade. E logo após a obtenção das raízes o programa utiliza os fatores de compressibilidade da fase de vapor e da fase líquida obtidos, para calcular as respectivas fugacidades. A macro vinculada ao botão, ela segue o procedimento usando-se o recurso do Excel análise de dados na opção teste de hipóteses, na qual é selecionada a ferramenta atingir meta e especifica-se a função objetivo selecionando a célula indicada em vermelho, para calcular iterativamente a pressão de vapor da substância nas condições de entrada, que satisfaça a condição de isofugacidade, em que $f_l/f_v \approx 1$, ou seja, o programa calcula a pressão de vapor em que a relação das fugacidades sejam o mais próximo possível de 1.

Validação da predição do diagrama PxT

Neste tópico serão apresentados os diagramas de Pressão x Temperatura para cada uma das substâncias estudadas, realizando um comparativo entre os valores de Pressão de vapor da substância pura calculado a partir da equação de Antoine (que é o método mais utilizado para estimar este parâmetro) e o programa desenvolvido pelo autor utilizando a equação de Peng-Robinson (Resolvido a partir do método de Cardano e Tartaglia no software Microsoft Excel).

Os parâmetros da equação de Antoine, assim como as temperaturas mínima e máxima as quais pode-se aplicar a equação para cada substância, foram obtidos em SMITH, VAN NESS E ABBOTT (2007), e estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros da equação de Antoine para as substâncias estudadas e Temperaturas máximas e mínimas

<i>Substância</i>	<i>Ant (A)</i>	<i>Ant (B)</i>	<i>Ant (C)</i>	<i>T_{máx} (K)</i>	<i>T_{mín} (K)</i>
Ácido Benzoico	17,1634	4190,70	-125,20	560	405
Ácido Acético	16,8080	3405,57	-56,34	430	290
Etanol	18,9119	3803,98	-41,68	369	270

Equações de estado são usadas frequentemente utilizadas para correlacionar dados e estudar as condições possíveis dos sistemas, em vez de fornecer previsões genuínas. Isto é bem conhecido, pois sabe-se que a equação de van der Waals não pode ser usada para correlacionar com precisão a coexistência vapor-líquido para fluidos. Em contraste, a adição de mais parâmetros ajustáveis e dependência de temperatura para o termo atraente usado nas equações de estado de Redlich-Kwong, Soave-Redlich-Kwong e Peng-Robinson resultam em correlações

mais precisas da pressão de vapor (ABBOTT, 1979; HAN *et al.*, 1988). E isso é comprovado ao comparar as pressões de vapores das espécies, obtidas via equação de estado de Peng-Robinson em comparação com a equação empírica de Antoine. Plackov (1995) fala que é possível através dos parâmetros ajustados nas EdE apresentam uma grande melhoria na previsão de pressão de vapor pode ser obtida.

Na figura 4 estão apresentados os diagramas de Pressão de vapor versus a temperatura para o ácido benzoico, Etanol e Ácido Acético. Para a construção do gráfico a faixa de temperatura aceita para o cálculo de P_{vap} a partir de Antoine (Eq. 1) foi fracionada em 17 temperaturas, as quais foram submetidas ao cálculo de P_{vap} utilizando-se o programa desenvolvido pelo autor e a equação de Antoine, com os parâmetros apresentados na Tabela 3.

Figura 4 - Diagrama PxT comparativo para o ácido benzoico, etanol e ácido acético

Fonte: Desenvolvido pelo Autor, 2021

Ao analisar a figura é possível observar que os valores de Pressão de vapor do Ácido Benzoico, etanol e ácido acético obtidos através da simulação no programa desenvolvido no MS Excel apresentam-se muito próximos dos valores calculados a partir da Equação de Antoine, tomada como padrão para a validação do programa.

Para o ácido benzoico a maior diferença entre o programa e o padrão deu-se entre as temperaturas 463,13 e 550,31 K, onde o erro mostrou-se acima de 3×10^{-3} . Mostrando que o programa se mostrou eficaz para o cálculo da pressão de vapor do Ácido Benzoico, com um Somatório dos erros quadrados de $2,6 \times 10^{-4}$, o que valida a predição desta propriedade pela ferramenta construída.

Quanto ao etanol a maior diferença entre o programa e o padrão é observada em temperaturas superiores a 350,4 K, onde o erro é superior a 3×10^{-3} . O Somatório dos erros quadrados para o Etanol mostrou-se ainda menor do que o apresentado para o ácido benzoico, com um valor de $8,09 \times 10^{-5}$, validando a acurácia do programa desenvolvido. Assim como nas demais substâncias apresentadas, os valores de Pressão de vapor do Ácido Acético obtidos pelo programa desenvolvido no MS Excel apresentam-se muito próximos dos valores calculados a partir da Equação de Antoine, tomada como padrão para a validação do programa.

O programa mostrou ser capaz de prever a pressão de vapor das três substâncias analisadas. Isto demonstra que a utilização deste programa pode ser uma forma de calcular esta propriedade para estas substâncias de forma interativa e eficaz com o uso de uma ferramenta acessível como o Software Microsoft Excel.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo apresenta o Excel como um software útil para desenvolver ferramentas de alta capacidade de reprodutibilidade de resolução de equações. O programa desenvolvido demonstra uma alternativa rápida e eficaz para a resolução de equações cúbicas e eficiente para o cálculo da pressão de vapor de espécies químicas e confirma que a EdE de Peng-Robinson pode ser aplicada para calcular a pressão de vapor e modelar o comportamento de espécies químicas com boa precisão.

Por seu fácil manuseio e apresentar respostas próximas de dados experimentais ao comparar com a equação empírica de Antoine. O programa desenvolvido pode auxiliar os pesquisadores a simularem condições de processos nos quais estarão trabalhando.

REFERÊNCIAS

ASSELINÉAU, L., G. BOGDANIC, e J. VIDAL, “Calculation of Thermodynamic Properties and Vapour-Liquid Equilibria of Refrigerants,” **Chem. Eng. Sci.**, 1978.

ATKINS, P. W.; PAULA, Julio de. Físico-química. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 2 v. ISBN 9788521616009 (v.1).

BOUBLIK, T., “Statistical Thermodynamics of Nonspherical Molecule Fluids,” Ber. Bunsenges. **Phys. Chem.**, 1981.

CARNAHAN, N. F., e K. E. STARLING, “Equation of State for Nonattracting Rigid Spheres,” **J. Chem. Phys.**, 1969.

CHEN, S. S., e A. KREGLEWSKI, “Applications of the Augmented van der Waals Theory of Fluids: I. Pure Fluids,” Ber. Bunsen-Ges. **Phys. Chem.**, 1977.

CHRISTOFORAKOS, M., e E. U. FRANCK, “An Equation of State for Binary Fluid Mixtures to High Temperatures and High Pressures,” Ber. Bunsenges. **Phys. Chem.**, 1986.

DIEFENBACHER, A. e TÜRK, M. Critical properties (p_c , T_c , and ρ_c) and phase equilibria of binary mixtures of CO₂, CHF₃, CH₂F₂, and SF₆. **Fluid Phase Equilibria**. Volume 182, 2001.

ECONOMOU, I. G., e M. D. DONOHUE, “Equations of State for Hydrogen Bonding Systems,” **Fluid Phase Equilib.**, 1996.

GEANKOPLIS, C. J. Transport Processes and Unit Operations. **Prentice-Hall International**, 1993.

GRABOSKI, M. S., e T. E. DAUBERT, “A Modified Soave Equation of State for Phase Equilibrium Calculations,” **Ind. Eng. Chem. Process. Des. De.**, 1978.

HEILIG, M., e E. U. FRANCK, “Calculation of Thermodynamic Properties of Binary Fluid Mixtures to High Temperatures and High Pressures,” Ber. Bunsenges. **Phys. Chem.**, 1989.

HRNČIČ, M. K., CÖR, D., VERBOTEN, M. T. e KNEZ, Z. Application of supercritical and subcritical fluids in food processing. **Food Quality and Safety**, Volume 2, 2018.

HURON, M. J., D. N. DUFOUR, e J. VIDAL, “Vapour-Liquid Equilibrium and Critical Locus Curve Calculations with Soave Equation for Hydrocarbon Systems with Carbon Dioxide and Hydrogen Sulfide,” **Fluid Phase Equilib.**, 1978.

MARTIN, P. A. Aplicação de técnicas de controle preditivo em uma coluna de destilação. 2011, 175p. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Escola Politécnica. São Paulo-SP.

PENG, D. Y., e D. B. ROBINSON, “A New Two-Constant Equation of State,” **Ind. Eng. Chem. Fundam.**, 1976.

POLING, B. E., PRAUSNITZ J. M. e O'CONNELL, J. P. The properties of gases and liquids, 5ª edição. McGraw-Hill, 2001.

REDLICH, O., e J. N. S. KWONG, “On the Thermodynamics of Solutions. V: An Equation of State. Fugacities of Gaseous Solutions,” **Chem. Rev.**, 1949.

SADUS, R. J., “Calculating Critical Transitions of Fluid Mixtures: Theory vs. Experiment,” **AIChE J.**, 1994.

SANDLER, S. I., ed., Models for Thermodynamic and Phase Equilibria Calculations, Marcel Dekker, New York, 1994.

SMITH, J. M., VAN NESS, H. C. e ABBOTT, M. M., Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química, 7a Ed., LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, 2007.

SOAVE, G., “Equilibrium Constants from a Modified Redlich-Kwong Equation of State,” **Chem. Eng. Sci.**, 1972.