IV CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS COINTER - PDVAgro 2019

CINÉTICA DE CONGELAMENTO DA POLPA INTEGRAL DE UMBU

CINÉTICA DE CONGELACIÓN DE LA PULPA ENTERA UMBU

FREEZING KINETICS OF WHOLE PULP OF THE *SPONDIAS TUBEROSA* ARR.

Apresentação: Comunicação Oral

Eduarda Oliveira da Silva¹; Sonara de França Sousa², Larissa Mylena Mendes Dias³, Thaís Sader de Melo⁴, Josivanda Palmeira Gomes⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.IVCOINTERPDVAgro.2019.0111>

Resumo

As polpas de frutas congeladas surgem como uma excelente alternativa de garantia de aproveitamento do excedente, de melhores condições de manuseio, de armazenamento, de transporte e acima de tudo a oferta permanente desses frutos para o mercado, no entanto, trabalhos relacionados ao congelamento de polpas de frutas ainda são incipientes. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a cinética de congelamento da polpa integral de umbu durante o congelamento convencional a -30°C . Os frutos foram adquiridos no comércio local da cidade de Campina Grande - PB, sendo posteriormente lavados, higienizados e despulpados. As análises realizadas na polpa integral foram: teor de água, atividade de água, pH, sólidos solúveis, cinzas, açúcares totais, redutores e não redutores. A cinética de congelamento foi realizada na temperatura de -30°C , em *freezer* horizontal, com o auxílio de um termopar localizado no centro da amostra, procederam-se as leituras do tempo e temperatura da polpa, em triplicata, até alcançar a estabilização térmica com o meio. Com os dados de razão de temperatura em função do tempo, foi realizada uma análise de regressão não-linear para a obtenção do valor de difusividade térmica. Com relação às características físico-químicas, a polpa apresentou teor de água de 88,48%, sendo caracterizada como perecível e de alto teor de sólidos solúveis e muito ácida. Durante o congelamento da polpa, na temperatura estudada, a curva apresentou formato sigmoide com as três fases distintas, cujo tempo necessário para a estabilização térmica foi de 4 horas e 30 minutos e o valor do coeficiente de difusividade térmica foi de $7,3871\text{mm}^2\text{ s}^{-1}$ considerado elevado quando comparado com o de outros frutos.

¹ Engenharia de Alimentos, Universidade Federal Rural de Pernambuco, eduarda.faele@outlook.com

² Doutora em Engenharia de Processos, Universidade Federal de Campina Grande, sonara_franca@yahoo.com.br

³ Engenharia de Alimentos, Universidade Federal Rural de Pernambuco, larissammdias0@gmail.com

⁴ Mestre em Ciências de Alimentos, Universidad de Valladolid, thaissader@hotmail.com

⁵ Professora Titular da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, josivanda@gmail.com

Palavras-Chave: Calor latente, Difusividade térmica, Estabilização térmica.

Resumen

Las pulpas de frutas congeladas son una excelente alternativa para garantizar la utilización de excedentes, mejores condiciones de manejo, almacenamiento, transporte y, sobre todo, el suministro permanente de estas frutas al mercado, sin embargo, el trabajo relacionado con la congelación de pulpas. Las frutas todavía son incipientes. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la cinética de congelación de la pulpa entera umbu durante la congelación convencional a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Las frutas fueron adquiridas en el comercio local de Campina Grande - PB, y luego fueron lavadas, desinfectadas y pulpadas. Los análisis realizados en toda la pulpa fueron: contenido de agua, actividad del agua, pH, sólidos solubles, cenizas, azúcares totales, reductores y no reductores. La cinética de congelación se realizó a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, en un congelador horizontal, con la ayuda de un termopar ubicado en el centro de la muestra. Las lecturas de tiempo y temperatura de la pulpa se realizaron por triplicado hasta que se logró la estabilización térmica. Con la temperatura en función de los datos de tiempo, se realizó un análisis de regresión no lineal para obtener el valor de difusividad térmica. En cuanto a las características fisicoquímicas, la pulpa tenía un contenido de agua del 88,48%, caracterizándose como sólidos perecederos y altamente solubles y muy ácidos. Durante la congelación de la pulpa, a la temperatura estudiada, la curva presentaba una forma sigmoidea con las tres fases distintas, cuyo tiempo requerido para la estabilización térmica fue de 4 horas y 30 minutos y el valor del coeficiente de difusividad térmica fue de $7,3871\text{ mm}^2\text{ s}^{-1}$ considerado alto en comparación con otras frutas.

Palabras Clave: Calor latente, difusividad térmica, estabilización térmica.

Abstract

Frozen fruit pulps are an excellent alternative to guarantee surplus utilization, better handling conditions, storage, transportation and above all the permanent supply of these fruits to the market, however, work related to freezing pulps. Fruits are still incipient. The objective of the present work was to evaluate the freezing kinetics of umbu whole pulp during conventional freezing at $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. The fruits were acquired in the local commerce of Campina Grande - PB, and were later washed, sanitized and pulped. The analyzes performed in the whole pulp were: water content, water activity, pH, soluble solids, ashes, total sugars, reducing and non reducing. The freezing kinetics was performed at $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, in a horizontal freezer, with the help of a thermocouple located in the center of the sample. The time and temperature readings of the pulp were performed in triplicate until thermal stabilization was achieved. with the middle. With the temperature as a function of time data, a nonlinear regression analysis was performed to obtain the thermal diffusivity value. Regarding the physicochemical characteristics, the pulp had a water content of 88.48%, being characterized as perishable and high soluble solids and very acid. During the freezing of the pulp, at the studied temperature, the curve presented sigmoid shape with the three distinct phases, whose time required for thermal stabilization was 4 hours and 30 minutes and the value of the thermal diffusivity coefficient was $7,3871\text{ mm}^2\text{ s}^{-1}$ considered high when compared to other fruits

Keywords: Latent heat, Thermal diffusivity, Thermal stabilization.

Introdução

A polpa de fruta congelada é um produto que atende a diversos segmentos do setor de alimentos, sendo utilizadas no preparo de sucos, sorvetes, balas, produtos de confeitaria e lácteos, como iogurtes (BASTOS et al., 1999). Além disso, a grande variedade de frutas com sabores exóticos e palatáveis contribui para o desenvolvimento do comércio desses produtos, que tem se expandido nos últimos anos (SILVA et al., 2010).

Para que se produza uma polpa de fruta congelada com qualidade é preciso atentar-se à manutenção dos nutrientes e às suas características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais, que devem estar próximas às da fruta *in natura*, de forma a satisfazer as exigências do consumidor e da legislação vigente, além disso, a qualidade final está relacionada com as condições empregadas durante o processo de congelamento e com as condições de armazenamento (DANTAS et al., 2012).

De acordo com Amorim et al. (2010) a temperatura recomendada para o congelamento de polpa é de $-23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, ou inferior, no entanto, o tempo necessário para abaixar a temperatura do produto para -5°C não deve ultrapassar 8 horas. A temperatura deverá atingir cerca de -18°C em um tempo máximo de 24 horas e deverá ser mantida durante todo o tempo de armazenamento e transporte.

Neste contexto, utilizou-se o umbu (*Spondias tuberosa* Arr.) que é um fruto típico do bioma caatinga, de ocorrência em todo o semiárido e de grande produção no estado da Paraíba (LIMA et al., 2016). De acordo com Silva et al. (2014), entre as matérias-primas para a agroindústria de polpa, o umbu se apresenta entre as dez frutas tropicais de maior relevância. Consumido tanto *in natura* quanto industrializado, o fruto tem um excelente sabor, aroma e qualidade nutritiva, além de elevadas porcentagens de rendimento em polpa (COSTA et al., 2004).

Trabalhos relacionados ao congelamento de polpas de frutas são incipientes, em vista do apresentado, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a cinética de congelamento da polpa integral de umbu na temperatura de -30°C e a obtenção do valor da difusividade térmica da polpa.

Fundamentação Teórica

O congelamento é uma técnica de conservação que visa, principalmente, promover o retardamento das velocidades das diversas transformações de deterioração que ocorrem em alimentos, pela redução de sua temperatura a níveis compatíveis com o tempo de estocagem pretendido e, principalmente, com a labilidade do próprio produto. Ao contrário de outros métodos de conservação de alimentos, o congelamento é o único capaz de manter inalteradas as características sensoriais do produto fresco (BELCHIOR, 2012).

A remoção do calor latente em produtos agrícolas é afetado por uma série de fatores inerentes ao produtos, neste contexto, o conhecimento das propriedades físicas é essencial, uma vez que tais informações são fundamentais para o dimensionamento de equipamentos que envolvem transferência de calor e massa (CHAVES et al., 2004). Além disso, o conhecimento das propriedades intrínsecas do alimento, tal como o teor de água, é de extrema importância para o estudo da termodinâmica do congelamento, pois fornece informações entre os constituintes do produto e as moléculas de água (GHODAKE et al., 2007).

Alguns poucos trabalhos relacionados à cinética de congelamento de polpas de frutas são encontrados na literatura, tornando-se necessário o levantamento de dados sobre o comportamento do produto aos diversos tratamentos em que são aplicados durante a etapa de congelamento na indústria de alimentos. Esta pesquisa fundamentou-se em estudos como o de Araújo et al. (2000), estudando a cinética de congelamento da polpa de acerola, nas temperaturas de -22, -100 e -196°C, onde os autores concluíram que para a temperatura de -22,6°C, o período de resfriamento durou 1.800 segundos; o de cristalização, 6.000 segundos; e o período de pós congelamento, 6.000 segundos. Para a temperatura de -100 °C, o período de resfriamento da polpa de acerola foi de 360 segundos; o período de cristalização foi de 1.140 segundos; e o período de pós-congelamento durou 3.240 segundos. Para a temperatura de -196 °C, o período de resfriamento durou 60 segundos; o de cristalização 30 segundos; e o período de pós-congelamento 140 segundos. Bem como no trabalho de Cavalcanti-Mata et al. (2003), ao estudarem as curvas de congelamento de frutos de cajá (*Spondias lutea* L.) em temperaturas semi-criogênicas (-30, -60 e -90°C) concluíram que o cajá levou 75 minutos, na fase de cristalização, para se congelar à temperatura de -30°C, 44 minutos à temperatura de -60 °C e 40 minutos à temperatura de -90°C.

Metodologia

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), na Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande-PB (UFCG) no período de maio de 2018. Foram utilizados como matéria-prima umbus, adquirido na feira local da cidade de Campina Grande – PB, em estágio de maturação maduros (coloração e aparência externa da casca), livres de infestações fungicas e danos mecânicos. Os frutos foram lavados em água corrente e a sanitização através da imersão em solução de hipoclorito de sódio (30 ppm) por 15 minutos, posteriormente fez-se um enxague com água potável deixados escorrer o excesso de água dos frutos. O despulpamento dos umbus foi feito mediante o emprego de uma despulpadeira da marca Laboremus modelo DF 200, obtendo-se a separação da polpa e dos resíduos (cascas e caroços). Posteriormente, a polpa integral obtida foi analisada, em triplicata, quanto aos parâmetros físico-químicos: teor de água (% b.u), determinado pelo método de secagem das amostras até peso constante, em estufa a 105°C, cinzas, e açúcares totais, redutores e não redutores, segundo as Normas Analíticas do Instituto Adolf Lutz (2008); atividade de água, a 25°C, através da medida direta em higrômetro Aqualab 3TE (Decagon); pH, por leitura direta através do método potenciométrico em pHmetro previamente calibrado com soluções tampão de pH 7,0 e 4,0.; sólidos solúveis totais, através de leitura direta em refratômetro portátil Abbe, cujos resultados foram expressos em °Brix.

A cinética de congelamento foi realizada na polpa integral de umbu, colocando-se aproximadamente 20g da amostra em formas de gelo com 15 mm de espessura e levadas ao *freezer* horizontal a -30°C ($\pm 2^\circ\text{C}$), temperatura usualmente empregada durante o congelamento de polpas de frutas em unidades beneficiadoras. O tempo e a temperatura da polpa foram monitorados, esta última com o auxílio de um termopar instalado no centro geométrico do recipiente, de modo a se determinar o instante de equilíbrio térmico para a temperatura de -30°C. De acordo com Mohsenin (1980), para se calcular a transferência de calor em regime transiente, de uma forma que se assemelhe a uma placa, de espessura 2L, para $Fo = \alpha t/L^2$, a solução analítica pode ser expressa pela Equação de Fourier (1):

$$RT = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \exp(\sigma_n^2 \cdot Fo) \quad (1)$$

Em que:

$$RT = \frac{T - T_{\infty}}{T_0 - T_{\infty}} \quad (2)$$

$$An = \frac{2 \cdot \sin \sigma n}{\sigma n + \sin \sigma n \cdot \cos \sigma n} \quad (3)$$

$$Fo = \left(\frac{\alpha}{L^2} \right) \cdot t \quad (4)$$

Com os dados de razão de temperatura em função do tempo pré-definidos, foi realizada uma análise de regressão não-linear, utilizando-se o *software* Statistica, versão 7.0 para obtenção dos coeficientes da Equação 1.

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 encontram-se as médias e desvios-padrão das análises físico-químicas da polpa integral de umbu.

Tabela 1: Valores médios dos parâmetros analisados para a polpa de umbu integral

Parâmetros analisados	
Teor de água (%)	88,48±0,33
Atividade de água	0,990±0,00
pH	2,34±0,03
Sólidos solúveis totais (° Brix)	11,00±0,00
Cinzas (%)	1,18±0,02
Açúcares totais (% glicose)	7,32±0,09
Açúcares redutores (% glicose)	4,60±0,17
Açúcares não redutores (% sacarose)	2,97±0,08

Fonte: própria (2019)

A polpa integral de umbu apresentou teor de água de acordo com o encontrado por Mattietto et al. (2007), de 89,40%, ao caracterizar esta fruta para produção de néctar e Paula et al. (2012), 89,48%, ao caracterizar o umbu para produção de um fermentado. A atividade de água analisada encontra-se bem próximo ao valor obtido por Mattietto et al. (2007), de 0,978. O pH da polpa integral de umbu foi de 2,34, classificado como muito ácido ($\text{pH} < 3,7$) (BARUFFALDI e OLIVEIRA, 1998). Mattietto (2005) ao caracterizar a polpa de umbu, encontrou um valor de 2,75, enquanto Paula (2012) encontrou um valor de 2,47. Com relação ao teor de sólidos solúveis totais, o valor obtido está de acordo com Mattietto et al. (2007) de 9,59°Brix e inferior ao resultado encontrado por Paula et al. (2012), 6,47°Brix.

O teor de cinzas encontra-se superior à reportada por Paula (2012) de 0,41% e por Mattietto (2005) de 0,4%. Geralmente, o conteúdo de cinzas varia de 0,4 a 2,1% em frutas frescas e representam os minerais contidos nos alimentos que podem estar em grandes quantidades como o K^+ , Na^+ e Ca^+ e em pequenas como o Fe, Mn e Zn (CECHI, 2003). Com relação aos açúcares totais, redutores e não redutores, os resultados corroboram com Lima et al. (2003) encontraram, avaliando a polpa de umbu, valores próximos de 7,74%, 4,51% e 3,01% para estes mesmos açúcares.

O processo de congelamento é extremamente dependente das propriedades relacionadas ao produto (FERNANDES et al., 2010). A presença da água e de sólidos em suspensão influenciam diretamente nas propriedades térmicas do alimento em questão. Segundo os trabalhos de BECKER e FRICKE (1999), o ponto inicial de congelamento é mais baixo que o ponto de congelamento da água pura devido às substâncias presentes no alimento. Na Figura 1 tem-se a modelagem matemática da razão de temperatura pelo tempo, expresso em segundos.

Figura 1: Cinética de congelamento da polpa de umbu integral

Fonte: Própria (2019)

Observa-se um comportamento parecido ao da curva obtida para a água pura, permitindo distinguir os três estágios típicos durante a conversão da água em gelo, curvas em formato sigmoide são características de alimentos com elevado teor de água. Araújo et al. (2000), estudando a cinética de congelamento da polpa da acerola, na temperatura de $-22,6^{\circ}\text{C}$, obtiveram comportamento parecido, onde as três fases do congelamento foram observadas.

Segundo Kashara et al. (1986) os produtos agrícolas com teores de água em torno de 70 a 90%, base úmida, apresentam as três fases características da curva de congelamento da água pura, isto é: Fase 1, corresponde ao resfriamento do produto, esse período é caracterizado por uma curva típica exponencial; Fase 2, constituída pelo congelamento do produto, cuja fração de água que é a maior parte do produto, consome a energia para formar os cristais de gelo, a curva é uma reta; e Fase 3, é caracterizada por uma curva exponencial relativa, que corresponde ao pós-congelamento do produto.

Com relação à queda de temperatura, no primeiro estágio, tem-se o resfriamento da polpa, onde a temperatura reduziu rapidamente de $24,20$ até $-1,47^{\circ}\text{C}$ em 840 segundos. Belchior (2012) afirma que essa etapa consiste na redução da temperatura abaixo do ponto de congelamento da água, sem mudança de fase.

No segundo estágio, a mudança de fase ocorreu lentamente, onde a temperatura reduziu de -2,73 até -3,90 °C em 1.140 segundos. Barbin et al. (2010) menciona que a transformação da água em gelo, com a retirada do calor latente, acontece quando quase não ocorre variação da temperatura do produto.

No terceiro estágio, tem-se o período de pós-congelamento, onde a temperatura decresce até alcançar o equilíbrio com a temperatura do meio de resfriamento (BARBIN et al., 2010), a queda de temperatura foi de -4,17 a -30,03°C em 13.500 segundos. Fernandes et al. (2010) estudando o congelamento de polpa de morango em banho ultratermostático a -20 °C verificaram uma temperatura de início de congelamento de -0,7 °C. Soares et al. (2012) utilizando um ultrafreezer para o congelamento da polpa de mangaba verificaram uma temperatura inicial de congelamento de aproximadamente -1°C. Já Pereira et al. (2014) congelando polpa de acerola em câmara fria a -25°C, obteve uma temperatura de início de congelamento de -1,1°C.

Feitosa et al. (2017) ao analisarem grãos de feijão-fava submetido as temperaturas de -15° C, -25° C e -50° C, verificaram que para atingir as temperaturas pré-estabelecidas foi necessário o tempo de 4485 s, 3075 s e 1730 s, respectivamente, e que a redução da temperatura fez com que as amostras congelassem mais rápido.

Na Tabela 2 encontra-se o valor do coeficiente de difusividade térmica da polpa integral de umbu, bem como o ajuste da Equação 1 aos dados experimentais.

Tabela 2: Coeficiente de difusividade térmica da polpa integral de umbu

	α (mm ² .s ⁻¹)	R ²
Polpa integral	7,3871	0,9291

Fonte: Própria (2019)

A difusividade térmica é uma propriedade termofísica que mede a capacidade de um material de conduzir energia térmica em relação à sua capacidade de armazená-la

(INCROPERA e DEWITT, 2003). Tres et al. (2011) afirmam que o conhecimento do coeficiente da difusividade térmica é de fundamental importância, por ser uma propriedade de transporte necessária na modelagem e nos cálculos de transferência de calor transiente, além de ser essencial para a simulação durante o congelamento no interior de um alimento, tornando-se de grande valia para a indústria, pois sem esta propriedade termofísica não seria possível calcular a transferência de calor nas substâncias.

A difusividade térmica obtida para a polpa integral de umbu a -30°C encontra-se superior aos valores verificados por Araújo et al. (2000) analisando a polpa da acerola nas temperaturas de $-22,6^{\circ}\text{C}$ e -100°C , a saber, $1,23\text{ mm}^2.\text{s}^{-1}$, para ambas as temperaturas; Cavalcanti-Mata et al. (2003) analisando as curvas de congelamento em frutos da cajá, encontraram variações da difusividade térmica entre as fases de congelamento, $2,8.10^{-7}$ a $3,45.10^{-7}\text{ m}^2.\text{s}^{-1}$ (fase de resfriamento) e $3,1082.10^{-7}$ a $3,2539.10^{-7}\text{ m}^2.\text{s}^{-1}$ (pós-congelamento); e Soares et al. (2012) ao analisarem o congelamento da polpa da mangaba a $-78,3^{\circ}\text{C}$, verificaram que a difusividade térmica foi de $1,03\text{ mm}^2.\text{s}^{-1}$.

Segundo Bergman et al. (2011), alimentos com valor de difusividade térmica elevado, como é o caso da polpa de umbu em relação às demais amostras supracitadas, agem rapidamente a mudanças térmicas em seu ambiente, enquanto alimentos de pequenos valores agem mais lentamente, demorando a alcançar um novo estado de equilíbrio. Ressaltando ainda, por oportuno, que a difusividade térmica de um material é influenciada pela quantidade de água, pela temperatura, pela composição e pela porosidade (TRES et al., 2011).

Conclusões

Com relação às características físico-químicas, a polpa integral de umbu é um produto com alto teor de água e de sólidos solúveis totais, caracterizada como perecível e muito ácida ($\text{pH} < 3,7$). Durante o congelamento, na temperatura estudada, a curva apresenta formato sigmoide permitindo distinguir as três fases durante a conversão da água em gelo, cujo tempo necessário para a estabilização térmica foi de 4 horas e 30 minutos, obtendo o valor do coeficiente de difusividade térmica de $7,3871\text{ mm}^2.\text{s}^{-1}$, superior aos encontrados para outros produtos

Referências

AMORIM, G.A.; SANTOS, T. C.; PACHECO, L. S. V.; TAVARES, I. M.C.; FRANCO, M. Avaliação microbiológica, físico-química e sensorial de polpas de frutas comercializadas em Itapetinga-BA. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11; 2010.

ARAÚJO, M. S. O.; BRAGA, M. E. D.; MATA, M. E. R. C. Cinética de congelamento de polpa de acerola a baixas temperaturas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.2, n.1, p.27-34, 2000.

BASTOS, M. S. R.; SOUZA FILHO, M. S. M.; MACHADO, T. F.; OLIVEIRA, M. E. B.; ABREU, F. A. P.; CUNHA, V. A. **Manual de boas práticas de fabricação de polpa de fruta congelada**. Fortaleza: Embrapa - CNPAT / SEBRAE/CE, 1999. 52p.

BARBIN, D. F.; DAVILA, L. S. M.; JÚNIOR, V. S. Avaliação da estabilidade de soluções modelo (CMC- sacarose) em recongelamentos. **B.CEPPA**, v. 28, n. 1, p. 125-132, 2010.

BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. Fatores que condicionam a estabilidade de alimentos. In: BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998.p. 13-25

BECKER, B. R.; FRICKE, B. A. Food thermophysical property models. **Heat and Mass Transfer**, v. 26, p. 627-636, 1999.

BELCHIOR, N. C. **Transferência de calor no congelamento de polpa de maracujá**. 2012. 127f. Dissertação (Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras (MG).

BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S.; INCROPERA, F. K.; DEWITT, D. P. **Introduction to Heat Transfer**, 6ª Ed, New York: John Wiley & Sons, Inc. 2011, 953p.

CAVALCANTI-MATA, M. E. R. C.; BRAGA, M. E. D.; SILVA, M. Curvas de congelamento de frutos de cajá (*Spondias lutea* L.) a temperaturas semi-criogênicas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Especial, n.1, p.55-62, 2003.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2.ed. rev. Campinas: UNICAMP, 2003. 207p.

CHAVES, M.C.V.; GOLVEIA, J.P.G.; ALMEIDA, F.A.C.; LEITE, J.C.A.; SILVA, F.L.H. Caracterização físico-química do suco da acerola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Belo Horizonte, v.4, n.2, p.1-10, 2004.

COSTA, N. P.; LUZ, T. L. B.; GONÇALVES. Caracterização físico-química de frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* ARR. CÂM.), colhidos em quatro estádios de maturação. **Bioscience Journal**, v.20, n.2, p. 65-71. 2004.

DANTAS, R. L.; ROCHA, A. P. T.; ARAÚJO, A. S.; RODRIGUES, M. S. A.; MARANHÃO, T. K. L. Qualidade microbiológica de polpa de frutas comercializadas na cidade de Campina Grande, PB. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.14, n.2, p.125-130, 2012.

FEITOSA, R. M.; SILVA, R. C.; MELO, J. C. S.; LINS, A. D. F.; PÊ, P. R.; OLIVEIRA, S. N. Cinética de congelamento e difusividade térmica efetiva do feijão fava. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 3, p. 147-152, 2017.

FERNANDES, T. N.; RESENDE, J. V.; CRUVINEL, R. S. R.; RENO, M. J. Relação entre o comportamento reológico e a dinâmica do congelamento e descongelamento de polpa de morango adicionada de sacarose e pectina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n.1, p.188-204, 2010.

GHODAKE, H. M.; GOSWAMI, T. K.; CHAKRAVERTY, A. Moisture sorption isotherms, heat of sorption and vaporization of withered leaves, black and green tea. **Journal of Food Engineering**, v.78, n.3, p. 827-835, 2007.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Normas analíticas do IAL: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 5.ed. São Paulo, 2008. 1020 p.

INCROPERA, F. P.; DE WITT, D. P.; BERGMAN, T. **Fundamentos de transferência de calor e massa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 643 p.

KASAHARA G., I.; GARRIDO B., F., SIMPSON R., R.; ALDUNATE M., M.I.; CORNEJO F., F. Cinética de congelacion y propiedades termofísicas en dos especies de frutales menores. **In: KASAHARA G., I. Topicos en transferencia de calor y propiedades**

termofísicas en: refrigeracion y congelacion de alimentos. Santiago de Chile: Maval, 1986. cap.4. p.81-109.

LIMA, I. J. E.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M. F. Propriedades termofísicas da polpa de umbu. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. Esp., n.1, p.31-42, 2003.

LIMA, E. Q.; OLIVEIRA, E.; BRITO, H. R. Extraction and characterization of the essential oils from *Spondias mombin* L. (Cajá), *Spondias purpurea* L. (Ciriguela) and *Spondia* ssp (Cajarana do sertão). **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n. 2, p. 105-116, 2016.

MATTIETTO, R. A. **Estudo tecnológico de um néctar misto de cajá (*Spondias lutea* L.) e umbu (*Spondias tuberosa*, Arruda Câmara).** 2005. 299 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

MATTIETTO, R. A.; LOPES, A. S.; MENEZES, H. C. Estabilidade do néctar misto de cajá e umbu. **Ciência e Tecnologia Alimentar**, v. 27, n. 3, p.456 -463, 2007.

MOHSENIN, N. N. **Thermal properties of foods and agricultural materials.** New York, NY: Gordon and Breach Pub, 1980. 407p.

PAULA, B.; FILHO, C. D.; MATTA, V. M.; MENEZES, J. S.; LIMA, P. C.; PINTO, C. O.; CONCEIÇÃO, L. E. M. G. Produção e caracterização físico-química de fermentado de umbu. **Ciência Rural**, v.42, n.9, p.1688-1693, 2012.

PEREIRA, C. G.; RESENDE, J. V.; GIAROLA, T. M. O. Relationship between the thermal conductivity and rheological behavior of acerola pulp: effect of concentration and temperature. **LWT - Food Science and Technology**, v. 58, n. 2, p. 446-453, 2014.

SILVA, V. K. L.; FIGUEIREDO, R. W.; BRITO, E. S.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; FIGUEIREDO, E. A. T. Estabilidade de polpa de bacuri. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 5, p. 1293-1300, 2010.

SILVA, L. M. M.; SANTOS, A. R. L.; SILVA, C. N.; SOUZA, J. A. R.; ARGUELLO, V. M. Estudo do comportamento reológico da polpa e da geleia de umbu (*Spondias tuberosa* Arr.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.16, n.4, p.411-422, 2014.

SOARES, D. S. C.; SANTOS, J. T. S.; CAMPOS, A. F. P.; COSTA, F. S. C.; NUNES, T. P.; JÚNIOR, A. M. O. Avaliação do tempo de congelamento da mangaba (*Hancornia Speciosa Gomes*) em ultrafreezer através dos modelos matemáticos de Planck e Pham. **Scien. Plena**, v. 8, n.4. 2012.

TRES, M. V.; BORGES, G. R.; CORAZZA, M. L.; ZAKRZEWSKI, C. A Determinação da difusividade térmica de alimentos: medidas experimentais e simulação numérica. **Perspectiva**, v.35, n.131, p. 43-56, 2011.