УДК 664.143

DOI 10.29141/2500-1922-2019-4-2-2

Использование экстракта микроводоросли *Dunaliella salina* в технологии желейно-фруктового мармелада

**Е.А. Кузнецова^{1*}, Я. Бриндза², Е.В. Климова¹, А.Б. Боровков³, И.Н. Гудвилевич³,
Я.Д. Жондарева³, Е.Ал. Кузнецова¹**

¹ Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орёл, Российская Федерация, *e-mail: elkuznetcova@rambler.ru

² Словацкий сельскохозяйственный университет, г. Нитра, Словацкая Республика

³ Институт морских биологических исследований имени А.О.Ковалевского РАН, г. Севастополь, Российская Федерация

Ключевые слова:

микроводоросль
Dunaliella salina;
экстракт;
антиоксиданты;
мармелад;
качество

Реферат

Кондитерские изделия характеризуются высокой калорийностью и низкой пищевой ценностью. В современных условиях хозяйствования особое значение приобретает разработка технологий кондитерских изделий повышенной пищевой ценности, содержащих биологически активные компоненты, в том числе антиоксиданты природного происхождения. В статье представлены результаты исследований использования экстракта микроводоросли *Dunaliella salina* в технологии желейно-фруктового мармелада. Уставлено, что спиртовой экстракт микроводоросли содержит биологически активные вещества: каратиноиды, хлорофилл, селен и другие микроэлементы. Представлена новая рецептура желейно-фруктового мармелада, включающая концентрированный яблочный сок, яблочную пасту, экстракт микроводоросли *Dunaliella salina*. Экспериментальные образцы мармелада характеризовались высокими показателями сенсорной оценки. Рецептура позволяет заменить 10 % по СВ сахарного песка концентрированным яблочным соком. Сокращается продолжительность выстойки желейно-фруктового мармелада, который обладает повышенной антиоксидантной активностью. Разработанные рецептура и технология позволяют расширить ассортимент желейно-фруктового мармелада, обладающего полезными свойствами.

Для цитирования: Кузнецова Е.А., Бриндза Я., Климова Е.В., Боровков А.Б., Гудвилевич И.Н., Жондарева Я.Д., Кузнецова Е.Ал. Использование экстракта микроводоросли *Dunaliella salina* в технологии желейно-фруктового мармелада // Индустрия питания/Food Industry. 2019. Т. 4. № 2. С. 14–19. DOI 10.29141/2500-1922-2019-4-2-2

Microalga *Dunaliella Salina* Extract Use in The Jelly-Fruit Marmalade Technology

**Elena A. Kuznetsova^{1*}, Jan Brinza², Elena V. Klimova¹, Andrey B. Borovkov³,
Irina N. Gudvilovich³, Yana D. Zhondareva³, Elena Al. Kuznetsova¹**

¹ Orel State University named after I. S. Turgenev, Orel, Russian Federation, *e-mail: elkuznetcova@rambler.ru

² Slovak Agricultural University. Nitra, Slovakia

³ Marine Biological Research Institute named after A. O. Kovalevsky of the Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russian Federation

Keywords:

microalga
Dunaliella Salina
extract;
antioxidants;
marmalade;
quality

Abstract

Confectionery products are characterized by high calorie and low nutritional value. In modern management conditions the confectionery technology development of increased nutritional value containing biologically active components, including antioxidants of natural origin is of particular importance. The article presents the results of research on the use of microalga extract *Dunaliella Salina* in jelly-fruit marmalade technology. The authors revealed that the alcoholic microalga extract contains biologically active substances: caratinoids, chlorophyll, selenium and other microelements. They presented a new jelly-fruit marmalade recipe with concentrated apple juice, apple paste, microalga extract *Dunaliella Salina*. Experimental samples of marmalade demonstrate high rates of sensory evaluation.

The given recipe allows to replace 10 % of sugar with concentrated apple juice. There is a reduction in the tincture duration of the jelly-fruit marmalade, which has an increased antioxidant activity. The developed recipe and technology allow to expand the range of jelly-fruit marmalade with useful properties.

For citation: Elena A. Kuznetsova, Jan Brinza, Elena V. Klimova, Andrey B. Borovkov, Irina N. Gudvilovich, Yana D. Zhondareva, Elena Al. Kuznetsova. Microalga Dunaliella Salina Extract Use in The Jelly-Fruit Marmalade Technology. Индустрия питания/Food Industry. 2019. Vol. 4, No. 2. P. 14–19. 10.29141/2500-1922-2019-4-2-2

Актуальность

Современные тенденции процесса формирования органических продуктов питания диктуют необходимость создания новых видов кондитерских изделий с низкой калорийностью, богатых биологически активными веществами, в том числе антиоксидантами. Количество разрешенных синтетических пищевых добавок неуклонно уменьшается, поскольку, как считают ученые, многие из них являются активаторами канцерогенеза, а кроме того, токсичными для печени и почек. Поэтому их замещение натуральными ингредиентами стало обычной практикой [1].

Антиоксиданты включают в себя биоактивные растительные фенолы, аскорбаты, токоферолы и каротиноиды. Известно, что природные антиоксиданты обладают разнообразными полезными свойствами, включая антиаллергические, противовирусные, противовоспалительные и антимуtagenные свойства [2].

Представители класса каротиноидов обладают широким спектром фармакологических свойств; основными из них являются антиоксидантная, радиопротекторная, провитаминная, антиканцерогенная и другие виды активности [3; 4].

Богатым источником антиоксиданта β -каротина является водоросль *Dunaliella salina*. Выращенные в условиях стресса зеленые морские водоросли *Dunaliella salina* содержат большое количество общих каротиноидов (12,6 %, dw), включая бета-каротин (60,4 % от общего количества каротиноидов), астаксантин (17,7 %), зеаксантин (13,4 %), лютеин (4,6 %) и криптоксантин (3,9 %) [1]. В отличие от других водорослей клетки *Dunaliella salina* лишены целлюлозной или пектиновой оболочки и окружены лишь тонкой эластичной протоплазматической мембраной (плазмалеммой), что существенно облегчает усвоение биомассы водоросли¹.

Целью исследования являлась разработка рецептуры и технологии желеино-фруктового мармелада, обладающего антиоксидантными свойствами, для расширения ассортимента кондитерских изделий. В технологии желеино-фруктового мар-

мелада был использован спиртовой экстракт зеленой микроводоросли *Dunaliella salina*.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования послужили зеленая микроводоросль *Dunaliella salina*, рецептура и технология желеино-фруктовых мармеладных изделий. Исследования сырья и готовых изделий проводились с помощью общепринятых методов анализа.

Полученную в ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН» чистую культуру водоросли *Dunaliella salina* культивировали на модифицированной питательной среде Тренкеншу при круглосуточном освещении и температуре 26–28 °C в условиях повышенной солености среды и дефицита биогенных элементов. На биомассу водоросли воздействовали центрифугированием при 3 000 об./мин в течение 8 мин, затем биомассу водоросли очищали от культуральной среды промыванием дистиллированной водой и высушивали до влажности 13–15 %. Далее проводили экстракцию биомассы микроводоросли полярным растворителем – 96 %-м этанолом для выделения каротиноидов и хлорофилла. Процесс экстракции осуществляли при температуре 50 °C, соотношении сухой биомассы и экстрагента 1:10 и перемешивании с частотой 60 об./мин. Экспериментально установлена рациональная продолжительность экстракции, равная 90 мин. Разделение экстракта и осадка производили центрифугированием при 4 000 об./мин в течение 10 мин. Избыток этанола из экстракта удаляли с помощью вакуумного испарителя до достижения содержания сухих веществ (СВ) в экстракте 12 %.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты определения некоторых показателей биохимического состава экстракта микроводоросли *Dunaliella salina* представлены в табл. 1.

Традиционные мармеладные изделия отличаются высоким содержанием сахара. Поэтому актуальной задачей стала разработка желеино-фруктового мармелада с пониженным содержанием рафинированных сахаров, обогащенных биологически активными веществами и антиоксидантами. Разработанная рецептура желе-

¹ Способ культивирования одноклеточной зеленой микроводоросли *Dunaliella salina* для получения биомассы: пат. № 0002541446 // Лях А. М. Оpubл.: 02.10.2015 г.

Таблица 1. Некоторые показатели биохимического состава экстракта микроводоросли *Dunaliella salina*
Table 1. Some Biochemical Composition Indicators of the Microalga Extract *Dunaliella Salina*

Показатель	Содержание в экстракте
Антиоксидантная активность, ингибирования радикала ДФПГ, %	46,60 ± 1,03
Хлорофилл, %	4,81 ± 0,12
Каротиноиды, мг %	1,93 ± 0,10
Минеральные вещества, мг/кг	
Магний	10,35 ± 0,08
Фосфор	2,46 ± 0,02
Железо	5,13 ± 0,04
Селен	1,25 ± 0,02

но-фруктового мармелада повышенной антиоксидантной активности представлена в табл. 2.

В качестве контрольного образца была выбрана классическая рецептура формового желеино-фруктового мармелада [1].

Технология приготовления желеино-фруктового мармелада включала в себя следующие операции. Все сухие компоненты просеивали на ситах с магнитоуловителями. Сахар-песок просеивали через сито с размером ячеек не более 3 мм. Патоку подогревали до 40–50 °С и процеживали через сито с отверстиями $d = 3$ мм. Отве-

шивали необходимое количество сахара-песка в соответствии с рецептурой в соотношении 5:1 к пектину и приводили в нативное состояние, замачивая пектин двукратным количеством концентрированного сока с температурой 20 °С. Смесь оставляли для набухания в течение 1–2 ч при постоянном помешивании. Патоку подогревали до температуры 40–45 °С.

Набухший пектин растворяли в емкости, постоянно помешивая, при температуре не выше 60 °С. После полного растворения в смесь вводили рецептурное количество сахара-песка; после растворения компонентов при постоянном нагревании добавляли патоку, подогретую до температуры 40–45 °С, оставшееся количество концентрированного сока и рецептурное количество пасты яблочной. Далее уваривали полученную массу до содержания сухих веществ 73–75 %, что соответствовало температуре кипения 104–106 °С и осуществлялось при давлении греющего пара $0,3 \pm 0,1$ Мпа.

Готовую мармеладную массу подавали в темперирующую машину при постоянной температуре 75–80 °С. На этой стадии вводили рецептурное количество экстракта микроводоросли *Dunaliella salina*.

Уваренную мармеладную массу охлаждали до 50 °С. Получена мармеладная масса с содержанием сухих веществ 73–75 % при температуре $52,5 \pm 2,5$ °С. Сваренную мармеладную массу разливали в предварительно смазанные патокой силиконовые формы ручным способом.

Таблица 2. Рецептура желеино-фруктового мармелада повышенной антиоксидантной активности
Table 2. Jelly-Fruit Marmalade Recipe of an Increased Antioxidant Activity

Сырье и полуфабрикаты	Массовая доля сухих веществ, %	Нормы расхода сырья на 1 т готовых изделий, кг			
		Контроль		Разработанный желеино-фруктовый мармелад	
		В натуре	В СВ	В натуре	В СВ
Сахар-песок для обсыпки	99,85	68,0	67,9	68,0	67,9
Сахар-песок в мармелад	99,85	504,2	503,4	453,78	453,1
Яблочный сок	10,0	152,0	15,2	–	–
Концентрированный яблочный сок	40,0	–	–	170,0	68,0
Пектин	92,0	18,0	16,6	12,7	11,7
Патока	78,0	290,0	226,2	290	226,2
Лимонная кислота	98,0	73,0	72,0	–	–
Экстракт микроводоросли <i>Dunaliella salina</i>	12,0	–	–	1,1	0,13
Паста яблочная	60,0			40,63	22,35
Итого		1039,5	836,7	1039,5	854,0
Выход	82,0/83,8	1000,0	820,0	1000,0	838,0

Процесс студнеобразования мармеладной массы осуществляли в формах при оптимальных параметрах окружающего воздуха (температура – $20,5 \pm 5$ °C, относительная влажность – $62,5 \pm \pm 2,5$ %). Продолжительность процесса студнеобразования составила 30–40 мин. По окончании студнеобразования мармелад извлекали из форм и обсыпали сахарной пудрой.

Обсыпанный сахарной пудрой мармелад с содержанием сухих веществ 73–75 % подавали в сушильную камеру. Параметры воздуха в процессе сушки поддерживали в следующих пределах: температура $52,5 \pm 2,5$ °C; относительная влажность – 30 ± 10 %, скорость – $0,15 \pm 0,05$ м/с; продолжительность сушки – 240 мин.

Далее мармелад охлаждали; продолжительность охлаждения – 40–60 мин.

Введение концентрированного яблочного сока и яблочной пасты в рецептуру мармелада оптимизирует кислотность в фруктово-ягодном мармеладе; структура студня сохраняется без потери органолептических свойств. Введение концентрированного яблочного сока позволяет осуществить замену соком сахара-песка на 10 % по СВ. Продолжительность выстойки желеино-фруктового мармелада сократилась на 20 мин [5].

Результаты исследования физико-химических свойств разработанного желеино-фруктового мармелада представлены в табл. 3.

Экспериментальные данные показывают, что разработанный желеино-фруктовый мармелад обладает повышенной антиоксидантной активностью, имеет более высокие показатели содержания клетчатки и редуцирующих веществ, а также пластической прочности. В концентрированном яблочном соке и пасте, входящих в состав рецептуры, содержится достаточное количество органических кислот для формирования структуры студня мармелада.

Внесение экстракта микроводоросли *Dunaliella salina* не только повышает антиоксидантную активность мармелада, но и придает ему изумрудно-зеленую окраску и позволяет исключить применение искусственных красителей.

Результаты органолептической оценки показали, что образцы разработанного желеино-фруктового мармелада имели высокие показатели.

Разработанные образцы мармеладных изделий полностью соответствуют требованиям

Таблица 3. Физико-химические показатели мармелада
Table 3. Physical and Chemical Marmalade Parameters

Показатель	Контроль	Разработанный мармелад
Массовая доля сухих веществ, %	$82,0 \pm 0,1$	$83,5 \pm 0,4$
Массовая доля редуцирующих веществ, %	$13,5 \pm 0,2$	$15,20 \pm 0,1$
Титруемая кислотность, град	$18,0 \pm 0,1$	$18,2 \pm 0,2$
Активная кислотность, pH	$3,1 \pm 0,1$	$3,2 \pm 0,1$
Массовая доля клетчатки, %	$0,16 \pm 0,1$	$1,0 \pm 0,1$
Антиоксидантная активность, % ингибирования ДФПГ	$10,23 \pm 0,1$	$38,4 \pm 0,3$
Пластическая прочность, кПа	$22,1 \pm 0,1$	$24,9 \pm 0,3$
Эффективная вязкость $\gamma = 5,4$ с ⁻¹ , Па·с	$215,2 \pm 0,2$	$220,3 \pm 0,2$
Предельное напряжение сдвига, кПа	$8,2 \pm 0,5$	$9,1 \pm 0,5$
Время выстойки, т мин	40–60	30–40

ГОСТ 6442-2014, СанПиН 2.3.2.1078-01 и ТР ТС № 021/2011, предъявляемым к качеству пищевых продуктов, и являются безопасными по микробиологическим показателям.

Установлено, что использование яблочной пасты в рецептуре а) приводит к снижению скорости удаления влаги из мармелада в 2,3 раза; замедляет засахаривание изделий при хранении, что предотвращает их расслаивание, улучшает органолептические и структурные характеристики на протяжении всего нормативного срока хранения.

Заключение

Разработанный желеино-фруктовый мармелад обладает рядом достоинств: повышенной антиоксидантной активностью, высокими показателями качества, приятным цветом за счет использования натурального сырья и пониженной калорийностью. Новый мармелад может расширить ассортимент выпускаемых полезных кондитерских изделий.

Е.А. Кузнецова (ID 25847) благодарит Агентство SAIA за предоставленную финансовую поддержку и возможность проведения исследований в Институте сохранения биоразнообразия и биобезопасности факультета агробиологии и пищевых ресурсов Словацкого сельскохозяйственного университета в Нитре, где получены некоторые результаты, представленные в данной статье.

Библиографический список

1. El-Baky H.H.A., El-Baroty G.S. Enhancement of carotenoids in *Dunaliella salina* for use as dietary supplements and in the preservation of foods // Food and Chemical Toxicology. 2010. № 12 (2). Pp. 185–189.
2. Peng X., Ma J., Cheng K.-W., Jiang Y., Chen F., Wang M. The effects of grape seed extract fortification on the antioxidant activity and quality attributes of bread // Food Chemistry. 2010. Vol. 119. Pp. 49–53.
3. Сергеев А.В., Коростылес С.А., Шяренешева И.И. Иммуномодулирующая и антиканцерогенная активность каротиноидов // Вопросы медицинской химии. 1992. № 4. С. 42–45.
4. Шашакина М.Я., Шашкин П.Н., Сергеев А.В. Каротиноиды как основа для создания лечебно-профилактических средств // Российский биотерапевтический журнал. 2009. № 8. Т. 8. С. 91–98.
5. Сборник рецептур на мармелад, пастилу, зефир / Разраб. ВНИИКЛП: утв. Отделом пищ. пром-сти Госагропрома СССР 29 декабря 1986 г. М., 1987. 47 с.
6. Сизова Т.И. Совершенствование технологии и товароведная оценка желеино-фруктового мармелада повышенной пищевой ценности: дис. канд. техн. наук. Орел, 2018. 231 с.

Bibliography

1. El-Baky, H.H.A.; El-Baroty, G.S. Enhancement of Carotenoids in *Dunaliella salina* for Use as Dietary Supplements and in the Preservation of Foods // Food and Chemical Toxicology. 2010. № 12 (2). Pp. 185–189.
2. Peng, X.; Ma, J.; Cheng, K.-W.; Jiang, Y.; Chen, F.; Wang, M. The Effects of Grape Seed Extract Fortification on the Antioxidant Activity and Quality Attributes of Bread // Food Chemistry. 2010. Vol. 119. Pp. 49–53.
3. Sergeev, A.V.; Korostyles, S.A.; Shyareneshcheva, I.I. Immunomoduliruyushchaya i Antikancerogennaya Aktivnost Karotinoidov [Immunomodulatory and Anticarcinogenic Carotenoids Activity] // Voprosy Medicinskoj Himii. 1992. № 4. P. 42–45.
4. Shashakina, M.YA.; Shashkin, P.N.; Sergeev, A.V. Karotinoidy kak Osnova dlya Sozdaniya Lechebno-Profilakticheskikh Sredstv [Carotenoids as a Basis for the Creation of Therapeutic and Prophylactic Agents] // Rossijskij Bioterapevticheskij Zhurnal. 2009. № 8. T. 8. P. 91–98.
5. Sbornik Receptur na Marmelad, Pastilu, Zefir [Recipes Collection for Marmalade, Pastille, Marshmallow] / Razrab. VNIILKP: Utv. Otdelom Pishch. Prom-sti Gosagroproma SSSR 29 Dekabrya 1986 g. M., 1987. P. 47.
6. Sizova, T.I. Sovershenstvovanie Tekhnologii i Tovarovednaya Ocenka Zhelejno-Fruktovogo Marmelada Povyshennoj Pishchevoj Cennosti [Technology and Merchandising Examination Improvement of Jelly-Fruit Marmalade of Increased Nutritional Value]: Dis. Kand. Tekhn. Nauk. Orel, 2018. P. 231.

Информация об авторах / Information about Authors

**Кузнецова
Елена Анатольевна**

Kuznetsova,
Elena Anatolievna

Тел./Phone: +7 (4862) 41-98-92
E-mail: elkuznetcova@rambler.ru

*Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой промышленной химии и биотехнологии
Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева
302020, Российская Федерация, г. Орел, Наугорское шоссе, 29*

*Doctor of Technical Science, Professor, Head of the Industrial Chemistry and Biotechnology Department
Orel State University named after I. S. Turgenev
302020, Russian Federation, Orel, Naugorskoe Highway, 29*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7165-3517>

Бриндза Ян
Brinza, Jan

E-mail: Jan.Brindza@uniag.sk

*Доктор химических наук, директор Института сохранения биоразнообразия и биобезопасности
Словацкий сельскохозяйственный университет
94976, Словацкая Республика, г. Нитра, Триеда Андреа Хлинку, 2*

*Doctor of Chemistry Science, Director of the Institute for Biodiversity Conservation and Biosafety
Slovak Agricultural University
94976, Slovakia, Nitra, Trieda Andreja Hlinku 2*

**Климова
Елена Валерьевна**
Klimova,
Elena Valerievna

Тел./Phone: +7 (4862) 41-98-92
E-mail: kl.e.v@yandex.ru

*Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры промышленной химии и биотехнологии
Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева
302020, Российская Федерация, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29*

*Candidate of Technical Science, Associate Professor, Associate Professor of the Industrial Chemistry and Biotechnology Department
Orel State University named after I. S. Turgenev,
302020, Russian Federation, Orel, Naugorskoe shosse, 29*

**Боровков
Андрей Борисович**Borovkov,
Andrey BorisovichТел./Phone: +7 (8692) 54-41-10
E-mail: borovkov@imbr-ras.ru*Кандидат биологических наук, заместитель директора по научной работе
Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН
299011, Российская Федерация, г. Севастополь, пр. Нахимова, 2**Candidate of Biological Science, Deputy Director for Research Institute
Marine Biological Research Institute named after A. O. Kovalevsky
of the Russian Academy of Sciences
299011, Russian Federation, Sevastopol, Nakhimov Avenue, 2*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6612-491X>**Гудвилевич
Ирина Николаевна**Gudvilovich,
Irina NikolaevnaТел./Phone: +7 (8692) 54-41-10
E-mail: gudirina@yandex.ru*Кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела биотехнологий
и фиторесурсов
Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН
299011, Российская Федерация, г. Севастополь, пр. Нахимова, 2**Candidate of Biological Science, Researcher of the Biotechnology and Phytoresources
Department
Marine Biological Research Institute named after A. O. Kovalevsky
of the Russian Academy of Sciences
299011, Russian Federation, Sevastopol, Nakhimov Avenue, 2*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7412-8283>**Жондарева
Яна Дмитриевна**Zhondareva,
Yana DmitrievnaТел./Phone: +7 (8692) 54-41-10
E-mail: yana.zhondareva@yandex.ru*Аспирант отдела биотехнологий и фиторесурсов
Институт морских биологических исследований имени А.О.Ковалевского РАН
299011, Российская Федерация, г. Севастополь, пр. Нахимова, 2**Postgraduate Student of the Biotechnology and Phytoresources Department
Marine Biological Research Institute named after A. O. Kovalevsky
of the Russian Academy of Sciences
299011, Russian Federation, Sevastopol, Nakhimov Avenue, 2*ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0397-8162>**Кузнецова
Елена Александровна**Kuznetsova,
Elena AleksandrovnaТел./Phone: +7 (4862) 41-98-92
E-mail: elkuznetcova@rambler.ru*Студент направления подготовки 19.03.01 «Биотехнология»
Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева
302020, Российская Федерация, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29**Student of the Field of Education 19.03.01 "Biotechnology"
Orel State University named after I. S. Turgenev,
302020, Russian Federation, Orel, Naugorskoe shosse, 29*