ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-431-437
УДК 664.162.72:663.674

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Изучение функционально-технологических свойств сиропа сахарного сорго и его использование в технологии мороженого

Л. В. Голубева, Е. А. Пожидаева*

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»,
394036, Россия, г. Воронеж, проспект Революции, 19

**e-mail: katerina-77707@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 01.04.2019
Дата принятия в печать: 30.08.2019

© Л. В. Голубева, Е. А. Пожидаева, 2019

Аннотация. Сироп сахарного сорго характеризуется насыщенным углеводным составом, включающим целлобиозу, мальтозу, маннозу, рамнозу, рибозу, фруктозу, глюкозу и сахарозу. Цель работы – изучить физико-химические свойства сиропа сахарного сорго (средняя молекулярная масса, плотность, растворимость в воде, температура плавления) и его применение при производстве мягкого мороженного на его основе. Результаты анализа физико-химических свойств сиропа сахарного сорго убедительно доказывают перспективность его применения в технологии мягкого мороженого. Определение коэффициента сладости сиропа сахарного сорго проводили в сравнении с эталонным раствором сахара, а также с применением дегустационной оценки. Установлено, что при среднем количестве дегустаторов равном 5 значение эквивалентной сладости составляет 1,5. Данная сладость сиропа сахарного сорго является эквивалентной сладостью для раствора сахарозы, которая ощущается с минимальной концентрацией. Оценка антиоксидантной активности сиропа сахарного сорго свидетельствует о возможности его использования при проектировании продуктов с антиоксидантными свойствами. На основании проведенных исследований разработана рецептура мягкого мороженого, в состав которого вошли: сливки (м.д.ж. 20 %), молоко (м.д.ж. 3,2 %), сухое обезжиренное молоко, сироп сахарного сорго, стабилизатор «Cremodan® SE 334 VEG», пищевые волокна «Citri-Fi». Входящие в состав рецептуры пищевые волокна «Цитри-Фай» улучшают характеристики таяния, обладают структурообразующими свойствами и антиоксидантным действием. Определены качественные и органолептические показатели мягкого мороженого с сиропом сахарного сорго. Мягкое мороженое является востребованным продуктом среди всех групп населения и широко распространено в кафе, ресторанах, пансионатах, домах отдыха и санаториях.

Ключевые слова. Биопотенциал, антиоксидантная активность, пищевые волокна, сопротивляемость таянию, взбитость

Для цитирования: Голубева, Л. В. Изучение функционально-технологических свойств сиропа сахарного сорго и его использования в технологии мороженого / Л. В. Голубева, Е. А. Пожидаев // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 3. – С. 431–437. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-431-437.

Original article

Available online at http://fptt.ru/end

Functional and Technological Properties of Sorghum Syrup and Its Use in Ice Cream Technology

L.V. Golubeva, E.A. Pozhidaeva*

Voronezh State University of Engineering Technologies,
19, Revolution Ave., Voronezh, 394036, Russia

**e-mail: katerina-77707@mail.ru*

Received: April 01, 2019
Accepted: August 30, 2019

© L.V. Golubeva, E.A. Pozhidaeva, 2019

Abstract. Sorghum syrup has a saturated carbohydrate composition, which includes cellobiose, maltose, mannose, rhamnose, ribose, fructose, glucose, and sucrose. The present research featured the physicochemical properties of sugar sorghum syrup, i.e. average molecular weight, density, solubility in water, and melting point, and its prospective use in the production of soft ice cream. The carbohydrate composition of sugar sorghum syrup was defined by the method of normal-phase high-performance liquid chromatography. The antioxidant activity of sorghum syrup was determined using the amperometric method. The study of its physicochemical properties proved that it can be used in soft ice cream technology. The sweetness coefficient was determined in comparison with sugar solution and by a taste panel. With an average number of panelists equal to 5, the value of equivalent sweetness was 1.5. This sweetness of sorghum syrup was equivalent to the sweetness of the sucrose solution with minimal concentration. The assessment of the antioxidant activity of sorghum syrup indicated the possibility of its use in functional products with antioxidant properties. The paper introduces a recipe for soft ice cream: cream (20% of fat), milk (3.2% of fat), skimmed milk powder, sorghum syrup, stabilizer 'Cremodan® SE 334 VEG', Citri-Fi dietary fiber. The overrun was studied by the method of determining the volume fraction of air; the acidity was determined by the titrimetric method. The resistance to melting was assessed

using a cylindrical sample with a diameter of 35 mm and a height of 5 cm. The sample was thermostated at 25 ± 1°C, while the sample area was fixed at regular intervals. The overrun of soft ice cream was 85%, the resistance to melting equaled 20 minutes. Soft ice cream is a popular product among all groups of the population and is widespread in cafes, restaurants, and health-resorts.

Keywords. Biopotential, antioxidant activity, dietary fiber, resistance to melting, overrun

For citation: Golubeva LV, Pozhidaeva EA. Functional and Technological Properties of Sorghum Syrup and Its Use in Ice Cream Technology. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(3):431–437. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-431-437.

Введение

Приоритетными задачами повышения конкурентоспособности пищевой продукции, создания условий для обеспечения продовольственной безопасности страны, а также импортозамещения в отношении социально значимых продуктов питания и наращивания экспортного потенциала является внедрение инноваций на основе масштабного технологического обновления производства с использованием передовых научно-технических разработок. В связи с этим проектирование продуктов диетического и лечебно-профилактического назначения для всех возрастных групп населения является первостепенной и необходимой задачей. Например, мягкое мороженое является востребованным продуктом среди всех групп населения и широко распространено в кафе, ресторанах, пансионатах, домах отдыха и санаториях.

В настоящее время ассортимент предприятий по производству сахаров и сахаристых продуктов в Российской Федерации ограничен производством кристаллической сахарозой и крахмальной патокой. Одним из способов расширения ассортимента выпускаемой продукции является производство и применение в технологиях сиропов: глюкозо-фруктозо-сахарозный, глюкозо-фруктозный, фруктозный, глюкозный. Они могут применяться в качестве заменителей сахара. Также использование сиропов с технологической и экономической точки зрения является наиболее оптимальным. Достойным примером может служить сироп сахарного сорго.

Актуальность применения данного сиропа в пищевых технологиях обусловлена его химических составом, а также изученными функционально-технологическими свойствами [1–5]. Цель работы – изучить физико-химические свойства сиропа сахарного сорго (средняя молекулярная масса, плотность, растворимость в воде, температура плавления) и его применение при производстве мягкого мороженного на его основе.

Объекты и методы исследования

Объектами экспериментальных исследований являлись образцы сиропа сахарного сорго и мягкого мороженого с его включением на основе сливок (м.д.ж. 20 %), молока (м.д.ж. 3,2 %), сухого обезжиренного молока, стабилизатора «Cremodan® SE 334 VEG» и пищевых волокон «Citri-Fi». Углеводный состав сиропа сахарного сорго проводили методом нормально-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии с рефрактометрическим детектированием элюата, который основан на различной сорбционной способности углеводов. Антиоксидантную активность сиропа сахарного сорго определяли с применением амперометрического метода на приборе «Цвет Яуза-01-АА». Методика основана на прямом количественном измерении антиоксидантной активности исследуемых образцов. Меняя полярность и величины приложенных потенциалов, определяли суммарную антиоксидантную активность. Определение коэффициента сладости проводили с помощью метода, сущность которого заключается в последовательном парном сравнении исследуемых растворов с одним и тем же эталонным раствором сахара. Его сладость приравнивается к 1. Для оценки эквивалентной сладости сиропа сахарного сорго был взят сахарный раствор, соответствующий пороговой сладости – 0,4 г/дм^3. Органолептические исследования мягкого мороженого проводились согласно ГОСТ Р ИСО 22935-2-2011, массовую долю влаги и сухих веществ определяли методом высушивания по ГОСТ 3626, массовую долю жира – кислотным методом по ГОСТ 5867. Взбитость исследовали по методике определения объемной доли воздуха, кислотность определяли титриметрическим методом. Сопротивляемость таянию мягкого мороженого, характеризующей способность сохранять геометрические размеры при температуре 25 ± 1 °C, осуществляли в несколько последовательных этапов. На первом этапе отбирали цилиндрическую пробу мягкого мороженого диаметром 35 мм и высотой 5 см и помещали на предварительно охлажденную чашку Петри. Подготовленный образец помещали в термостат с температурой воздушной среды 25 ± 1 °C с дальнейшей фиксацией площади образца через равные промежутки времени до заметной потери образцом своих геометрических размеров.

Таблица 1. Углеводный состав сиропа сахарного сорго

Table 1. Carbohydrate composition of sorghum syrup

Наименование сахаров	% к общему содержанию сахаров	Наименование сахаров	% к общему содержанию сахаров
Целлобиоза	0,127	Фруктоза	22,516
Мальтоза	1,284	Арабиноза	0,348
Рамноза	0,024	Глюкоза	20,968
Рибоза	0,026	Сахароза	54,251
Манноза	0,456	–	–

Таблица 2. Сравнительная характеристика углеводов сиропа сахарного сорго

Table 2. Comparison of sorghum syrup carbohydrates

Наименование углевода	% к общему содержанию сахара	Эквивалентная сладость, ед. SES	Средняя молекулярная масса, г/моль	Плотность, г/см³	Растворимость в воде при 25 °С, г/100 мл	Температура плавления, °С
Сахароза $C_{12}H_{22}O_{11}$	54,251	1,00	342	1,587	211,5	185–190
Фруктоза $C_6H_{12}O_6$	22,516	1,73	180	1,695	375,0	100–105
Глюкоза $C_6H_{12}O_6$	20,968	0,70	180	1,540	90,9	144–148
Мальтоза $C_{12}H_{22}O_{11}$	1,284	0,45	342	1,540	108,0	102–103
Манноза $C_6H_{12}O_6$	0,456	0,59	180	1,540	248,0	132–140
Арабиноза $C_5H_{10}O_5$	0,348	0,5	150	1,540	125,0	164–165
Целлобиоза $C_{12}H_{22}O_{11}$	0,127	0,15	342	1,520	105,0	220–226
Рамноза $C_6H_{12}O_5$	0,024	0,25	164	1,410	300,0	91–93
Рибоза $C_5H_{10}O_5$	0,026	0,25	150	1,681	80,0	88–91

Результаты и их обсуждение

Углеводный состав сиропов имеет большое значение в формировании вкусовых и структурно-механических характеристик мороженого, взбитых замороженных десертов [6]. В сиропе сахарного сорго методом ВЭЖХ были определены: целлобиоза, мальтоза, манноза, рамноза, рибоза, фруктоза, глюкоза и сахароза. Углеводный состав сиропа сахарного сорго приведен в таблице 1.

Сироп сахарного сорго содержит в равных количествах глюкозу и фруктозу. Фруктоза обладает большей растворимостью, чем сахароза, а в процессе хранения не происходит образование кристаллов сахарозы на поверхности продукта с образованием корки при частичном испарении влаги. Глюкоза применяется при производстве мороженого в качестве антикристаллизатора для улучшения структуры мороженого.

При применении композиции сахарозы и моносахаров (например, глюкозы или фруктозы, молекулярная масса которых ниже молекулярной массы сахарозы, являющейся дисахаридом) криоскопическая температура смеси для мороженого понижается. Результатом этого становятся уменьшение массовой доли влаги, вымораживаемой при фризеровании смесей.

Для разработки технологических приемов использования сиропа сахарного сорго при производстве мороженого исследовали физико-химические свойства. Температура плавления у фруктозы и глюкозы ниже сахарозы, что играет важную роль при производстве продуктов. Значения растворимости в воде углеводов составляет от 80 до 375 г на 100 мг. Природное происхождение, экологичность выращивания и производства, отсутствие химикатов и пищевых добавок, а также содержание витаминов и минеральных веществ подчеркивают высокую пищевую ценность и безопасность этого продукта [7–10]. Сравнительная характеристика основных углеводов представлена в таблице 2.

Основная часть углеводного состава сиропа сахарного сорго представлена сахарозой (54,251 %), фруктозой (22,516 %) и глюкозой (20,968 %). В незначительных количествах содержатся мальтоза, манноза, арабиноза, целлобиоза, рамноза и рибоза, оказывающие значимое воздействие при алиментарной коррекции физиологического состояния организма. Например, рибоза входит в состав рибонуклеиновых кислот, которые играют огромную роль в организме при передаче наследственных свойств и синтезе белков, а также нуклеотидов, витаминов, ферментов.

Для определения коэффициента сладости проводили анализ растворов с сиропом сахарного сорго в сравнении с одним и тем же эталонным раствором сахара. Сладость сахарозы приравнена к единице. Эталонный сахарный раствор подготавливали из сахара-песка (ГОСТ 21-94). Сахарный раствор соответствовал пороговой сладости – 0,4 г/дм³. Исследования проводились при 20 °С.

В тесте принимали участие 10 дегустаторов, чувствительность которых к сладким веществам была предварительно подтверждена. Для определения чувствительности дегустаторов к сладости исследовали пороговую чувствительность с применением слабых растворов сахарозы.

Результаты тестов представлены на графике (рис. 1), где по оси X откладывали непосредственно эквивалентную сладость SES, а по оси Y число дегустаторов, оценивших исследуемый раствор как более сладкий (при общем количестве 10).

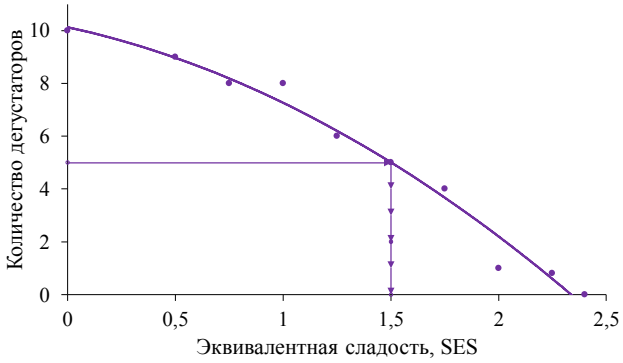

Рисунок 1. Определение эквивалентной сладости сиропа сахарного сорго дегустаторами

Figure 1. Equivalent sweetness of the sorghum syrup as defined by the panelists

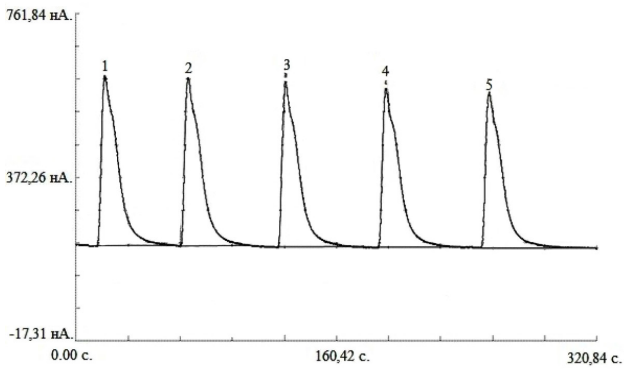

Рисунок 2. Хроматоргамма антиоксидантной активности сиропа сахарного сорго

Figure 2. Chromatorgam of antioxidant activity of the sorghum syrup

На основе анализа дегустационных оценок установлено, что среднее значение эквивалентной сладости составляет X = 1,5. Выявленное значение является воспринимаемой сладостью сиропа сахарного сорго эквивалентной сахарозе в минимальной концентрации. Таким образом, реальное значение эквивалентной сладости изменяется в пределах 1,35–1,65.

Таблица 3. Рецептура мягкого мороженого с сиропом сахарного сорго

Table 3. Soft ice cream recipe with sorghum syrup

Наименование компонента	Массовая доля, %
Сливки (м.д.ж. 20 %)	5,6
Молоко (м.д.ж. 3,2 %)	67,5
Сухое обезжиренное молоко	4,4
Сироп сахарного сорго	22,1
Стабилизатор «Cremodan® *SE 334 VEG*»	0,1
Пищевые волокна «Citri-Fi»	0,3

Проведенные исследования и разработка рецептуры позволили разработать технологическую схему производства мягкого мороженого с сиропом сахарного сорго, которая представлена на рисунке 3.

Одним из приоритетных направлений в медицинской профилактике сегодня можно назвать предупреждение болезней человека, которые вызваны накоплением свободных радикалов в организме.

Окислительно-восстановительные реакции широко распространены в биологических и пищевых системах, которые могут привести к расщеплению

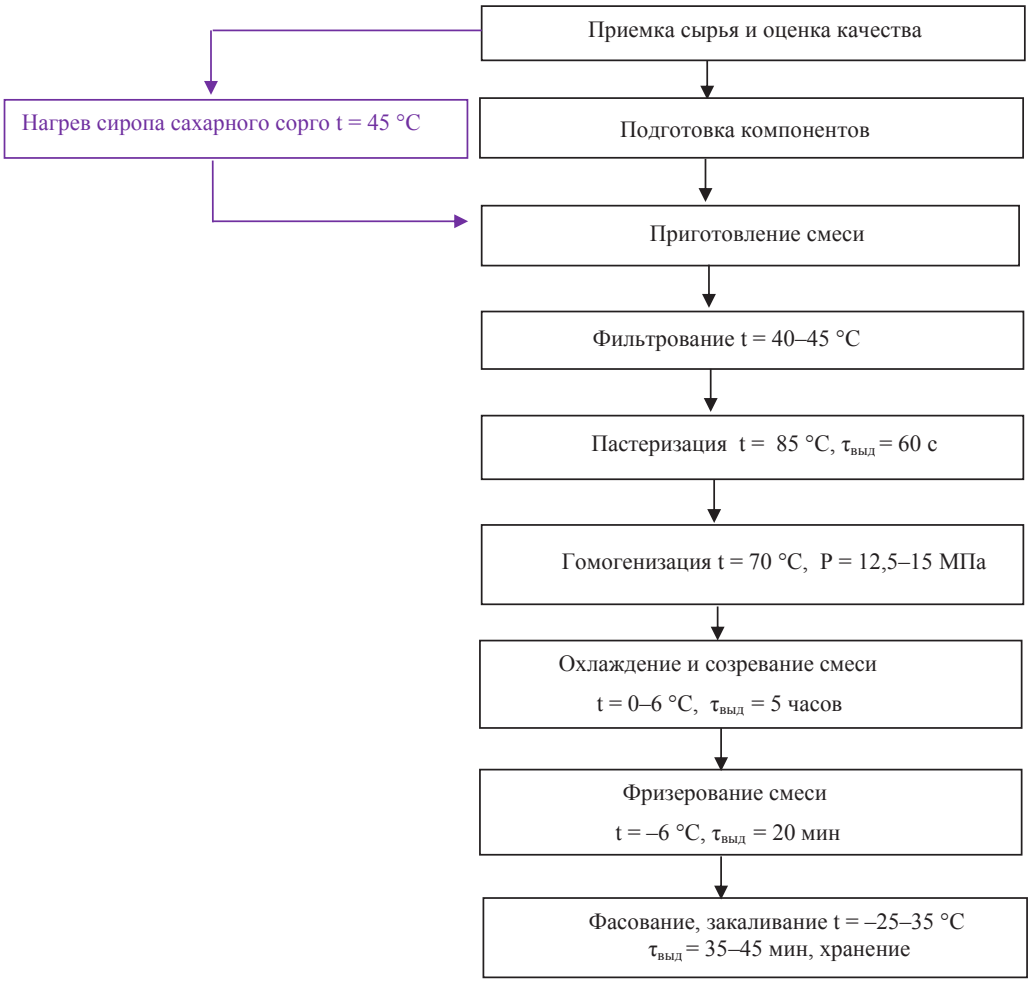

Рисунок 3. Технологическая схема производства мягкого мороженого с сиропом сахарного сорго

Figure 3. Technological scheme of the production of soft ice cream with sorghum syrup

Таблица 4. Органолептические показатели разработанного вида мороженого

Table 4. Sensory properties of the ice cream

Наименование показателя	Характеристика показателя
	Мороженое с сиропом сахарного сорго
Вкус и запах	Чистый вкус, слегка выраженный аромат сиропа сахарного сорго
Структура и консистенция	Пластичная, однородная, без ощутимых кристаллов льда
Цвет и внешний вид	Кремовый, свойственный наличию сиропа сахарного сорго

Таблица 5. Физико-химические показатели мороженого с сиропом сахарного сорго

Table 5. Physico-chemical indicators of ice cream with sorghum syrup

Показатель	Значение
	Мороженое с сиропом сахарного сорго
Массовая доля влаги, %	70,0
Массовая доля сухих веществ, %	30,0
Массовая доля жира, %	3,5
Массовая доля углеводов, %	18,5
Взбитость, %	85
Титруемая кислотность, °Т	22
Сопротивляемость таянию, мин	20

липидов, витаминов с соответствующей потерей нутритивной ценности и развитием постороннего вкуса и запаха. Соединения, которые прерывают участвующую в окислении липидов свободнорадикальную цепную реакцию, называют пищевыми антиоксидантами.

Измерения антиоксидантной активности проводились относительно стандартного сильного окислителя – раствора кверцитина. Расчет содержания антиоксидантов исследуемого образца проводили по калибровочному графику кверцетина, который представлен на рисунке 2.

Содержание антиоксидантов в пересчете на кверцетин в сиропе сахарного сорго составило 675 мг/дм^3. Высокому значению антиоксидантной активности способствуют, содержащиеся в сиропе, минералы (мг/100 г): Mn – 2,459; Cu – 0,39; Zn – 2,170; Se – 1,8.

Минералы-антиоксиданты являются самостоятельными антиоксидантами, а также способствуют усилению действий витаминов-антиоксидантов [11].

В процессе хранения мороженого происходит окисление липидов, что существенно лимитирует его срок годности, а также приводит к ухудшению органолептических свойств продукта. В связи с этим полученные данные свидетельствует о возможности использования сиропа при проектировании продуктов с антиоксидантными свойствами.

На основании проведенных исследования была разработана рецептура мягкого мороженого с сиропом сахарного сорго, в состав которой вошли: сироп сахарного сорго, стабилизатор и пищевые волокна и другие составляющие компоненты (табл. 3) [12].

Были определены качественные и органолептические показатели готового продукта. В таблице 4 приведены органолептические показатели разработанного мягкого мороженого.

Физико-химических показатели мягкого мороженого с сиропом сахарного сорго представлены в таблице 5.

Также стоит отметить то, что в состав рецептуры мягкого мороженого с сиропом сахарного сорго входят пищевые волокна «Цитри-Фай» [13–17], которые, благодаря образованной структуре ячейки, связывают определенное количество влаги, обладают структурообразующими свойствами, тем самым способствуя повышению сопротивляемости таянию [18–20].

Выводы

В результате проведенных научно-технологических исследований обоснован ингредиентный состав и целесообразность применения в составе мягкого мороженого сиропа сахарного сорго дефицитных пищевых волокон расширяющих ассортиментную линейку десертов функционального действия. Полученные результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о повышенных потребительских характеристиках мягкого мороженого, его антиоксидантных и функциональных свойствах.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Regassa, T. H. Sweet sorghum as a bioenergy crop: Literature review / T. H. Regassa, C. S. Wortmann // Biomass and Bioenergy. – 2014. – Vol. 64. – P. 348–355. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.03.052.

2. Structural and physicochemical characteristics of starch from sugar cane and sweet sorghum stalks / F. V. Alves, L. F. Polesi, C. L. Aguiar [et al.] // Carbohydrate Polymers. – 2014. – Vol. 111. – P. 592–597. DOI: https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.05.034.

3. Visarada, K. B. R. S. Sorghum: A Bundle of Opportunities in the 21st Century / K. B. R. S. Visarada, C. Aruna // Breeding Sorghum for Diverse End Uses / C. Aruna, K. B. R. S. Visarada, B. Venkatesh Bhat [et al.]. – Woodhead Publishing, 2019. – P. 1–14. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101879-8.00001-2.

4. Ratnavathi, C. V. Sorghum Syrup and Other by Products / C. V. Ratnavathi, U. D. Chavan // Sorghum Biochemistry: An Industrial Perspective / C. V. Ratnavathi, J. V. Patil, U. D. Chavan. – Elsevier, 2016. – P. 253–310. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803157-5.00005-8.

5. Сапронова, Л. А. Карамельная масса на основе сиропа сахарного сорга / Л. А. Сапронова, Г. А. Ермолаева, Л. Н. Шабурова // Пищевая промышленность. – 2012. – № 4. – С. 58–59.

6. Казакова, Н. В. Функциональная роль сахаров в процессе формирования потребительских свойств мороженого и взбитых замороженных десертов / Н. В. Казакова // Мир мороженого и быстрозамороженных продуктов. – 2016. – № 3. – С. 18–19.

7. Ефремова, Е. Н. Технология переработки сахарного сорго / Е. Н. Ефремова, Н. Ю. Петров // Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – Т. 28, № 4. – С. 66–69.

8. Mechanisms by which botanical lipids affect inflammatory disorders / F. H. Chilton, L. L. Rudel, J. S. Parks [et al.] // American Journal of Clinical Nutrition. – 2011. – Vol. 87, № 2. – P. 498S–503S.

9. Trevino, T. D. Influence of sorghum syrup as a sweetener in fresh pork sausage patties on oxidation during retail display compared to corn syrup / T. D. Trevino, H. Avila, T. J. Machado // Meat Science. – 2016. – Vol. 112. – P. 126. DOI: https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.08.060.

10. Alavi, S. Modern Convenient Sorghum and Millet Food, Beverage and Animal Feed Products, and Their Technologies / S. Alavi, S. D. Mazumdar, J. R. N. Taylor // Sorghum and Millets (Second Edition). Chemistry, Technology and Nutritional Attributes / J. R. N. Taylor, K. G. Duodu. – Woodhead Publishing, 2019. – P. 293–329. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811527-5.00010-1.

11. Dasgupta, A. Antioxidant Vitamins and Minerals / A. Dasgupta, K. Klein // Antioxidants in Food, Vitamins and Supplements / A. Dasgupta, K. Klein. – Elsevier, 2014. – P. 277–294. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-405872-9.00015-X.

12. Пат. 2546220C1 Российская Федерация, МПК A23G9/00. Мягкое молочное мороженое с сиропом сахарного сорго / Голубева Л. В., Пожидаева Е. А., Журавлева О. В.; заявитель и патентообладатель Воронежский государственный университет инженерных технологий. – № 2013150432/13; заявл. 12.11.2013; опубл. 10.04.2015; Бюл. № 10.

13. Демидова, В. А. Экспериментальное обоснование использования пищевых волокон «Цитри-Фай» в технологии мягкого творога для специального питания / В. А. Демидова // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2017. – Т. 28, № 4. – С. 210–216.

14. Третьякова, Е. Н. Функциональный полуфабрикат из творога с пищевыми волокнами и ягодами черной смородины и клюквы / Е. Н. Третьякова, А. Г. Нечепорук // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2016. – Т. 11, № 3. – С. 62–67.

15. Демидова, В. А. Инновационные аспекты биотехнологии мягкого творога, обогащенного функциональными ингредиентами / В. А. Демидова, Н. Б. Гаврилова, Е. А. Молибога // Пищевая промышленность. – 2018. – № 3. – С. 28–31.

16. Ивченко, В. В. Дополнительное сырье в мороженом / В. В. Ивченко, О. В. Бессонова // Известия высших учебных заведений. Прикладная химия и биотехнология. – 2014. – Т. 9, № 4. – С. 84–86.

17. Никитина, Т. А. Исследование потребительских характеристик диетического аналога итальянского десерта тирамису / Т. А. Никитина, О. Н. Клюкина, Н. М. Птичкина // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 41, № 2. – С. 67–72.

18. Mongeau, R. Dietary Fiber: Properties and Sources / R. Mongeau, S. P. J. Brooks // Encyclopedia of Food and Health / B. Caballero, P. M. Finglas, F. Toldrá. – Academic Press, 2016. – P. 404–412. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00784-4.

19. Исследование сорбционных свойств продуктов переработки растительного сырья в различных технологических средах / Н. С. Родионова, Е. С. Попов, М. В. Мальцева [и др.]// Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2016. – Т. 349, № 1. – С. 18–21.

20. Dietary fiber sources and human benefits: The case study of cereal and pseudocereals / M. Ciudad-Mulero, V. Fernández-Ruiz, M. C. Matallana-González [et al.] // Advances in Food and Nutrition Research. – 2019. – P. 208–221. DOI: https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2019.02.002.

References

1. Regassa TH, Wortmann CS. Sweet sorghum as a bioenergy crop: Literature review. Biomass and Bioenergy. 2014;64:348–355. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.03.052.

2. Alves FV, Polesi LF, Aguiar CL, Sarmento SBS. Structural and physicochemical characteristics of starch from sugar cane and sweet sorghum stalks. Carbohydrate Polymers. 2014;111:592–597. DOI: https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.05.034.

3. Visarada KBRS, Aruna C. Sorghum: A Bundle of Opportunities in the 21st Century. In: Aruna C, Visarada KBRS, Venkatesh Bhat B, Tonapi VA, editors. Breeding Sorghum for Diverse End Uses. Woodhead Publishing; 2019. pp. 1–14. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101879-8.00001-2.

4. Ratnavathi CV, Chavan UD. Sorghum Syrup and Other by Products. In: Ratnavathi CV, Patil JV, Chavan UD, editors. Sorghum Biochemistry: An Industrial Perspective. Elsevier; 2016. pp. 253–310. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803157-5.00005-8.

5. Sapronova LA, Ermolaeva GA, Shaburova LN. Caramel Mass Based on Sweet Sorghum Syrup. Food Industry. 2012;(4):58–59. (In Russ.).

6. Kazakova NV. Funktsional′naya rol′ sakharov v protsesse formirovaniya potrebitel′skikh svoystv morozhenogo i vzbitykh zamorozhennykh desertov [The functional role of sugars in the process of consumer properties formation of ice cream and whipped

frozen desserts]. Mir morozhenogo i bystrozamorozhennykh produktov [The World of Ice Cream and Quick Frozen Products]. 2016;(3):18 – 19. (In Russ.).

7. Efremova EN, Petrov NYu. Sugar sorghum processing technology. Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. 2012;28(4):66–69. (In Russ.).

8. Chilton FH, Rudel LL, Parks JS, Arm JP, Seeds MC. Mechanisms by which botanical lipids affect inflammatory disorders. American Journal of Clinical Nutrition. 2011;87(2):498S–503S.

9. Trevino TD, Avila H, Machado TJ. Influence of sorghum syrup as a sweetener in fresh pork sausage patties on oxidation during retail display compared to corn syrup. Meat Science. 2016;112:126. DOI: https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.08.060.

10. Alavi S, Mazumdar SD, Taylor JRN. Modern Convenient Sorghum and Millet Food, Beverage and Animal Feed Products, and Their Technologies. In: Taylor JRN, Duodu KG, editors. Sorghum and Millets (Second Edition). Chemistry, Technology and Nutritional Attributes. Woodhead Publishing, 2019. pp. 293–329. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811527-5.00010-1.

11. Dasgupta A, Klein K. Antioxidant Vitamins and Minerals. In: Dasgupta A, Klein K, editors. Antioxidants in Food, Vitamins and Supplements. Elsevier, 2014. pp. 277–294. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-405872-9.00015-X.

12. Golubeva LV, Pozhidaeva EA, Zhuravleva OV. Myagkoe molochnoe morozhenoe s siropom sakharnogo sorgo [Soft milk ice cream with sugar sorghum syrup]. Russia patent RU 2546220C1. 2015.

13. Demidova VA. The experimental rationale of using dietary fibers Citri-Fi in the technology of soft curd for specialized food. Bulletin of Omsk State Agricultural University. 2017;28(4):210–216. (In Russ.).

14. Tretyakova EN, Necheporuk AG. Functional prefabricated cottage cheese with fiber and berries of black currant and cranberry. Technologies of food and processing industry of AIC – healthy food. 2016;11(3):62–67. (In Russ.).

15. Demidova VA, Gavrilova NB, Moliboga EA. Innovative Aspects of Biotechnology of Soft Curd Enriched with Functional Ingredients. Food Industry. 2018;(3):28–31. (In Russ.).

16. Ivchenko VV, Bessonova OV. Additional raw materials in ice cream. Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology. 2014;9(4):84–86. (In Russ.).

17. Nikitina TA, Kliukina ON, Ptichkina NM. The study on consumer characteristics of dietary food analogous to italian dessert of tiramisu. Food Processing: Techniques and Technology. 2016;41(2):62–72. (In Russ.).

18. Mongeau R, Brooks SPJ. Dietary Fiber: Properties and Sources. In: Caballero B, Finglas PM, Toldrá F, editors. Encyclopedia of Food and Health. Academic Press, 2016. pp. 404–412. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00784-4

19. Rodionova NS, Popov ES, Maltseva MV, Korotkikh IV, Radchenko AYu, Kolesnikova TN. Research of sorption properties of products of vegetable raw materials processing in various technological mediums. News institutes of higher Education. Food technology. 2016;349(1):18–21. (In Russ.).

20. Ciudad-Mulero M, Fernández-Ruiz V, Matallana-González MC, Morales P. Dietary fiber sources and human benefits: The case study of cereal and pseudocereals. Advances in Food and Nutrition Research. 2019;208–221. DOI: https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2019.02.002.

Сведения об авторах

Голубева Любовь Владимировна
д-р. техн. наук, профессор, профессор кафедры технологии молока и молочных продуктов, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, проспект Революции, 19, тел.: +7 (473) 255-37-72, e-mail: golubevalv@inbox.ru
https://orcid.org/0000-0002-3891-4559

Пожидаева Екатерина Анатольевна
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии молока и молочных продуктов, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, проспект Революции, 19, тел.: +7 (920) 432-78-85, e-mail: katerina-77707@mail.ru

Information about the authors

Lyubov V. Golubeva
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Professor of the Department of Milk and Dairy Technology, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolution Ave., Voronezh, 394036, Russia, phone: +7 (473) 255-37-72, e-mail: golubevalv@inbox.ru
https://orcid.org/0000-0002-3891-4559

Ekaterina A. Pozhidaeva
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Milk and Dairy Technology, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolution Ave., Voronezh, 394036, Russia, phone: +7 (920) 432-78-85, e-mail: katerina-77707@mail.ru