

Разработка технологии функциональных помадных конфет пребиотического действия с использованием порошка из жома топинамбура

Газибег О. Магомедов	¹	gazibek.magomedov@ya.ru	 0000-0002-7201-8387
Магомед Г. Магомедов	¹	mmg@inbox.ru	 0000-0003-2494-4973
Инесса В. Плотникова	¹	plotnikova_2506@mail.ru	 0000-0001-5959-6652
Татьяна А. Шевякова	¹	209777@mail.ru	 0000-0003-1166-2969
Виктор Е. Плотников	¹	viktor_plotnikov_1999@mail.ru	 0000-0001-6707-8337

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Основным недостатком большинства помадных конфет является высокая сахароёмкость и калорийность, низкое содержание полезных эссенциально важных пищевых веществ, быстрый процесс высыхания и черствения при хранении. Актуальным является использование взамен сахара порошка из жома топинамбура, содержащего значительное количество пищевых волокон и минеральных веществ, обладающего высокими влагоудерживающими свойствами. Введение порошка из жома топинамбура в количестве от 5 до 9% способствует: ускорению структурообразования помадной массы за счет интенсификации процесса кристаллизации сахарозы; изменению реологических свойств помадной массы, а именно увеличению ее вязкости и пластической прочности; повышению дисперсности помадной массы, при этом доля кристаллов сахарозы размером менее 20 мкм в помадной массе увеличивается на 9–16%; сокращению процесса высыхания конфет при хранении; снижению сахароёмкости, калорийности и повышению пищевой ценности за счет увеличения содержания пищевых волокон и минеральных веществ. При использовании порошка из жома топинамбура в количестве 9% взамен сахара позволило получить помадные конфеты функционального назначения по содержанию растворимых пищевых волокон (31,5% от суточной потребности), которые оказывают пребиотический эффект. По сравнению с контрольным образцом, в опытном образце содержание углеводов снизилось – на 8,1%, калорийность понизилась – на 27 ккал, содержание калия повысилось – в 42,9 раза, кальция – в 3,5 раза, магния – в 4 раза, фосфора – в 12 раз, железа – в 8 раз. Следовательно, использование данного обогатителя является целесообразным и перспективным с точки зрения улучшения качества и повышения пищевой ценности изделия, разработанную технологию помадных конфет с использованием порошка из жома топинамбура можно рекомендовать для внедрения на кондитерских предприятиях.

Ключевые слова: помадные конфеты, жом топинамбура, реологические свойства, показатели качества, пищевая ценность.

Development of technology for functional prebiotic fondant candies using powder made of jerusalem artichoke pulp

Gazibeg O. Magomedov	¹	gazibek.magomedov@ya.ru	 0000-0002-7201-8387
Magomed G. Magomedov	¹	mmg@inbox.ru	 0000-0003-2494-4973
Inessa V. Plotnikova	¹	plotnikova_2506@mail.ru	 0000-0001-5959-6652
Tatiana A. Shevyakova	¹	209777@mail.ru	 0000-0003-1166-2969
Viktor E. Plotnikov	¹	viktor_plotnikov_1999@mail.ru	 0000-0001-6707-8337

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The main disadvantage of most fondant candies is high sugar content and calorie content, low content of useful essential nutrients, rapid drying and staling during storage. It is relevant to use jerusalem artichoke pulp powder instead of sugar, which contains a significant amount of dietary fiber and minerals with high moisture-retaining properties. The introduction of jerusalem artichoke pulp powder in an amount from 5 to 9% contributes to: acceleration of the structure formation of the fondant mass due to the intensification of the sucrose crystallization process; to change the rheological properties of the fondant, namely, to increase its viscosity and plastic strength; to increase the dispersion of the fondant, while the proportion of sucrose crystals less than 20 microns in size in the fondant increases by 9–16%; to reduce the drying process of sweets during storage; to reduce sugar content, calorie content and increase nutritional value by increasing the content of dietary fibers and mineral substances. When using jerusalem artichoke pulp powder in an amount of 9% instead of sugar, it allowed to obtain functional fondant candies in terms of the content of soluble dietary fiber (31.5% of the daily requirement), which have a prebiotic effect. Compared with the control sample, the carbohydrate content in the experimental sample decreased by 8.1%, the calorie content decreased by 27 kcal, the potassium content increased by 42.9 times, calcium by 3.5 times, magnesium by 4 times, phosphorus by 12 times, iron by 8 times. Therefore, the use of this concentrator is advisable and promising from the point of view of improving the quality and increasing the nutritional value of the product, the developed technology of fondant candies using jerusalem artichoke pulp powder can be recommended for implementation in confectionery enterprises.

Keywords: pomade candies, Jerusalem artichoke pulp, rheological properties, quality indicators, nutritional value.

Для цитирования

Магомедов Г.О., Магомедов М.Г., Плотникова И.В., Шевякова Т.А., Плотников В.Е. Разработка технологии функциональных помадных конфет пребиотического действия с использованием порошка из жома топинамбура // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 3. С. 73–82. doi:10.20914/2310-1202-2024-3-73-82

For citation

Magomedov G.O., Magomedov M.G., Plotnikova I.V., Shevyakova T.A., Plotnikov V.E. Development of technology for functional prebiotic fondant candies using powder made of jerusalem artichoke pulp. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2024. vol. 86. no. 3. pp. 73–82. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2024-3-73-82

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Выпускаемый ассортимент помадных конфет перенасыщен содержанием рафинированных сахаров, и в большей степени сахаром белым, который по химическому составу состоит из 99,75% сахарозы. Содержание в рецептуре помадных конфет сахара белого составляет от 60 до 90% [1]. Большое содержание сахарозы обуславливает высокую сахароёмкость и калорийность помадных конфет, в них практически отсутствуют полезные эссенциально важные пищевые вещества. Кроме того, недостатком помадных конфет из-за значительного количества сахарозы является быстрый процесс их высыхания и черствения при хранении за счет кристаллизации сахарозы и удаления свободной влаги [2].

Актуальным направлением повышения качества и пищевой ценности помадных конфет является снижение в их рецептуре содержания сахара белого и использования в виде альтернативной замены натурального недорогого обогатителя – порошка из жома топинамбура, богатого полезными растворимыми и нерастворимыми пищевыми волокнами (инулином, пектином, протопектином, гемицеллюлозой и др.), оказывающими пребиотическое действие, а также полноценным белком, минеральными веществами, нативными сахарами и витаминами (группы В, С) [3–6]. Кроме того, порошок из жома топинамбура имеет высокую влагоудерживающую способность, что позволит не только улучшить качество помадных конфет, но и продлить их свежесть, за счет повышения содержания в жидкой фазе связанной влаги и снижения свободной влаги [7].

Жом из топинамбура, как свекловичный жом, используется в России и за рубежом в основном для приготовления кормов в виде ценного кормового компонента из-за содержания полисахарида – инулина. Активными потребителями инулина в чистом виде являются российские производители пищевых продуктов, которые используют его в изделиях для здорового, диетического, специализированного и детского питания [8]. Инулин, содержащийся в порошке из жома топинамбура, как и пектиновые вещества, является важным структурным элементом, участвующим в развитии полезной микрофлоры пищеварительной системы, что поддерживает в норме работу кишечника и не дает развиваться патогенной микрофлоре, улучшает состав микробиоты, препятствует возникновению воспалительного процесса и снижает риск развития ряда заболеваний [9]. Кроме того, растворимые пищевые волокна проявляют пребиотический эффект, способствуют бактериальному синтезу витаминов В₂, В₆, РР, снижают уровень холестерина в крови, очищают организм от токсинов и

тяжелых металлов, замедляют усвоение углеводов, в результате чего они медленнее поступают в кровоток и не вызывают резкого скачка глюкозы, что стабилизирует сахар в крови (это особенно важно для диабетиков), усиливает чувство насыщения и делает его более длительным [10, 11]. Все это, в свою очередь, позволяет повысить активность иммунной системы организма, снизить риск возникновения ожирения [12], сердечно-сосудистых заболеваний (инфарктов, инсультов), онкологических заболеваний ЖКТ, сахарного диабета, метаболического синдрома и др. [13, 14].

Цель исследования – изучить возможность использования порошка из жома топинамбура (ПЖТ) в рецептуре помадных конфет взамен сахара и проанализировать его влияние на процесс структурообразования помадной массы, качество конфет после изготовления и в процессе хранения.

Объекты и методы

Объектами исследований являлся обогатитель в виде ПЖТ, который получали в научно-производственной лаборатории кафедры ТХКМЗП на базе «ВГУИТ». Технологический процесс получения ПЖТ состоит из следующих основных стадий подготовки и переработки клубней топинамбура отечественного сорта «Скороспелка», выращенного в Каширском районе Воронежской области, в порошкообразный полуфабрикат: мойка корнеплодов топинамбура и очистка их от кожицы, измельчение очищенных корнеплодов на кусочки размером 20–50 мм, получение сока и жома с помощью соковыжималки центробежного типа, высушивание влажного жома на конвективной сушилке при температуре 55–65 °С до влажности 4–5%, измельчение высушенного жома на лабораторной мельнице до размера частиц 5...30 мкм. Анализ показателей качества ПЖТ осуществляли в аналитическом центре «ВГУИТ» по следующим методикам: содержание сухого вещества по ГОСТ 31640–2012 методом высушивания до постоянной массы при температуре 105 °С; содержание белка по ГОСТ 10846–91; содержание жира по ГОСТ 29033–91; количественный и качественный состав углеводов – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ); микроэлементы – методом абсорбционной спектрометрии. В опытных образцах помадных масс и готовых конфет с различным содержанием ПЖТ, которые также являлись объектами исследования, оценивали структурно-механические и нормативные показатели качества. Эффективную вязкость помадных масс определяли на ротационном вискозиметре Воляровича марки РВ-8; соотношение твердой и жидкой фазы оценивали путем прессования помадной массы с помощью гидравлического пресса (ПГПР) при давлении 0,75–0,78 кПа до выделения из нее жидкой фазы, в которой

определяли массовую долю влаги с помощью рефрактометра; пластическую прочность помадных масс после их отливки в бюксы оценивали в процессе выстойки на структурометре марки С-1; дисперсный состав помадных корпусов определяли с помощью микроскопа марки БИОМЕД-2 (оптическая система которого смонтирована на базе цифровой фотокамеры CANON).

На первом этапе исследований определяли общий химический состав ПЖТ, результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1.
Химический состав ПЖТ
Table 1.

Chemical composition of PZT

Наименование Name	Содержание в 100 г продукта Content per 100 g of product
Вода, г Water, g	4,8
Белки, г Proteins, g	16,9
Жиры, г Fats, g	0,27
Углеводы, г, в том числе: Carbohydrates, g, including:	73,1
моносахариды: Monosaharid:	3,5
фруктоза fructose	2,8
глюкоза glucose	0,7
пищевые волокна: Fibre:	69,6
пектин pectin	4,1
протопектин Protopectin	23,8
целлюлоза cellulose	10,2
гемицеллюлоза hemicellulose	14,3
инулин inulin	17,2
Минеральные вещества, г, из них: Minerals, g, of which:	4,9
Калий, мг Potassium, mg	310,42
Кальций, мг Calcium, mg	210,64
Натрий, мг Sodium, mg	84,13
Магний, мг Magnesium, mg	212,73
Фосфор, мг Phosphorus, mg	387,49
Железо, мг Iron, mg	10,12
Витамины, мг Vitamins, mg:	
В ₁	0,065
В ₂	0,082
С	9,47

В состав ПЖТ входит значительное количество растворимых и нерастворимых полисахаридов, из которых 40% пектина и протопектина, 24,7% инулина и 35,2% целлюлозы и гемицеллюлозы. Растительные белки топинамбура являются полноценными и в них содержатся все незаменимые аминокислоты.

Органолептические и физико-химические показатели ПЖТ представлены в таблице 2.

Таблица 2.
Показатели качества ПЖТ
Table 2.

Quality indicators of railway transport

Показатель Indicator	Характеристика и полученные данные Characterisation and data obtained
Внешний вид Appearance	Порошок белого цвета White coloured powder
Вкус и запах Taste and smell	Свойственные топинамбуру, слегка сладковатый, без постороннего привкуса и запаха Typical topinambour, slightly sweet, no extraneous taste or odour
Цвет Color	Светло-коричневый Light brown
Консистенция Consistency	Сыпучая, сухая, на ощупь не липкая Bulky, dry, not sticky to the touch
Дисперсность частиц, мкм Particle dispersion, µm	5–30
Объемная масса, кг/м ³ Volumetric weight, kg/m ³	490–520
Угол естественного откоса, град. Angle of natural slope, deg.	46–52
Кислотность, град, не более Acidity, hail, not more than	10
Водоудерживающая способность, г воды/г сухого вещества Water retention capacity, g water/g dry matter	6,1–6,5

На следующем этапе работы готовили контрольный образец сахарной помадной массы по унифицированной технологии при соотношении рецептурного количества сахара белого и патоки крахмальной карамельной – 1:0,2. Опытные образцы помадных конфет с использованием ПЖТ получали при замене сахара белого на обогатитель в количестве от 5 до 9% (по сухому веществу). Для этого вначале готовили сахаро-патошный сироп по рецептурам, представленным в таблице 3.

Таблица 3.

Рецептуры опытных образцов помадных конфет

Table 3.

Recipes for experimental samples of fondant candies

Наименование Index	Массовая доля сухих веществ, % Mass fraction of dry substances, %	Расход сырья на 100 г. продукции, г					
		Контроль Control	Образцы с содержанием ПЖТ Samples containing RRT				
			5%	6%	7%	8%	9%
Сахар белый White sugar	99,85	82,89	78,02	77,07	76,12	75,17	74,22
Патока Treacle	78,00	9,01	9,01	9,01	9,01	9,01	9,01
ПЖТ PZT	95,20	–	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
Итого Total	–	91,90	92,46	92,59	92,62	92,65	92,78
Выход Output	90,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Для этого сахар белый смешивали с водой (1/4 часть от массы сахара) и нагревали до полного растворения кристаллов сахарозы, после чего вносили предварительно подогретую до $t = 55 \pm 5$ °C патоку, полученную рецептурную смесь уваривали до $t = 111\text{--}112$ °C, что соответствует содержанию сухих веществ в помадном сиропе $88 \pm 1\%$. Полученные образцы помадного

сиропа далее выгружали в помадосбивальную ячейку, охлаждали до $t = 80 \pm 2$ °C и вносили определенное количество ПЖТ, после чего помадный сироп с обогатителем взбивали до получения помадной массы. В процессе взбивания помадного сиропа раствор из насыщенного переходит в пересыщенное состояние, при этом начинается процесс зарождения кристаллов сахарозы и их рост до более крупных размеров. В результате кристаллизации сахарозы образуется мелкокристаллическая помадная масса вязко-пластичной консистенции, которую после охлаждения до $t = 60\text{--}55$ °C можно формировать различными способами: либо отливкой в жесткие формы, либо методом выпрессовывания через фильеру матрицы в жгуты определенного сечения, либо размазкой (или раскаткой) в пласт с последующей поперечной и продольной резкой после выстойки на отдельные корпуса.

Результаты и их обсуждение

Опытные образцы помадных конфет с различным содержанием ПЖТ имели разный вкус и запах, цвет – от светло-кремового до светло-кофейного. Органолептические и физико-химические показатели качества полученных опытных образцов помадных конфет в сравнении с контрольным образцом представлены в таблице 4.

Таблица 4.

Органолептические и физико-химические показатели качества помадных конфет

Table 4.

Organoleptic and physicochemical quality indicators of fondant candies

Показатель качества	Контроль Control	Образцы Samples				
		5%	6%	7%	8%	9%
Вкус и запах Taste and smell	Сладкий, без постороннего вкуса и запаха Sweet, tasteless and odorless			Умеренно сладкий, с приятным тонким вкусом и запахом топинамбура Moderately sweet, with a pleasant delicate taste and smell of Jerusalem artichoke		
Цвет Color	Белый со светло-бежевым оттенком White with a light beige tint	Светло-кремовый Light cream		Кремовый Cream	Светло-кофейный Light Coffee	
Форма Form	Соответствует данному наименованию конфет, без деформаций Corresponds to the given name of candies, without deformations					
Поверхность Surface	Сухая, не липкая Dry, not sticky					
Массовая доля сухих веществ, % Mass fraction of dry substances, %	88,0	88,4	88,5	88,5	88,5	88,6
Массовая доля редуцирующих веществ, % Mass fraction of reducing substances, %	7,4	7,6	7,7	7,9	8,0	8,3
Соотношение твердой и жидкой фазы (Т/Ж), % Solid-liquid phase ratio (T/F), %	46,1/ 53,9	48,6/ 51,4	53,8/ 46,2	57,1/ 42,9	60,7/ 39,3	62,1/ 37,9

Введение в состав помадных конфет ПЖТ способствует изменению ее реологических свойств. С увеличением содержания ПЖТ эффективная вязкость помадных масс повышается от 5,2 до 37,4 Па·с (при скорости сдвига 30 с^{-1} , температуре $60 \pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) (рисунок 1). Это объясняется большим внесением с обогатителем пищевых волокон, которые связывают влагу из-за своей высокой влагоудерживающей способности. В результате связывания влаги, толщина жидких прослоек и, соответственно, расстояние между молекулами частиц уменьшаются, при этом их взаимное притяжение возрастает, что способствует усилению межмолекулярного взаимодействия и обуславливает повышение эффективной вязкости помадных масс [15]. По зависимости изменения скорости сдвига от напряжения сдвига помадную массы можно отнести к категории упруго-вязко-пластичных тел Шведова-Бингама, для которых характерно сочетание упругой и пластической деформации (рисунок 2).

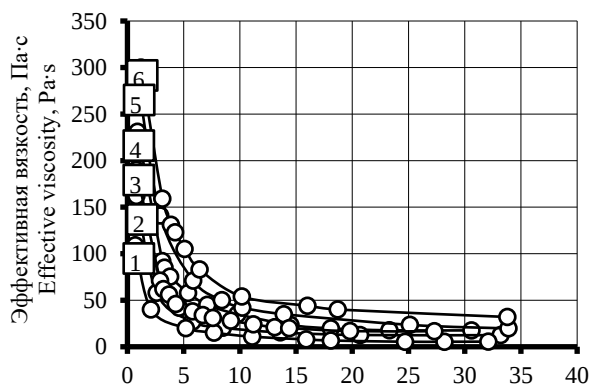


Рисунок 1. Зависимость изменения эффективной вязкости от скорости сдвига помадных масс (при $t = 60 \pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) с массовой долей ПЖТ, %: 1 – 0 (контроль); 2 – 5; 3 – 6; 4 – 7; 5 – 8; 6 – 9

Figure 1. Dependence of the change in effective viscosity on the shear rate of fondant masses (at $t = 60 \pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) with the mass fraction of RRT, %: 1 – 0 (control); 2 – 5; 3 – 6; 4 – 7; 5 – 8; 6 – 9

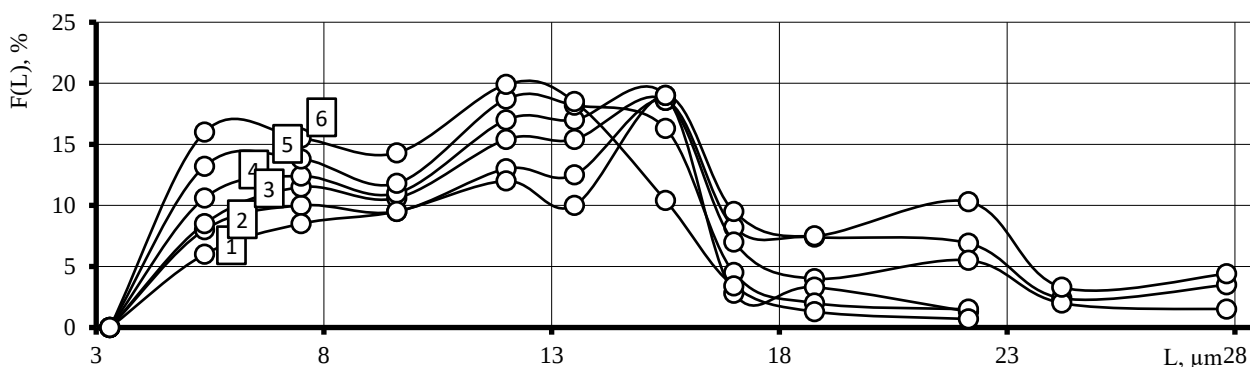


Рисунок 3. Дифференциальные кривые распределения кристаллов сахарозы по размерам в помадных конфетах с массовой долей ПЖТ, %: 1 – 0 (контроль); 2 – 5; 3 – 6; 4 – 7; 5 – 8; 6 – 9

Figure 3. Differential size distribution curves of sucrose crystals in fondant candies with a mass fraction of PJT, %: 1 – 0 (control); 2 – 5; 3 – 6; 4 – 7; 5 – 8; 6 – 9

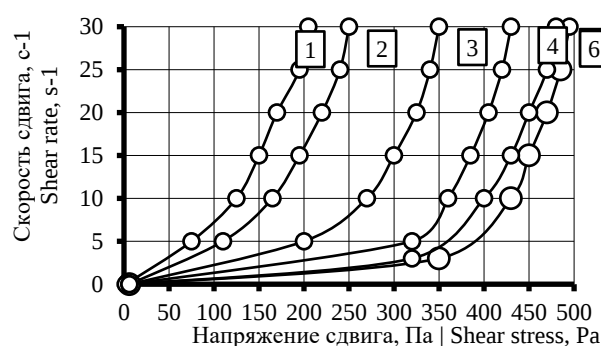


Рисунок 2. Зависимость изменения напряжения сдвига от скорости сдвига помадных масс (при $t = 60 \pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) с массовой долей ПЖТ, %: 1 – 0 (контроль); 2 – 5; 3 – 6; 4 – 7; 5 – 8; 6 – 9

Figure 2. Dependence of shear stress change on the shear rate of fondant masses (at $t = 60 \pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) with the mass fraction of PRT, %: 1 – 0 (control); 2 – 5; 3 – 6; 4 – 7; 5 – 8; 6 – 9

При внесении в помадный сироп ПЖТ параллельно происходят процессы адсорбции влаги и набухания высокомолекулярных соединений, при этом растет степень пересыщения раствора. В связи с этим, величина критического размера зародышей новой фазы уменьшается, центры кристаллизации образуются более легко и в большем количестве, следовательно, возрастает скорость образования центров новой фазы, в результате чего увеличивается суммарная поверхность кристаллов, на которых откладываются молекулы растворенной сахарозы.

Минеральные вещества, входящие в состав ПЖТ, снижают устойчивость пересыщенного раствора, что наряду с повышением концентрации сахарозы в растворе, сокращается величина латентного периода процесса кристаллизации и повышается его суммарную скорость. Все это способствует образованию более мелких кристаллов сахарозы, улучшению дисперсного состава и качества помады (рисунки 3, 4).

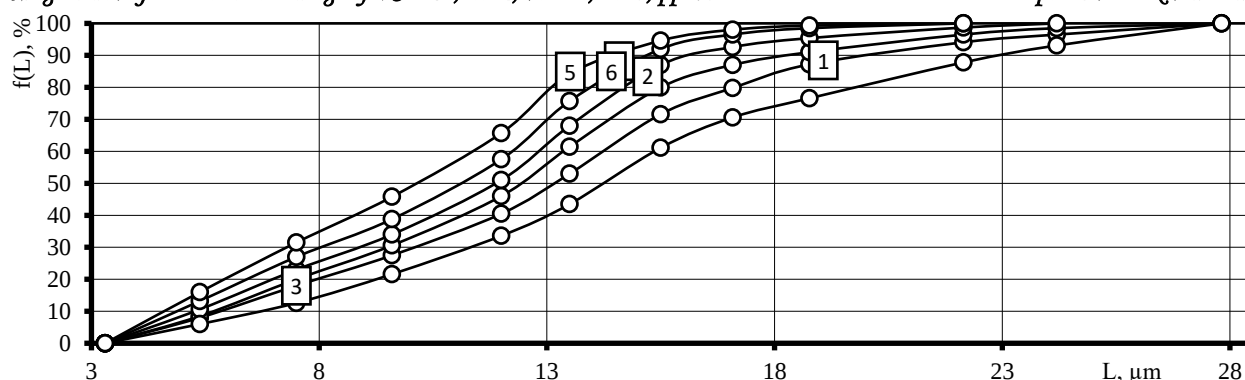


Рисунок 4. Интегральные кривые распределения кристаллов сахарозы по размерам в помадных конфетах с массовой долей ПЖТ, %: 1 – 0 (контроль); 2 – 5; 3 – 6; 4 – 7; 5 – 8; 6 – 9

Figure 4. Integral size distribution curves of sucrose crystals in fondant candies with a mass fraction of PJT, %: 1 – 0 (control); 2 – 5; 3 – 6; 4 – 7; 5 – 8; 6 – 9

В ходе исследований установлено, что добавление ПЖТ в количестве от 5% до 9%, доля кристаллов сахарозы размером менее 20 мкм в помадной массе относительно контрольного образца увеличивается на 9–16%.

В результате кристаллизации освобождается влага, участвовавшая ранее в образовании гидратных оболочек молекул сахарозы. Однако она связывается молекулами полисахаридов ПЖТ, что вместе со снижением влажности конфет приводит к увеличению массовой доли сухих веществ в жидкой фазе и снижению их до 36,4% в образце с массовой долей ПЖТ – 9% (рисунок 5).

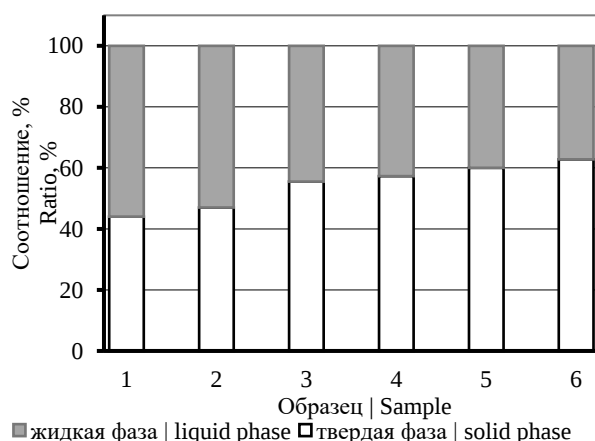


Рисунок 5. Соотношение твердой и жидкой фаз в помадных конфетах с массовой долей ПЖТ, %: 1 – 0 (контроль); 2 – 5; 3 – 6; 4 – 7; 5 – 8; 6 – 9

Figure 5. Ratio of solid and liquid phases in fondant sweets with a mass fraction of RRT, %: 1 – 0 (control); 2 – 5; 3 – 6; 4 – 7; 5 – 8; 6 – 9

Так как количество и состав межкристалльного раствора влияют на структурно-механические свойства помадной массы, то в работе исследовали зависимость изменения пластической прочности помадных корпусов

конфет с различным добавлением ПЖТ от продолжительности их выстойки (рисунок 6). Определения проводили на структурометре марки С-1.

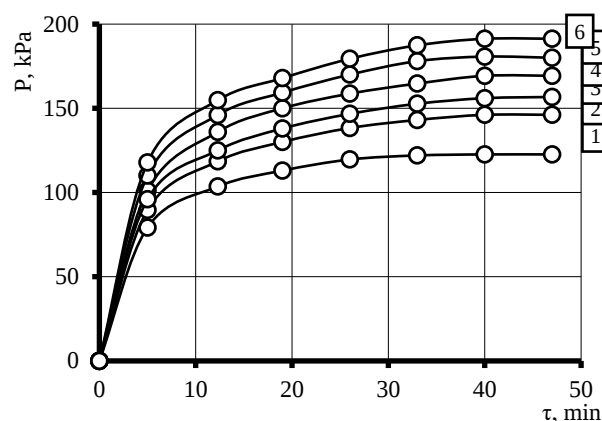


Рисунок 6. Зависимость изменения пластической прочности от продолжительности выстойки помадных корпусов конфет с массовой долей ПЖТ, %: 1 – 0 (контроль); 2 – 5; 3 – 6; 4 – 7; 5 – 8; 6 – 9

Figure 6. Dependence of the change in plastic strength on the duration of standing of fondant bodies of sweets with a mass fraction of PJT, %: 1 – 0 (control); 2 – 5; 3 – 6; 4 – 7; 5 – 8; 6 – 9

С увеличением массовой доли ПЖТ пластическая прочность образцов помадных корпусов возрастает, что объясняется снижением в них количества жидкой фазы, так как именно она обеспечивает пластичные свойства помаде. При этом структурообразование помадных корпусов конфет интенсифицируется. Образцы конфет с добавлением ПЖТ после 45 мин выстойки имеют большую пластическую прочность (145–183 кПа) по сравнению с контрольным образцом (123 кПа). Необходимая прочность для резки конфетного пласта на отдельные корпуса конфет без деформации составляет около 120 кПа, что достигается в исследуемых образцах уже через 10–15 мин выстойки.

С точки зрения повышения пищевой ценности конфет установлена рациональная дозировка ПЖТ – 9%. Введение ПЖТ более 9% затрудняет процесс перемешивания и равномерного распределения частиц порошка в помадной массе, при этом процесс кристаллизации помады происходит очень быстро, а из-за повышения вязкости формирование помадной массы затрудняется.

Известно, что в процессе хранения помадные конфеты подвержены быстрому высыханию, особенно это свойственно неглазированным корпусам конфет. Помадные массы являются дисперсными системами, которые обладают избытком свободной энергии, термодинамически неустойчивы и стремятся уменьшить дисперсность частиц путем рекристаллизации. Кристаллы сахарозы образуются в пересыщенном растворе неодновременно, поэтому твердая фаза помады полидисперсна, и ее частицы имеют разную растворимость. Различие растворимостей кристаллов приводит к тому, что дисперсионная среда оказывается пересыщенной относительно более крупных частиц и ненасыщенной относительно самых мелких. В результате при хранении помадных конфет происходит рекристаллизация, при которой одна часть кристаллов растворяется, а другая – растет. При этом на поверхности и в изломе можно наблюдать проявление белых пятен, которые являются скоплением кристаллов сахарозы, после чего наступает полное отвердевание конфет за счет интенсивного процесса кристаллизации сахарозы. Высыхание помадных конфет продолжается до установления в них равновесной влажности.

Срок хранения помадных конфет зависит от их качественного и количественного состава рецептурных компонентов, технологических параметров производства, используемого оборудования, санитарного состояния производства, вида упаковки и условий хранения. Скорость высыхания конфет зависит от многих факторов, основными из которых являются: начальная влажность конфетных корпусов, температура и относительная влажность воздуха, химический состав жидкой фазы, размер кристаллов твердой фазы, соотношение между твердой и жидкой фазой помады. Чем больше содержание жидкой фазы, тем быстрее процесс высыхания корпусов конфет. Чем выше содержание сухих веществ в помадных конфетах, тем меньше тенденция к их высыханию. Повышение температуры и снижение относительной влажности воздуха ускоряют процесс высыхания конфет [16–20].

Проводили исследования влияние содержания ПЖТ на процесс высыхания и рекристаллизацию помады в процессе хранения конфет. Конфеты хранили в сухом проветриваемом помещении при температуре $20 \pm 3^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха 73–87%. Установлено, что скорость высыхания обратно пропорциональна массовой доле ПЖТ в изделиях. С повышением содержания ПЖТ в помадных конфетах потеря влаги через 57 сут хранения составила: для контрольного образца – 8,7%; для опытных образцов с содержанием ПЖТ – 5%, 6%, 7%, 8% и 9% соответственно 8,0%, 7,8%, 7,4%, 7,2% и 6,8% (рисунок 7). Следовательно, повышение содержания ПЖТ препятствует процессу высыхания конфет при хранении.

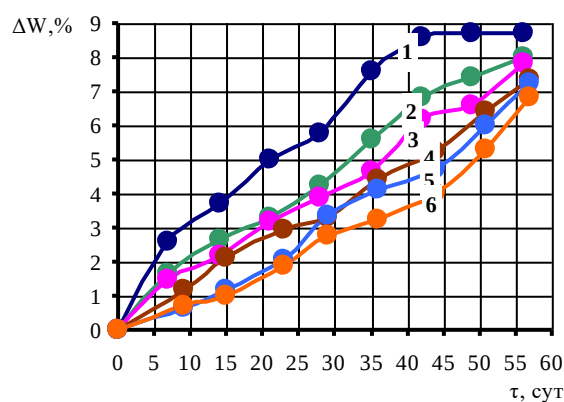


Рисунок 7. Изменение потери влаги в процессе хранения помадных конфет с массовой долей ПЖТ, %: 1 – 0 (контроль); 2 – 5; 3 – 6; 4 – 7; 5 – 8; 6 – 9

Figure 7. Change in moisture loss during storage of fondant candies with a mass fraction of PZT, %: 1 – 0 (control); 2 – 5; 3 – 6; 4 – 7; 5 – 8; 6 – 9

Проводили расчет пищевой ценности и степени удовлетворения суточной потребности в пищевых веществах при потреблении 100 г помадных конфет с добавлением ПЖТ – 9% (таблица 5).

Как видно из представленной выше таблицы, степень удовлетворения в пищевых волокнах при потреблении 100 г помадных конфет с добавлением ПЖТ – 9% составила 31,5%, следовательно, разработанный образец конфет можно отнести к группе функциональных продуктов по содержанию пищевых волокон. Кроме того, по сравнению с контрольным образцом, в опытном образце снизилось содержание углеводов – на 8,1%, понизилась калорийность – на 27 ккал, содержание калия повысилось в 42,9 раза, кальция – в 3,5 раза, магния – в 4 раза, фосфора – в 12 раз, железа – в 8 раз.

Пищевая ценность и степень удовлетворения в пищевых веществах при потреблении помадных конфет

Table 5.

Nutritional value and degree of satisfaction in nutrients from the consumption of fondant candies

Пищевые вещества	Суточная потребность в пищевых в-вах Daily requirement for nutrients	Контроль Control		Помадные конфеты с добавлением ПЖТ – 9%	
		содержание в 100 г content in 100 g	степень удовлетворения суточной потребности, % Degree of satisfaction of daily demand, %	содержание в 100 г content in 100 g	степень удовлетворения суточной потребности, % Degree of satisfaction of daily demand, %
Белки, г Proteins, g	80	–	–	0,12	0,15
Углеводы, г Carbohydrates, g	400	89,8	22,4	82,5	20,6
Жиры, г Fats, g	80	–	–	–	–
Органические кислоты, г Organic acids, g	2	–	–	0,05	2,5
Пищевые волокна, г Dietary fiber, g	20	–	–	6,3	31,5
Минеральные вещества, мг Minerals, mg					
К	3500	4,25	0,1	182,23	5,2
Na	2400	8,03	0,3	7,33	0,3
Ca	1000	3,08	0,3	10,8	1,1
Mg	400	1,17	0,3	4,64	1,2
P	800	4,32	0,5	52,0	6,5
Fe	15	0,18	1,2	1,44	9,6
Энергетическая ценность, ккал/кДж Energy value, kcal/kJ	250 / 1045	337 / 1409	13,5	310 / 1298	12,4

Заключение

Таким образом, использование в помадных конфетах взамен сахара порошка из жома топинамбура в количестве от 5 до 9% способствует: ускорению структурообразования помадной массы за счет интенсификации процесса кристаллизации сахарозы; изменению реологических свойств помадной массы, а именно увеличению ее вязкости и пластической прочности; повышению дисперсности помадной массы, при этом доля кристаллов сахарозы размером менее 20 мкм в помадной массе увеличивается на 9–16%; сокращению процесса высыхания конфет при хранении; снижению сахароемкости, калорийности и повышению пищевой ценности за счет

увеличения содержания пищевых волокон и минеральных веществ. При использовании порошка из жома топинамбура в количестве 9% взамен сахара позволило получить помадные конфеты функционального назначения по содержанию растворимых пищевых волокон, которые оказывают пребиотический эффект. Следовательно, использование данного обогатителя является целесообразным и перспективным с точки зрения улучшения качества и повышения пищевой ценности изделия, разработанную технологию помадных конфет с использованием порошка из жома топинамбура можно рекомендовать для внедрения на кондитерских предприятиях.

Литература

- 1 Магомедов Г.О., Плотникова И.В., Литвинова А.А., Магомедов М.Г. и др. Технологические аспекты приготовления жележного мармелада пониженной сахароемкости и калорийности с использованием натурального углеводосодержащего продукта // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 2. С. 200–209. doi : 10.20914/2310–1202–2022–2–200–209
- 2 Plotnikova I.V., Magomedov G.O., Zharkova I.M., Miroshnichenko E.N. et al. Jelly formulated with different carbohydrate profiles: Quality evaluation // Foods and Raw Materials. 2022. V. 10. № 2. P. 262–273. doi: 10.21603/2308–4057–2022–2–535
- 3 Лисовой В.В., Купин Г.А., Казмирова М.А., Лукьяненко М.В. и др. Исследование химического состава и свойств пищевой добавки из топинамбура // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2016. № 4 (12). С. 86–89.
- 4 Horochowska M., Kołeczek E., Zdrojewicz Z., Jagiełło J. et al. Topinambour - nutritional and medical properties of the Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) // *Pediatr Endocrinol Diabetes Metab*. 2017. V. 23. № 1. P. 30–36. doi: 10.18544/PEDM-23.01.0071
- 5 Лисовой В.В., Першакова Т.В., Викторова Е.П., Купин Г.А., Алёшин В.Н. Характеристика и особенности современных сортов топинамбура // Труды КубГАУ. 2016. № 120(06). С. 552–562.
- 6 Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Звягинцев П.С., Мандрыка Е.А. и др. Топинамбур – уникальное растительное сырье // Пищевая промышленность. 2015. № 8. С. 16–20.
- 7 Ражина Е.В., Смирнова Е.С., Горелик О.В., Степанов А.В. и др. Анализ функционально-технологического потенциала использования топинамбура при производстве продуктов питания // Вестник ВГУИТ. 2023. Т. 85. № 1. С. 143–148. doi: 10.20914/2310–1202–2023–1–143–148

- 8 Леонтьев В.Н., Дубарь Д.А., Лугин В.Г., Феськова Е.В. и др. Биологический потенциал топинамбура как исходного сырья для пищевой и фармацевтической промышленности // Труды БГТУ. 2014. № 4. С. 227–230.
- 9 Кайшев В.Г., Лукин Н.Д., Серегин С.Н., Корниенко А.В. Рынок инулина в России: возможности развития сырьевой базы и необходимые ресурсы для создания современного отечественно производства // Пищевая промышленность. 2018. № 5. С. 8–17.
- 10 Shao T., Yu C., Zhu T., Liu A. et al. Inulin from jerusalem artichoke tubers relieves hyperglycemia in mice with high-fat diabetes mellitus by improving the intestinal microflora // Br J Nutr. 2020. V. 123. № 3. P. 308–318. doi: 10.1017/S0007114519002332
- 11 Afoakwah N.A. Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) dietary-fiber powder functionality // Heliyon. 2022. V. 8. №. 12. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e12426.
- 12 Visuthranukul C., Chamni S., Kwanbunbumpen T., Saengpanit P. et al. Effects of inulin supplementation on body composition and metabolic outcomes in children with obesity // Sci Rep. 2022. V. 12. № 1. P. 13014. doi: 10.1038/s41598-022-17220-0
- 13 Savitskaya B., Skiba D., Pulkovsky I., Aslan I. et al. Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) as a medicinal plant and its natural products // Cellular and Molecular Biology. 2020. V. 66. №. 4. P. 160-177.
- 14 Дерканосова А.А., Курчаева Е.Е., Востроилов А.В., Звягин Р.Н. и др. Использование жома топинамбура и пробиотического препарата в составе полнорационных гранулированных комбикормов для кроликов // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 1. С. 169–178. doi : 10.20914/2310–1202–2021–1–169–178
- 15 Скобельская З.Г., Хасанова С.Д., Милорадова Е.В. Новые подходы в управлении процессом кристаллизации сахарозы в производстве конфет с помадными корпусами // Пищевая промышленность. 2021. № 12. С. 8–11. doi:10.52653/PPI.2021.12.12.001
- 16 Хасанова С.Д., Скобельская З.Г. Продление сроков хранения помадных конфет // Пищевая промышленность. 2009. № 9. С. 54–55.
- 17 Nummer B.A., Shrestha S., Smith J.V. Survival of Salmonella in a high sugar, low water-activity, peanut butter flavored candy fondant // Food Control. 2012. V. 27. №. 1. P 184-187.
- 18 Hartel R.W., Hartel A., Hartel R.W., Hartel A. Maple Syrup Candies: A Natural Treat? // Candy Bites: The Science of Sweets. 2014. P. 105-109.
- 19 Silva I.S.O., Viana E.D.S., Soares S.E., Chaves R.S. et al. Development and characterization of green banana-based fondant icing // Ciência e Agrotecnologia. 2021. V. 45. P. e011221.
- 20 Smolikhina P.M., Muratova E.I., Dvoretzky S.I. The study of structure formation processes in the confectionery mass // Advanced Materials & Technologies. 2016. №. 2. P. 43-47.

References

- 1 Magomedov G.O., Plotnikova I.V., Litvinova A.A., Magomedov M.G. et al. Technological aspects of the preparation of jelly marmalade with reduced sugar content and caloric content using a natural carbohydrate-containing product. Proceedings of VSUET. 2022. vol. 84. no. 2. pp. 200–209. doi: 10.20914/2310–1202–2022–2–200–209 (in Russian).
- 2 Plotnikova I.V., Magomedov G.O., Zharkova I.M., Miroshnichenko E.N. et al. Jelly formulated with different carbohydrate profiles: Quality evaluation. Foods and Raw Materials. 2022. vol. 10. no. 2. pp. 262–273. doi: 10.21603/2308–4057–2022–2–535
- 3 Lisovoy V.V., Kupin G.A., Kazimirova M.A., Lukyanenko M.V. et al. Study of the chemical composition and properties of a food additive from Jerusalem artichoke. Technologies of food and processing industry of the agro-industrial complex – healthy food products. 2016. no. 4 (12). pp. 86–89. (in Russian).
- 4 Horochowska M., Kołeczek E., Zdrojewicz Z., Jagiełło J. et al. Topinambour - nutritional and medical properties of the Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). *Pediatr Endocrinol Diabetes Metab.* 2017. vol. 23. no. 1. pp. 30-36. doi: 10.18544/PEDM-23.01.0071 (in Polish).
- 5 Lisovoy V.V., Pershakova T.V., Viktorova E.P., Kupin G.A., Aleshin V.N. Characteristics and features of modern varieties of Jerusalem artichoke. Proceedings of KubSAU. 2016. no. 120(06). pp. 552–562. (in Russian).
- 6 Starovoytov V.I., Starovoytova O.A., Zvyagintsev P.S., Mandryka E.A. et al. Jerusalem artichoke is a unique plant raw material. Food industry. 2015. no. 8. pp. 16–20. (in Russian).
- 7 Razhina E.V., Smirnova E.S., Gorelik O.V., Stepanov A.V. et al. Analysis of the functional and technological potential of using Jerusalem artichoke in food production. Proceedings of VSUET. 2023. vol. 85. no. 1. pp. 143–148. doi: 10.20914/2310–1202–2023–1–143–148 (in Russian).
- 8 Leontiev V.N., Dubar D.A., Lugun V.G., Feskova E.V. et al. Biological potential of Jerusalem artichoke as a raw material for the food and pharmaceutical industries. Proceedings of BSTU. 2014. no. 4. pp. 227–230. (in Russian).
- 9 Kaishev V.G., Lukin N.D., Seregin S.N., Kornienko A.V. The inulin market in Russia: opportunities for developing the raw material base and the necessary resources for creating a modern domestic production. Food industry. 2018. no. 5. pp. 8–17. (in Russian).
- 10 Shao T., Yu C., Zhu T., Liu A. et al. Inulin from jerusalem artichoke tubers relieves hyperglycemia in mice with high-fat diabetes mellitus by improving the intestinal microflora. Br J Nutr. 2020. vol. 123. no. 3. pp. 308–318. doi: 10.1017/S0007114519002332
- 11 Afoakwah N.A. Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) dietary-fiber powder functionality. Heliyon. 2022. vol. 8. no. 12. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e12426.
- 12 Visuthranukul C., Chamni S., Kwanbunbumpen T., Saengpanit P. et al. Effects of inulin supplementation on body composition and metabolic outcomes in children with obesity. Sci Rep. 2022. vol. 12. no. 1. pp. 13014. doi: 10.1038/s41598-022-17220-0
- 13 Savitskaya B., Skiba D., Pulkovsky I., Aslan I. et al. Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) as a medicinal plant and its natural products. Cellular and Molecular Biology. 2020. vol. 66. no. 4. pp. 160-177.
- 14 Derkanosova A.A., Kurchaeva E.E., Vostroilov A.V., Zvyagin R.N. et al. Use of Jerusalem artichoke pulp and a probiotic preparation in complete granulated compound feed for rabbits. Proceedings of VSUET. 2021. vol. 83. no. 1. pp. 169–178. doi: 10.20914/2310–1202–2021–1–169–178 (in Russian).

15 Skobelskaya Z.G., Khasanova S.D., Miloradova E.V. New approaches to managing the sucrose crystallization process in the production of candies with fondant bodies. *Food industry*. 2021. no. 12. pp. 8–11. doi:10.52653/PPI.2021.12.12.001 (in Russian).

16 Khasanova S.D., Skobelskaya Z.G. Extending the shelf life of fondant sweets. *Food industry*. 2009. no. 9. pp. 54–55. (in Russian).

17 Nummer B.A., Shrestha S., Smith J.V. Survival of Salmonella in a high sugar, low water-activity, peanut butter flavored candy fondant. *Food Control*. 2012. vol. 27. no. 1. pp. 184–187.

18 Hartel R.W., Hartel A., Hartel R.W., Hartel A. Maple Syrup Candies: A Natural Treat? *Candy Bites: The Science of Sweets*. 2014. pp. 105–109.

19 Silva I.S.O., Viana E.D.S., Soares S.E., Chaves R.S. et al. Development and characterization of green banana-based fondant icing. *Ciência e Agrotecnologia*. 2021. vol. 45. pp. e011221.

20 Smolikhina P.M., Muratova E.I., Dvoretzky S.I. The study of structure formation processes in the confectionery mass. *Advanced Materials & Technologies*. 2016. no. 2. pp. 43–47.

Сведения об авторах

Газибег О. Магомедов д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, gazibek.magomedov@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7201-8387>

Магомед Г. Магомедов д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, mmg@inbox.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2494-4973>

Инееса В. Плотникова к.т.н., доцент, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, plotnikova_2506@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5959-6652>

Татьяна А. Шевякова к.т.н., доцент, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, 209777@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1166-2969>

Виктор Е. Плотников аспирант, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, viktor_plotnikov_1999@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6707-8337>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Gazibeg O. Magomedov Dr. Sci. (Engin.), professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, gazibek.magomedov@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7201-8387>

Magomed G. Magomedov Dr. Sci. (Engin.), professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, mmg@inbox.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2494-4973>

Inessa V. Plotnikova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, plotnikova_2506@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5959-6652>

Tatiana A. Shevyakova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, 209777@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1166-2969>

Viktor E. Plotnikov graduate student, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, viktor_plotnikov_1999@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6707-8337>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 22/07/2024	После редакции 09/08/2024	Принята в печать 31/08/2024
Received 22/07/2024	Accepted in revised 09/08/2024	Accepted 31/08/2024