

Исследование влияния технологических факторов на изменение структурно-механических свойств затыжных аэрированных конфетных масс на основе сывороточных белков

Татьяна В. Калиновская¹ kalinovskaya_88@mail.ru  0000-000C-8052-2014
 Владимир И. Омельчук¹ omelchukvova@rambler.ru  0000-0002-2709-8824
 Александр В. Гаврилов¹ tehfac@mail.ru  0000-0003-3382-0307

¹ Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, пр-т Вернадского, 4, г. Симферополь, 295007, Россия

Аннотация. Статья посвящена исследованиям влияния технологических факторов на изменение структурно-механических свойств затыжных аэрированных конфетных масс на основе сывороточных белков. Определено влияние комбинированных белковых и гидроколлоидных систем на формирование структурных свойств сбивных конфетных масс типа «мягких нугатинов» с повышенной агрегативной устойчивостью. Установлено, что использование композиции структурообразователей желатин – гуммиарабик способствует улучшению стабильности конфетных масс на основе сывороточных белков при механическом воздействии и получении масс с глянцевой поверхностью. Научно обоснованы рациональные технологии сбивных конфетных масс с повышенной агрегативной стойкостью с применением белково-полисахаридных комплексов. Добавление сахарно-глюкозного сиропа к белковым пенам способствует увеличению пенообразования системы. Кроме того, положительное влияние сахаров объясняется увеличением вязкости объемной фазы, что снижает темпы потерь жидкости ламеллами и повышает стойкость систем. Реологическими исследованиями доказано, взаимодействие белковой пены сывороточного белка с комплексной смесью гидроколлоидов «желатин – гуммиарабик» способствует стабилизации конфетной массы, препятствует разрушению пенообразной структуры при формировании конфет методом экструзии. Конфетные массы имеют тиксотропные свойства и при формировании методом экструзии после снятия нагрузки их структура восстанавливается.

Ключевые слова: белок яичный, белок сывороточный, структурно-механические свойства, конфетные массы, реологическое исследование

Study of the influence of technological factors on the change in the structural and mechanical properties of protracted aerated candy masses based on whey proteins

Tatiana V. Kalinovskaya¹ kalinovskaya_88@mail.ru  0000-000C-8052-2014
 Vladimir I. Omelchuk¹ omelchukvova@rambler.ru  0000-0002-2709-8824
 Alexander V. Gavrilov¹ tehfac@mail.ru  0000-0003-3382-0307

¹ V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Prospekt Vernadskogo 4, Simferopol, Russia, 295007

Abstract. The article is devoted to the study of the influence of technological factors on the change in the structural and mechanical properties of protracted aerated candy masses based on whey proteins. The influence of combined protein and hydrocolloid systems on the formation of the structural properties of whipped candy masses of the “soft nougatines” type with increased aggregative stability was determined. It has been established that the use of gelatin-gum arabic structurant composition improves the stability of candy masses based on whey proteins under mechanical action and obtaining masses with a glossy surface. Rational technologies of aerated candy masses with increased aggregative stability using protein-polysaccharide complexes have been scientifically substantiated. The addition of sugar-glucose syrup to protein foams increases the foaming of the system. In addition, the positive effect of sugars is explained by an increase in the viscosity of the bulk phase, which reduces the rate of liquid loss by lamellae and increases the stability of the systems. Rheological studies have shown that the interaction of whey protein foam with a complex mixture of hydrocolloids “gelatin - gum arabic” contributes to the stabilization of the candy mass, prevents the destruction of the foam structure during the formation of sweets by extrusion. Candy masses have thixotropic properties and when formed by extrusion after the load is removed, their structure is restored.

Keywords: egg protein, whey protein, structural and mechanical properties, candy masses, rheological study

Введение

В последнее время среди конфет со сбивными корпусами наблюдается рост популярности «нугатинов» (nougatines), которые по структуре приближаются к затыжным аэрированным конфетным массам. Европейскими компаниями

производится современное оборудование с непрерывным приготовлением аэрированной массы и формированием ее на валковых экструдерах с последующей резкой на корпуса.

Технология «нугатинов» предусматривает взбивание пенообразователя с сахаро-глюкозным

Для цитирования

Калиновская Т.В., Омельчук В.И., Гаврилов А.В. Исследование влияния технологических факторов на изменение структурно-механических свойств затыжных аэрированных конфетных масс на основе сывороточных белков // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 2. С. 128–134. doi:10.20914/2310-1202-2022-2-128-134

For citation

Kalinovskaya T.V., Omelchuk V.I., Gavrilov A.V. Study of the influence of technological factors on the change in the structural and mechanical properties of protracted aerated candy masses based on whey proteins. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 2. pp. 128–134. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-2-128-134

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

сиропом или ГФС с добавлением гидроколлоидов и других ингредиентов согласно рецептурному составу и для каждой компании способ производства конфет является «know-how» [1 – 7].

Цель работы – разработка технологии затяжных аэрированных конфетных масс для наружного слоя при формировании корпусов конфет методом ко-экструзии.

Материалы и методы

Структурно-механические свойства конфетных масс определяли с помощью «Структурометра СТ-1». Плотность конфетной массы определяли волюмометрическим методом путем взвешивания исследуемой массы в химическом стакане, откалиброванном по дистиллированной воде при температуре 20 °С.

Определение структуры и дисперсности белковых пен проводили с помощью электронного микроскопа.

В качестве материалов исследования использовали концентрат сывороточных белков Lactomin 80 КСБ УФ.

Результаты и обсуждение

При производстве «нугатинов» в качестве пенообразователей чаще всего используются яичный белок. Из аналитических исследований доказано [8 – 9], что интересным с научной и практической точки зрения является использование в качестве ПАВ сывороточных белков. Это обусловлено тем, что молочная сыворотка является вторым сырьем переработки молочных продуктов и белки сыворотки полноценными [10 – 20].

В таблице 1 приведены структурные свойства затяжных аэрированных конфетных масс в зависимости от массовой доли сухих веществ в сахарно-глюкозо-фруктозном сиропе.

Таблица 1.

Структурные свойства затяжных аэрированных конфетных масс в зависимости от массовой доли сухих веществ в сахарно-глюкозо-фруктозном сиропе

Table 1.

Structural properties of protracted aerated candy masses depending on the mass fraction of solids in sugar-glucose-fructose syrup

Содержание сухих веществ в сиропе, % Dry matter content in syrup, %	Температура уваривания сиропа, °С Syrup boiling point, °C	Упругая деформация конфетной массы Elastic deformation of the candy mass	Плотность конфетной массы, кг/м³ Density of candy mass, kg/m³	Характеристика конфетной массы Characteristics of the candy mass
92,0	127,0	0,12	932,0	мягкая, липкая, тянущая, не держащая форму soft, sticky, pulling, not holding shape
93,0	130,0	0,09	950,0	мягкая, пластичная, тянущая, пористая, держащая форму soft, plastic, pulling, porous, shape-holding
94,0	133,0	0,15	1030,0	
95,0	135,0	–	–	сироп карамелизуется, невозможно взбить массу syrup is caramelized, it is impossible to beat the mass

На основании проведенных исследований была предложена новая технология приготовления затяжных аэрированных конфетных масс, предусматривающая сбивание сывороточного белка с комплексной смесью желатин – гумми-арабик, заваривание взбитой массы сахарно-глюкозо-фруктозным сиропом, смешивание взбитой массы с компонентами согласно рецептурному составу.

Установлено, что рациональная массовая доля сухих веществ в сахарно-глюкозо-фруктозном сиропе составляет 93–94%, что соответствует температуре уваривания сиропа до 127–128 °С.

Как показали исследования, термическая обработка сиропом взбитой массы на сывороточных белках при температуре 100 – 105 °С

ведет к образованию массы с мягкой пластической структурой.

Повышение температуры оказывает негативное влияние на пластичность и плотность конфетной массы. В таблице 2 представлены данные влияния температуры сахарно-глюкозо-фруктозного сиропа на показатели качества взбитой массы.

Полученные данные можно объяснить тем, что сахара увеличивают термодинамическую денатурацию глобулярных протеинов при заваривании сиропом. Механизм увеличения температуры денатурации белков состоит в том, что сахар снижает термодинамическую аффинность (силу взаимодействия веществ) белковых молекул к сиропу. Температурная

денатурация глобулярных белков приводит к увеличению поверхности молекул, обращенных к сиропу и их гидрофобности. Таким образом, заваривание белковой пены сахарно-глюкозо-

фруктозным сиропом тормозит разворачивание белков под действием тепла, чем объясняется более высокая термическая стабильность глобулярных белков в присутствии сахаров.

Таблица 2.

Влияние температуры сахарно-глюкозо-фруктозного сиропа на показатели качества взбитой массы

Table 2.

Influence of the temperature of sugar-glucose-fructose syrup on the quality indicators of the whipped mass

Образец Sample	Температура сиропа, °C Syrup temperature, °C	Плотность массы, кг/м³ Mass density, kg/m³	Пластическая крепость массы, кПа Plastic mass strength, kPa	Характеристика массы Mass characteristic
Конфетная масса на сывороточном белке Candy mass on whey protein	90–95	890,0	1,76	мягкая, липкая, тянущая, не держащая форму soft, sticky, pulling, not holding shape
	96–100	933,0	1,92	
	100–105	957,0	1,98	мягкая, пластичная, тянущая, пористая, держащая форму soft, plastic, pulling, porous, shape- holding
	106–110	1092,0	2,12	

Проведенными исследованиями подтверждено, что при производстве сбивных конфетных масс рекомендуемым количеством гидроколлоидов, обеспечивающим агрегатно-устойчивую пенообразную структуру, является 1,0% желатина и 1,0% гуммиарабика (гидромоуль 1:1). Меньшее количество гидроколлоидов не обеспечивает создание мягкой структуры конфетной массы. При внесении в конфетную массу гидроколлоидов в количестве более 1,0% значительно повышается вязкость и плотность массы, такую массу трудно формировать, а готовый продукт приобретает грубую структуру и тягучую консистенцию.

Продолжительность сбивания массы зависит от конструкции сбивочных машин, скорости вращения вала, формы лопастей и их расположения,

от величины загрузки. С увеличением времени сбивания объем пены увеличивается, повышается ее дисперсность, а значит, и устойчивость.

Однако продолжительность взбивания имеет свой предел, выше которого объем пены уменьшается, ухудшается ее качество и устойчивость. Важным показателем качества затяжных аэрированных конфетных масс является их плотность. Она уменьшается в процессе аэрации, при которой происходит насыщение дисперсионной среды пузырьками воздуха, размеры которых колеблются в широких пределах. Для определения режимов приготовления конфет проводили исследование влияния длительности взбивания конфетной массы на структурные свойства готового изделия, полученные данные приведены в таблице 3.

Таблица 3.

Характеристика конфетной массы в зависимости от продолжительности взбивания

Table 3.

Characteristics of the candy mass depending on the duration of whipping

Продолжительность сбивания, мин Downing duration, min	Плотность массы, кг/м³ Mass density, kg/m³	Характеристика массы Mass characteristic
5–7	850,0	в массе заметны включения, после формирования корпуса растекаются inclusions are noticeable in the mass, after the formation of the body they spread
10–15	1136,0	масса однородная хорошо насыщена воздухом, хорошо формируется, после формирования корпуса сохраняют форму the homogeneous mass is well saturated with air, it is well formed, after the formation of the body they retain their shape
17–20	1332,0	масса однородная, хорошо насыщенная воздухом, тяжело формируется, нетранспортабельна the mass is homogeneous, well saturated with air, but it is difficult to form, non-transportable

При взбивании белка с гидроколлоидами масса насыщается воздухом, образуется большое количество тонких пленок, окутывающих пузырьки воздуха. После заваривания количество жидкой фазы увеличивается, воздух поступает

в достаточном количестве, поэтому объем газообразной фазы значительно увеличивается. Вместе с тем начинается процесс гелеобразования, начинает образовываться каркас будущего корпуса.

Если прекратить процесс взбивания рано, то отформованные изделия без основания каркаса, а если слишком удлинить взбивание, то образовавшийся каркас разрушается и уже не восстанавливаются после формовки. На основании проведенных исследований были установлены следующие режимы приготовления сбивной конфетной массы тяжелого типа: продолжительность взбивания составляет 10–15 мин, температура заваривания сиропом 100–105 °С, при этом плотность составляет 950–1150 кг/м³, массовая доля влаги 10–13%.

Сбивные конфетные массы согласно классификации П.А. Ребиндера, принадлежащие к псевдопластичным телам. Псевдопластическое поведение белковых растворов обусловлено склонностью молекул ориентироваться по основной оси направления течения, а также ассоциацией слабо связанных димеров и олигомеров к мономерам. Текучесть сбивных конфетных масс описывается степенной моделью Оствальда-де-Вилля:

$$\tau_n = K \times \gamma^n, \quad (1)$$

где τ_n – напряжение сдвига, Па; K – коэффициент консистенции; γ – скорость сдвига, с⁻¹; n – индекс течения.

После обработки экспериментальных данных были построены логарифмические кривые течения $\lg \tau - \lg \gamma$ для образцов конфетных масс, которые с достаточной точностью аппроксимируются прямыми, приведенными на рисунке 1.

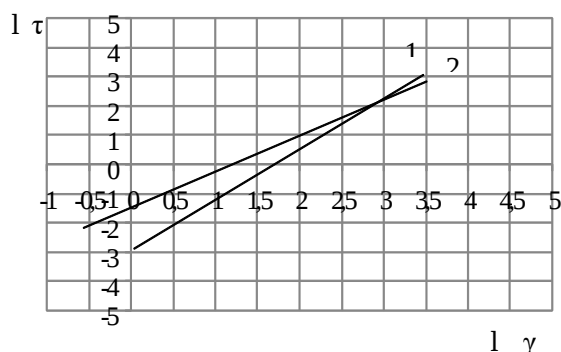


Рисунок 1. Зависимость $\lg \tau - \lg \gamma$ для конфетных масс типа «нугатинов» с добавлением комплексных смесей желатин – гуммиарабик: 1 – конфетная масса на яичном белке (контроль), 2 – конфетная масса на сычужочном белке

Figure 1. The dependence $\lg \tau - \lg \gamma$ for candy masses of the «nugatin» type with the addition of complex mixtures of gelatin – gum arabic: 1 – candy mass on egg white (control), 2 – candy mass on whey protein

С помощью полученного графика (рисунок 1) находили индекс течения (n) по тангенсу угла наклона данной зависимости к оси абсцисс и коэффициент консистенции (K) по величине отрезка на оси ординат, при $\lg \tau = 0$. Результаты экспериментальных данных были обработаны на ЭВМ и получены математические зависимости предельного напряжения изучаемых конфетных масс от соотношения рецептурных компонентов. Константы полученных данных и математические зависимости структурно-механических свойств сбивных конфетных масс представлены в таблице 4.

Таблица 4.

Константы уравнения течения и математические зависимости структурно-механических свойств затыжных аэрированных конфетных масс с добавлением комплексных смесей желатин – гуммиарабик

Table 4.

Flow equation constants and mathematical dependences of the structural and mechanical properties of protracted aerated candy masses with the addition of gelatin-gum arabic complex mixtures

Образец Sample	Коэффициент консистенции K , Па с ^{n} Consistency coefficient K , Pa c ^{n}	Индекс течения n Current index n	Математическое уравнение Mathematical equation	Коэффициент корреляции Correlation coefficient
Конфетная масса на яичном белке (контроль) Candy mass on egg white (control)	0,41	0,12	$y = 0,001 x^{1,737}$	0,97
Конфетная масса на сычужочном белке Candy mass on whey protein	0,47	0,18	$y = 0,034 x^{1,233}$	0,98

Соответствие экспериментальных значений с теоретическими подтверждает предположение о том, что реологические свойства затыжных аэрированных конфетных масс описываются степенным уравнением.

Анализ реологических констант затыжных аэрированных конфетных масс с добавлением комплексных смесей желатин – гуммиарабик показал, что коэффициент консистенции для затыжных аэрированных конфетных масс

на сычужочном белке был в 1,5 раз выше, чем у конфетной массы на яичном белке.

На основании исследований реологических характеристик систем был сделан вывод, что добавление гидроколлоидов значительно повышает их вязкость и стабилизирует структуру. Целостность массы зависит от степени гелеобразования белковой пленки на грани раздела фаз, обуславливающей достаточную для стабилизации пены механическую прочность пленки.

При формировании гелей сывороточных белков, желатина и гуммиарабика происходит перераспределение фаз в смешанном геле и изменения структуры в пространстве. Сетчатые структуры смешанных гелей сывороточных белков, желатина и гуммиарабика формировались при pH 6,65–6,93.

Согласно распределению фаз сывороточных белков в смеси с желатином и гуммиарабиком путем нагревания с последующим охлаждением образуются взаимопроникающие сети. В этом случае первой формируется сеть сывороточных белков. Обе фазы гомогенно распределялись внутри агрегатов, образуя прочную агрегатно-устойчивую структуру конфетных масс.

Микроструктура конфетных масс приведена на рисунке 2.

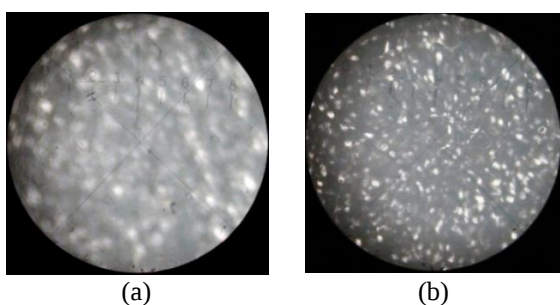


Рисунок 2. Микроструктура затяжных аэрированных конфетных масс типа «мягких нугатинов»: (a) – на яичном белке; (b) – на сывороточном белке

Figure 2. The microstructure of protracted aerated candy masses of the «soft nougatin» type: (a) – on egg white; (b) – on whey protein

Полученные результаты иллюстрируют структуру, степень дисперсности и равномерность распределения структурных компонентов по каждому образцу. Из рисунка 2 видно, что все образцы характеризуются однородной мелкоячеистой структурой, без признаков синерезиса.

Кроме того, установлено, что при введении раствора гидроколлоидов в конфетную массу необходимо смешение водного раствора желатина с водным раствором гуммиарабика в соотношении 1:1 и время для набухания. При смешивании набухших растворов гидроколлоидов с подогретым до 60 °С глюкозным сиропом образуется конфетная масса с глянцевой поверхностью, чего не происходит при добавлении раствора гидроколлоидов непосредственно во взбитую массу. Это, вероятно, объясняется взаимодействием аминокислот с глюкозой и другими сахарами (гликозилирование). Высокомолекулярные углеводы тормозят кристаллизацию сахарозы и обеспечивают глянцевый блеск массы. Возможно, альдегидные группы сахаров взаимодействуют с лизином с образованием ряда продуктов, которые придают глянцевый блеск поверхности конфетных масс.

Заключение

Исследовано влияние технологических факторов на изменение структурно-механических свойств затяжных аэрированных конфетных масс на основе сывороточных белков. Установлено, что использование композиции структурообразователей желатин – гуммиарабик способствует улучшению стабильности конфетных масс на основе сывороточных белков при механическом воздействии и получении масс с глянцевой поверхностью. В белково-полисахаридных комплексах в зависимости от параметров среды возможно изменять состояние системы, формировать комплексы разной структуры. Все это позволяет создать новый ассортимент кондитерских изделий с устойчивой агрегативной структурой, а также повышенной пищевой и биологической ценностью.

Литература

- 1 Дамодаран Ш., Паркин К.Л., Феннема О.Р. Химия пищевых продуктов; пер. с англ. СПб.: Профессия, 2012. 1040 с.
- 2 Vandenbossche V., Candy L., Evon P., Rouilly A. et al. Extrusion // *Green Food Processing Techniques*. 2019. P. 289-314. doi: 10.1016/B978-0-12-815353-6.00010-0
- 3 Hartel R. W., Joachim H., Hofberger R. *Confectionery science and technology*. Cham, Switzerland: Springer, 2018. 536 p.
- 4 Hartel R.W., Elbe J.H., Hofberger R. *Jellies, gummies and licorices* // *Confectionery science and technology*. Springer, Cham, 2018. P. 329-359.
- 5 Schmidt C., Bornmann R., Schuldt S., Schneider Y. et al. Thermo-mechanical properties of soft candy: application of time-temperature superposition to mimic response at high deformation rates // *Food biophysics*. 2018. V. 13. №. 1. P. 11-17. doi: 10.1007/s11483-017-9506-3
- 6 Patole S., Cheng L., Yang Z. Impact of incorporations of various polysaccharides on rheological and microstructural characteristics of heat-induced quinoa protein isolate gels // *Food Biophysics*. 2022. doi: 10.1007/s11483-022-09720-3
- 7 Shydakova-Kamieniuka O., Shklieriev O., Samokhvalova O., Artamonova M. et al. Harnessing the technological potential of chia seeds in the technology of cream-whipped candy masses // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. V. 2. №. 11. P. 104.
- 8 Kalynivska T.V., Obolkina V.I. Using combined proteins and hydrocolloids for creating aerated candy masses // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2014. V. 2. № 12 (68). P. 113–121.
- 9 Калиновская Т.В., Богодист-Тимофеева Е.Ю. Исследование функционально-технологических свойств концентрата сывороточных белков в технологиях сбивных конфетных масс // *Вестник ВГУИТ*. 2021. Т. 83. № 2. С. 169–174. doi: 10.20914/2310-1202-2021-2-169-174

- 10 Богданова Е.В., Мельникова Е.И. Гидролизаты сывороточных белков в технологии продуктов для спортивного питания // Молочная промышленность. 2018. № 4. С. 45–47.
- 11 Богданова Е.В., Мельникова Е.И., Гребенчиков А.В. Усвояемость гидролизата β -лактоглобулина в экспериментах in vivo // Молочная промышленность. 2019. № 3. С. 41–42.
- 12 Гарбуз С.А., Забодалова Л.А. Методы получения биологически активных пептидов путем гидролиза молочных белков // Естественные и технические науки. 2018. № 2 (116). С. 79–81.
- 13 Cabral S.R. Optimization of Cheese Whey Ultrafiltration/Diafiltration for the Production of Beverage Liquid Protein Concentrates with Lactose Partially Removed // Journal of Membrane Science & Research. 2019. V. 5. № 2. P. 172–177. doi: 10.22079/JMSR.2018.92367.1208
- 14 Henriques M., Gomes D., Pereira C. Liquid Whey Protein Concentrates Produced by Ultrafiltration as Primary Raw Materials for Thermal Dairy Gels // Food Technology and Biotechnology. 2017. № 55 (4). P. 454–463. doi: 10.17113/ftb.55.04.17.5248
- 15 Iwaniak A. Understanding the nature of bitter-taste di- and tripeptides derived from food proteins based on chemometric analysis // Journal of Food Biochemistry. 2018. V. 11. P. 235–244. doi: 10.1111/jfbc.12500
- 16 Moriano M.E., Alamprese C. Whey protein concentrate and egg white powder as structuring agents of double emulsions for food applications // Food and Bioprocess Technology. 2020. V. 13. P. 1154–1165. doi: 10.1007/s11947-020-02467-0
- 17 Yin L., Zhou X.G., Yu J.S., Wang H. et al. Protein foaming method to prepare Si3N4 foams by using a mixture of egg white protein and whey protein isolate // Ceramics International. 2014. V. 40. № 8. P. 11503–11509. doi: 10.1016/j.ceramint.2014.03.043
- 18 Tan M.C., Chin N.L., Yusof Y.A., Taip F.S. et al. Improvement of eggless cake structure using ultrasonically treated whey protein // Food and Bioprocess Technology. 2015. V. 8. № 3. P. 605–614. doi: 10.1007/s11947-014-1428-1
- 19 Dñaz-Ramírez M., Calderyn-Domínguez G., García-Garibay M. et al. Effect of whey protein isolate addition on physical, structural and sensory properties of sponge cake // Food Hydrocolloids. 2016. V. 61. P. 633–639. doi: 10.1016/j.foodhyd.2016.06.020
- 20 Oboceanu D., Wang L., Magner E., Auty M.A. Fibrillation of whey proteins improves foaming capacity and foam stability at low protein concentrations // Journal of Food Engineering. 2014. V. 121. P. 102–111. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.08.023
- 21 Pico J., Reguilyn M.P., Bernal J., Gymez M. Effect of rice, pea, egg white and whey proteins on crust quality of rice flour-corn starch based gluten-free breads // Journal of Cereal Science. 2019. V. 86. P. 92–101. doi: 10.1016/j.jcs.2019.01.014

References

- 1 Damodaran Sh., Parkin K.L., Fennema O.R. Chemistry of food products; per. from English. St. Petersburg, Profession, 2012. 1040 p. (in Russian).
- 2 Vandenbossche V., Candy L., Evon P., Rouilly A. et al. Extrusion. Green Food Processing Techniques. 2019. pp. 289–314. doi: 10.1016/B978-0-12-815353-6.00010-0
- 3 Hartel R. W., Joachim H., Hofberger R. Confectionery science and technology. Cham, Switzerland, Springer, 2018. 536 p.
- 4 Hartel R.W., Elbe J.H., Hofberger R. Jellies, gummies and licorices. Confectionery science and technology. Springer, Cham, 2018. pp. 329–359.
- 5 Schmidt C., Bornmann R., Schuldt S., Schneider Y. et al. Thermo-mechanical properties of soft candy: application of time-temperature superposition to mimic response at high deformation rates. Food biophysics. 2018. vol. 13. no. 1. pp. 11–17. doi: 10.1007/s11483-017-9506-3
- 6 Patole S., Cheng L., Yang Z. Impact of incorporations of various polysaccharides on rheological and microstructural characteristics of heat-induced quinoa protein isolate gels. Food Biophysics. 2022. doi: 10.1007/s11483-022-09720-3
- 7 Shydakova-Kamenyuka O., Shklyayev O., Samokhvalova O., Artamonova M. et al. Harnessing the technological potential of chia seeds in the technology of cream-whipped candy masses. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. vol. 2. no. 11. pp. 104.
- 8 Kalynivska T.V., Obolkina V.I. Using combined proteins and hydrocolloids for creating aerated candy masses. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2014. vol. 2. no. 12 (68). pp. 113–121.
- 9 Kalinovskaya T.V., Bogodist-Timofeeva E.Yu. Study of the functional and technological properties of whey protein concentrate in the technology of aerated candy masses. Proceeding of VSUET. 2021. vol. 83. no. 2. pp. 169–174. doi: 10.20914/2310-1202-2021-2-169-174 (in Russian).
- 10 Bogdanova E.V., Melnikova E.I. Hydrolyzates of whey proteins in the technology of products for sports nutrition. Dairy industry. 2018. no. 4. pp. 45–47. (in Russian).
- 11 Bogdanova E.V., Melnikova E.I., Grebenshchikov A.V. Digestibility of β -lactoglobulin hydrolyzate in experiments in vivo. Dairy industry. 2019. no. 3. pp. 41–42. (in Russian).
- 12 Garbuz S.A., Zabodalova L.A. Methods for obtaining biologically active peptides by hydrolysis of milk proteins. Natural and technical sciences. 2018. no. 2 (116). pp. 79–81. (in Russian).
- 13 Cabral S.R. Optimization of Cheese Whey Ultrafiltration/Diafiltration for the Production of Beverage Liquid Protein Concentrates with Lactose Partially Removed. Journal of Membrane Science & Research. 2019. vol. 5. no. 2. pp. 172–177. doi: 10.22079/JMSR.2018.92367.1208
- 14 Henriques M., Gomes D., Pereira C. Liquid Whey Protein Concentrates Produced by Ultrafiltration as Primary Raw Materials for Thermal Dairy Gels. Food Technology and Biotechnology. 2017. no. 55 (4). pp. 454–463. doi: 10.17113/ftb.55.04.17.5248

- 15 Iwaniak A. Understanding the nature of bitter-taste di- and tripeptides derived from food proteins based on chemometric analysis. *Journal of Food Biochemistry*. 2018. vol. 11. pp. 235–244. doi: 10.1111/jfbc.12500
- 16 Moriano M.E., Alamprese C. Whey protein concentrate and egg white powder as structuring agents of double emulsions for food applications. *Food and Bioprocess Technology*. 2020. vol. 13. pp. 1154–1165. doi: 10.1007/s11947-020-02467-0
- 17 Yin L., Zhou X.G., Yu J.S., Wang H. et al. Protein foaming method to prepare Si3N4 foams by using a mixture of egg white protein and whey protein isolate. *Ceramics International*. 2014. vol. 40. no. 8. pp. 11503–11509. doi: 10.1016/j.ceramint.2014.03.043
- 18 Tan M.C., Chin N.L., Yusof Y.A., Taip F.S. et al. Improvement of eggless cake structure using ultrasonically treated whey protein. *Food and Bioprocess Technology*. 2015. vol. 8. no. 3. pp. 605–614. doi: 10.1007/s11947-014-1428-1
- 19 Dnaz-Ramirez M., Calderyn-Domínguez G., Garcha-Garibay M. et al. Effect of whey protein isolate addition on physical, structural and sensory properties of sponge cake. *Food Hydrocolloids*. 2016. vol. 61. pp. 633–639. doi: 10.1016/j.foodhyd.2016.06.020
- 20 Oboeroceanu D., Wang L., Magner E., Auty M.A. Fibrillization of whey proteins improves foaming capacity and foam stability at low protein concentrations. *Journal of Food Engineering*. 2014. vol. 121. pp. 102–111. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.08.023
- 21 Pico J., Reguilyn M.P., Bernal J., Gyme M. Effect of rice, pea, egg white and whey proteins on crust quality of rice flour-corn starch based gluten-free breads. *Journal of Cereal Science*. 2019. vol. 86. pp. 92–101. doi: 10.1016/j.jcs.2019.01.014

Сведения об авторах

Татьяна В. Калиновская к.т.н., доцент, кафедра технологии и оборудования производства и переработки продукции животноводства, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, пр-т Вернадского, 4, г. Симферополь, 295007, Россия, kalinovskaya_88@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-000C-8052-2014>

Владимир И. Омельчук к.с.-х.н., доцент, кафедра технологии и оборудования производства и переработки продукции животноводства, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, пр-т Вернадского, 4, г. Симферополь, 295007, Россия, omelchukvova@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2709-8824>

Александр В. Гаврилов к.т.н., доцент, кафедра технологии и оборудования производства и переработки продукции животноводства, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, пр-т Вернадского, 4, г. Симферополь, 295007, Россия, tehfac@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3382-0307>

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

Tatiana V. Kalinovskaya Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technologies and equipment for production and processing of livestock products department, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Prospekt Vernadskogo 4, Simferopol, Russia, 295007, kalinovskaya_88@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-000C-8052-2014>

Vladimir I. Omelchuk Cand. Sci. (Agric.), associate professor, technologies and equipment for production and processing of livestock products department, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Prospekt Vernadskogo 4, Simferopol, Russia, 295007, omelchukvova@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2709-8824>

Alexander V. Gavrilov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technologies and equipment for production and processing of livestock products department, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Prospekt Vernadskogo 4, Simferopol, Russia, 295007, tehfac@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3382-0307>

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 11/04/2022	После редакции 10/05/2022	Принята в печать 31/05/2022
Received 11/04/2022	Accepted in revised 10/05/2022	Accepted 31/05/2022