

Исследование физико-химических и текстурных свойств желированных десертов без желатина

Н. В. Неповинных^{1,*}, О. Н. Петрова¹, Н. М. Белова¹, С. Еганехзад²

¹ ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова»,
410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1

² Научно-исследовательский институт пищевых наук и технологий,
91895, Иран, г. Мешхед, шоссе Мешхед-Кучан, 12 км

Дата поступления в редакцию: 11.03.2019
Дата принятия в печать: 28.03.2019

*e-mail: nnepovinnykh@yandex.ru



© Н. В. Неповинных, О. Н. Петрова, Н. М. Белова, С. Еганехзад, 2019

Аннотация. Целью данного исследования является решение технологической проблемы производстважелированных десертов путем замены желатина (для преодоления религиозных и этических ограничений) некрахмальными полисахаридами растительного, бактериального и водорослевого происхождения – индивидуально или в бинарной системе, а также изучение структуры десертов, отвечающей за формирование гелевой сетки. Гидроколлоиды широко используются при изготовлении многих продуктов питания для улучшения качественных характеристик и срока годности. Изучаемыми полисахаридами являлись (отдельно или в бинарных системах) альгинат натрия, пектин, йота-каррагинан, конжаковая камедь, камедь бобов рожкового дерева, ксантановая и гуаровая камеди. Определены полисахариды и их оптимальные концентрации (конжаковая камедь 0,4 % : ксантановая камедь 0,6 %; камедь бобов рожкового дерева 0,2 % : ксантановая камедь 0,8 %; йота-каррагинан 0,4 %) в качестве желирующих агентов при производстве десертов без желатина. Образование гелевой сетки в десертах происходит в результате сложного взаимодействия гидроколлоидов, молочного жира и сахара. Формирование структурыжелированных десертов с используемыми полисахаридами происходит уже при температуре 18 ± 2 °C в течение 20–40 мин, в отличие от формирования структуры контрольного образца, протекающей при температуре 4 ± 2 °C в течение 2–3 часов. Органолептическая оценка исследуемых продуктов была оценена дегустационной комиссией по следующим критериям: вкус, цвет, консистенция, запах и внешний вид. Был проведен анализ индикаторов структуры десертов. Вероятный срок годности был определен на основе оценки влагосодержания и активности воды и составляет (при температуре 4 ± 2 °C) не более 24 часов. Было выявлено несколько экономически выгодных новых составов, успешно воспроизводящих основные признаки хорошо известного и широко потребляемого традиционного десерта с желатином.

Ключевые слова: Желированные десерты, некрахмальные полисахариды, желатин, йота-каррагинан, ксантановая камедь, камедь бобов рожкового дерева, конжаковая камедь

Для цитирования: Исследование физико-химических и текстурных свойствжелированных десертов без желатина / Н. В. Неповинных, О. Н. Петрова, Н. М. Белова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 43–49. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-43-49>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/>

Physico-Chemical and Texture Properties of Gelatin-Free Jelly Desserts

N.V. Nepovinnykh^{1,*}, O.N. Petrova¹, N.M. Belova¹, S. Yeganehzad²

¹ N.I. Vavilov Saratov State Agrarian University,
1, Teatralnaya Sq., Saratov, 410012, Russia

² Research Institute of Food Science and Technology,
Km 12, Mashhad-Quchan Highway, Mashhad, 91895, Iran

Received: March 11, 2019
Accepted: March 28, 2019

*e-mail: nnepovinnykh@yandex.ru



© N.V. Nepovinnykh, O.N. Petrova, N.M. Belova, S. Yeganehzad, 2019

Abstract. The research features the technological challenge of producing jelly desserts by replacing gelatin by non-starch polysaccharides of plant, bacterial, and algal origin (separately or in binary mixtures) in order to overcome religious and ethical constraints. The authors focused on the texture which is responsible for gel network formation of desserts. Hydrocolloids are widely used in many food formulations to improve quality attributes and shelf-life. The polysaccharides under analysis included

alginate, pectin, iota-carrageenan, konjac glucomannan, xanthan, and guar gum, separately or in binary mixtures. The experiment made it possible to determine polysaccharides and their optimal concentrations (konjac glucomannan 0.4 % : xanthan gum 0.6 %; locust bean gum 0.2 % : xanthan gum 0.8 %; iota-carrageenan 0.4 %) as gelling agents for the production of desserts without gelatin. Formation of a gel network in desserts occurs as a result of a complex interaction of hydrocolloids, milk fat, and sugar. Structure formation of jelly desserts with polysaccharides occurs already at $18 \pm 2^\circ\text{C}$ in 20–40 minutes. In contrast, the structure formation of the control sample occurred at $4 \pm 2^\circ\text{C}$ in 2–3 hours. Sensory evaluation of the products was conducted by panellists according to the following criteria: taste, colour, consistency, aroma, and appearance. The paper also describes an analysis of texture indicators. The shelf-life was assessed according to moisture content and water activity as 24 hours at $4 \pm 2^\circ\text{C}$. Several economically-viable new formulations were identified: they successfully reproduced the essential attributes of well-established and widely-consumed traditional gelatin desserts.

Keywords: Jelly desserts, non-starch polysaccharides, gelatin, iota-carrageenan, xanthan gum, locust bean gum, konjac glucomannan

For citation: Nepovinnikh NV, Petrova ON, Belova NM, Yeganehzad S. Physico-Chemical and Texture Properties of Gelatin-Free Jelly Desserts. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(1):43–49. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-43-49>.

Введение

Традиционно желированные десерты производятся с использованием пищевого желатина, молока или сливок, сахара и ванилина. Для вегетарианцев и потребителей халяльных и кошерных продуктов. Проблема замены желатина на пищевые гидроколлоиды существует уже много лет. Но в последнее время, в связи с появлением вируса губчатой энцефалопатии крупного рогатого скота, интерес к этой проблеме возрос по всему миру [1]. Гидроколлоиды широко используются при изготовлении многих продуктов питания для улучшения качественных характеристик и срока годности. Одним из основных свойств гидроколлоидов является их способность к студнеобразованию. Гидроколлоиды образуют гели путем физических связей их полимерных цепей посредством соединения водорода, гидрофобной ассоциации и катионного сшивания. Именно из-за этого гидроколлоидные гели часто называют «физическими гелями» [2, 3].

Механизм и, получающиеся в результате, надмолекулярные структуры, формирующие макроскопическим образом пищевую систему и достаточно стабильную сеть желированного изделия, важны для полисахаридно-белковых систем.

Целью данного исследования является производство желированного десерта без желатина путем его замены (с целью преодоления религиозных и этических ограничений) полисахаридами (ПС) растительного, бактериального или водорослевого происхождения – индивидуально (ПС-1) или в бинарных системах (ПС-1-ПС-2), а также изучение структуры десертов.

Объекты и методы исследования

Для изготовления десертных гелей были использованы следующие коммерческие образцы пищевых гидроколлоидов: конжаковая камедь, ксантановая камедь (Danisco, Франция); йота-каррагинан, гуаровая камедь (Sarda Starch Pvd. Ltd, Индия); камедь бобов рожкового дерева *Ceratonia siliqua* (Sigma-Aldrich Co. LLC, США); альгинат натрия (DuPont Nutrition & Health, Франция); пектин (ZPOW Pektowin, Польша); желатин (Россия).

Для приготовления десертов в качестве рецептурных компонентов были использованы са-

хар (ГОСТ 33222-2015); молоко жирностью 3,5 % (ГОСТ 31450-2013); сливки жирностью 20 % (ГОСТ 31451-2013); ванилин (ГОСТ 16599-71 с изм. № 1, 2). Питьевая вода (СанПиН 2.1.4.1074-01) была использована для растворения пищевых гидроколлоидов.

Дегустационная оценка образцов была произведена в лаборатории сенсорного анализа в Мешхедском научно-исследовательском институте пищевых наук и технологий (Иран). Органолептическое качество испытанных продуктов было оценено по следующим критериям: внешний вид, консистенция, запах, вкус и цвет. Каждая характеристика была оценена по 5 балльной шкале (0–1 очень плохо, 1–2 плохо, 2–3 удовлетворительно, 3–4 хорошо, 4–5 отлично). Все баллы суммировали и рассчитывали итоговый балл. Каждый член комиссии оценил каждый десерт по 3 раза.

Калорийность десертов определяли расчетным путем согласно общепринятой методике [4].

Активность воды (a_w) в десертах определяли с применением анализатора активности воды «HygroPalmAw» (Rotronic, Швейцария) с диэлектрическим датчиком влажности. Работа датчика основана на изменении проводимости гигроскопичного полимера в зависимости от относительной влажности камеры. Гигрометр состоит из ручного блока с дисплеем и клавишами управления и измерительного зонда активности воды. Анализируемый образец отбирается в стаканчик и помещается в измерительную камеру. Сверху устанавливается зонд активности воды. Цикл измерений длится от 3 до 5 минут, после чего на дисплее отображаются значения активности воды до третьего знака после запятой. Измерения проводились в соответствии с общепринятой методикой [5].

Содержание влаги (W) в десертах было определено термогравиметрическим методом с использованием анализатора влажности MX 50 (A&D, Япония). Три грамма образца помещали на алюминиевую пластину и нагревали до 160°C в течение 5 мин. Было взято среднее значение трех измерений [6].

pH десертов определяли ионометрическим методом с использованием pH-метра марки Checker (Hanna, США), который был откалиброван по стандартным показателям буфера pH.

Таблица 1 – Рецептурный состав и сенсорная оценка десертов (выход на 100 г продукта)

Table 1 – Prescription composition and sensory evaluation of desserts (output per 100 g of product)

Гидроколлоиды	Концентрации гидроколлоидов, г	Рецептурные ингредиенты, г					Сенсорная оценка, итоговый показатель
		Сливки	Молоко	Ванилин	Сахар	Вода	
Желатин (контрольный образец)	3,5	34,7	17,3	1,2	8,3	35,0	5,0
Гуаровая камедь : ксантановая камедь	0,4:0,6	34,7	44,8			10,0	4,8
Камедь бобов рожкового дерева : ксантановая камедь	0,2:0,8	34,7	44,8			10,0	5,0
Конжаковая камедь : ксантановая камедь	0,4:0,6	34,7	44,8			10,0	5,0
Йота-каррагинан	0,4	34,7	51,4			4,0	5,0
Пектин	0,7	34,7	48,1			7,0	4,9
Альгинат натрия	0,7	34,7	48,1			7,0	4,5

Прочность десертов была исследована с помощью прибора Валента, предназначенного для измерения прочности желированных продуктов. Результат измерения представлен в граммах [7, 8]. Показатели прочности геля выдаются в диапазоне от 100 г до 3000 г. Погрешность измерений не больше 10 %. Прочность геля (Пг, г) – минимальный вес груза, который необходим для разрушения поверхности геля. Прибор представляет собой поршень с полусферической насадкой определенного размера (диаметр 16 мм, высота 10 мм). Поверхность геля, на который надавливала насадка, составляла 2×2 см.

Текстурные свойства желированных десертов (прочность, адгезия, сила адгезии, когезия, коэффициент упругости, упругость) изучены с помощью анализатора текстуры СТ 3 (Brookfield, США). Анализатор текстуры СТ3 предназначен для измерения создаваемой нагрузки зондами при сжатии испытуемого образца десерта, а также высоты перемещения зондов при определении физических и механических свойств, таких как прочность, адгезия, сила адгезии, когезия, коэффициент упругости, упругость. Принцип действия анализатора основан на преобразовании датчиком нагрузки, приложенной к испытываемому образцу, в аналоговый электрический сигнал, изменяющийся пропорционально этой нагрузке. Испыта-

ния проводятся путем однократного воздействия на испытуемый образец путем сжатия. В ходе теста в каждый момент времени измеряется усилие, которое необходимо приложить для деформации, вплоть до заданного момента окончания теста. Полученные зависимости позволяют оценить текстурные свойства желированных десертов. Для исследований была использована проба ТА5 (цилиндрическая проба диаметром 12,7 мм), вес пробы – 10 г.

Результаты и их обсуждение

Рецептурный состав и данные сенсорной оценки десертов представлены в таблице 1.

Из данных, представленных в таблице 1, следует, что десерты, изготовленные с применением полисахаридов (камедь бобов рожкового дерева : ксантановая камедь; конжаковая камедь : ксантановая камедь; йота-каррагинан), имеют лучшие сенсорные характеристики, чем десерты на основе гуаровой и ксантановой камедей, пектина и альгината натрия. Итоговый показатель сенсорной оценки составил 5,0.

Данные по пищевой ценности и калорийности десертов представлены в таблице 2.

По данным, представленным в таблице 2, можно видеть, что калорийность десертов не изменяется при замене желатина на некрахмальные полисахара-

Таблица 2 – Пищевая ценность и калорийность десертов (выход на 100 г продукта)

Table 2 – Nutritional and calorie value of the desserts (output per 100 g of product)

Гидроколлоиды	Концентрации гидроколлоидов, г	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Пищевые волокна/ клетчатка, г	Зола, г	Калорийность, ккал
Желатин (контрольный образец)	3,5	4,5	4,1	11,7	–	0,39	102 ± 2
Гуаровая камедь : ксантановая камедь	0,4:0,6	2,3	5,0	13,2	0,69	0,52	109 ± 2
Камедь бобов рожкового дерева : ксантановая камедь	0,2:0,8	2,3	5,0	13,2	0,69	0,52	109 ± 2
Конжаковая камедь : ксантановая камедь	0,4:0,6	2,3	5,0	13,2	0,69	0,52	109 ± 2
Йота-каррагинан	0,4	2,5	5,3	13,2	0,28	0,57	112 ± 2
Пектин	0,7	2,4	5,2	13,3	0,48	0,54	110 ± 2
Альгинат натрия	0,7	2,4	5,2	13,3	0,48	0,54	110 ± 2

Таблица 3 – Физико-химические свойства десертов

Table 3 – Physical and chemical properties of the desserts

Гидроколлоиды	Концентрации гидроколлоидов, г	Прочность геля (Пг, г)	Активность воды (aw)	Содержание влаги (W), %	pH
Желатин (контрольный образец)	3,5	840	0,965 ± 0,003	70,8 ± 0,4	6,91 ± 0,02
Гуаровая камедь: ксантановая камедь	0,4:0,6	150	0,964 ± 0,003	70,8 ± 0,4	6,93 ± 0,01
Камедь бобов рожкового дерева: ксантановая камедь	0,2:0,8	250	0,965 ± 0,001	71,9 ± 0,2	6,92 ± 0,03
Конжаковая камедь: ксантановая камедь	0,4:0,6	290	0,964 ± 0,001	71,6 ± 0,1	6,93 ± 0,03
Йота-каррагинан	0,4	210	0,964 ± 0,003	70,8 ± 0,4	6,93 ± 0,03
Пектин	0,7	150	0,965 ± 0,003	71,6 ± 0,6	6,94 ± 0,03
Альгинат натрия	0,7	100	0,965 ± 0,003	71,6 ± 0,6	6,93 ± 0,03

риды в связи с увеличением в рецептуре количества молока (табл. 1). Образование гелевой сетки в десертах происходит в результате сложного взаимодействия гидроколлоидов, молочного жира и сахара. Формирование структуры желированных десертов с используемыми полисахаридами происходит при температуре 18 ± 2 °C в течение 20–40 мин, в отличие от формирования структуры контрольного образца с использованием желатина, протекающей при температуре 4 ± 2 °C в течение 2–3 часов в условиях холодильной камеры [15].

Данные по физико-химическим свойствам десертов представлены в таблице 3.

Из данных, представленных в таблице 3, следует, что все образцы можно отнести к группе скоропортящихся продуктов, так как их показатель активности воды составляет более 0,9. Нужно отметить, что десерты с некрахмальными полисахаридами имеют не только лучшие сенсорные показатели (табл. 1), но и лучшие показатели прочности гелей, характеризующиеся более нежной пластичной текстурой, в отличие от контрольного образца, имеющего упругую «резиноподобную» консистенцию. При этом десерты с использованием альгината натрия и пектина при концентрации 0,7 % не держат форму и растекаются при порционировании. Поэтому использование данных полисахаридов в указанных концентрациях не целесообразно для приготовления желированных десертов. Следует отметить, что использование полисахаридов в больших концентрациях будет приводить к удорожанию готового продукта. Полученные результаты также подкрепляются данными о синергическом эффекте между используемыми гидроколлоидами. Не образующие гели, по отдельности полисахариды (ксантановая камедь и галактоманнаны) обычно используются в совместных комбинациях для улучшения текстурных свойств и получения прочных гелей [3, 9–14].

Таким образом, лучшие образцы десерты с полисахаридами были отобраны для дальнейшего исследования и производства.

При исследовании текстурных показателей желированных десертов (на анализаторе текстуры СТ 3 Brookfield) судили о их прочности по величине напряжения сдвига в момент разрушения студня

(разрыва сплошности) в сравнении с контрольным образцом. Приложенная нагрузка, создаваемая анализатором, деформирует испытуемый образец. Также производится измерение значения величины этой нагрузки. Обработка полученных экспериментальных данных осуществляется с помощью специализированного программного обеспечения Texture PRO CT. Система в реальном времени регистрирует значение нагрузки, необходимой для погружения индентора на заданную глубину, и в зависимости от настроек оператора выводятся в табличном или графическом виде. На рисунке 1 представлен пример деформационной кривой, полученной на анализаторе текстуры СТ 3 Brookfield.

Из рисунка 1 видно, что усилие, необходимое для продавливания образца, увеличивается до определенного предела. После чего наклон кривой уменьшается и усилие достигает практически постоянного значения (плато) пока не происходит продавливание поверхности (нарушение сплошности желе). В этот момент на кривой отмечается перелом (Peak Positive Force – положительный пик силы). Значение силы, приложенной в этот момент на единицу площади, принималось за величину прочности желированных десертов. После достижения заданной глубины по-



Рисунок 1 – Пример деформационной кривой, полученной на анализаторе СТ 3 Brookfield

Figure 1 – An example of the deformation curve obtained on the СТ 3 Brookfield analyzer

Таблица 4 – Текстурные показатели желированных десертов

Table 4 – Textural indicators of the gelatinized desserts

Гидроколлоиды	Концентрации гидроколлоидов, г	Прочность, МПа	Адгезия, МДж	Сила адгезии, Н	Когезия, МДж	Коэффициент упругости	Упругость, Н
Желатин (контрольный образец)	3,5	0,15 ± 0,02	0,48 ± 0,02	10,02 ± 0,02	0,52 ± 0,01	0,87 ± 0,01	1,02 ± 0,01
Камедь бобов рожкового дерева: ксантановая камедь	0,2:0,8	0,15 ± 0,02	1,43 ± 0,02	0,07 ± 0,01	0,39 ± 0,01	0,97 ± 0,02	0,36 ± 0,02
Конжаковая камедь: ксантановая камедь	0,4:0,6	0,41 ± 0,26	1,22 ± 0,23	0,07 ± 0,01	0,21 ± 0,01	0,96 ± 0,02	0,51 ± 0,05
Йота-каррагинан	0,4	0,13 ± 0,03	0,19 ± 0,04	0,05 ± 0,04	0,32 ± 0,01	0,82 ± 0,06	0,24 ± 0,01

гружения (на представленном графике этот момент совпадает с достижением положительного пика) начинается движение индентора в обратную сторону. Величина усилия принимает отрицательное значение за счёт сил адгезионного взаимодействия поверхности индентора и образца, которые препятствуют его поднятию. При этом в определённый момент (Peak Negative Force – отрицательный пик силы) разрывные усилия превышают величину адгезионных сил и происходит отрыв индентора от поверхности образца.

При равномерном отрыве нагрузка прикладывается перпендикулярно плоскости исследуемого образца. При этом адгезия характеризуется нормальной силой, отнесённой к единице площади контакта, т. е. нормальным напряжением. Ход проведения испытаний аналогичен исследованию прочности желированных изделий, но в данном случае фиксируют величину не положительного, а отрицательного пика силы.

Проведение испытаний когезионных сил аналогично исследованию прочности желированных десертов. Однако в данном случае в держателе прибора и вместо поворотного столика закрепляют зажимы для проведения испытаний на разрыв. Исследуемый образец помещают между зажимами и проводят испытания до полного разделения образца на две части [16].

Обработка и хранение всех экспериментальных данных текстуры осуществляется с помощью специ-

ализированного программного обеспечения Texture PRO CT.

Текстурные показатели желированных десертов, в сравнении с контрольным образцом, измеренные на анализаторе текстуры СТ 3 Brookfield, представлены в таблице 4.

Как видно из данных таблицы 4, разработанные образцы характеризовались низкими показателями упругости, по сравнению с контрольным образцом, упругость которого составляла $1,02 \pm 0,01$ Н. Несмотря на сниженные показатели упругости, остальные текстурные показатели экспериментальных образцов были сравнимы с показателями контрольного образца и даже превосходили их. Это подтверждают данные, приведенные в таблице 4. Очевидно, что текстурные характеристики десертов с используемыми полисахаридами по показателям силы адгезии, когезии и упругости лучше, чем текстурные показатели контрольного образца с желатином (сила адгезии, упругость и когезия снижаются, что придает десертам более нежную консистенцию). Это подтверждается также сенсорной оценкой образцов.

На рисунке 2 представлены разработанные образцы желированных десертов без желатина в сравнении с контрольным образцом.

Десерты с некрахмальными полисахаридами не изменяли свойства структуры в течение 48 часов при температуре 4 ± 2 °С (не наблюда-

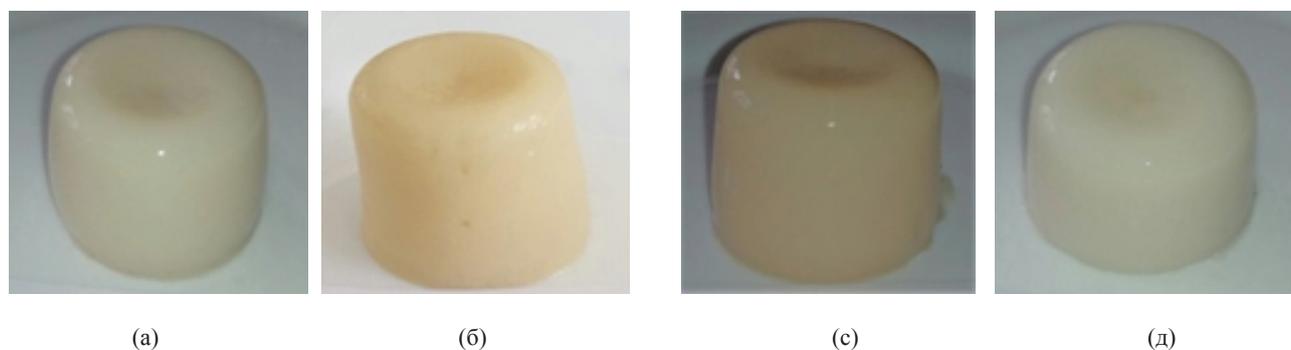


Рисунок 2 – Десерты: (а) контрольный образец с желатином 3,5 %; (б) камедь бобов рожкового дерева 0,2 % : ксантановая камедь 0,8 %; (с) конжаковая камедь 0,4 % : ксантановая камедь 0,6 %; (д) йота-каррагинан 0,4 %

Figure 2 – Desserts: (a) control sample with gelatin 3.5%; (b) locust bean gum 0.2% : xanthan gum 0.8%; (c) konjac gum 0.4% : xanthan gum 0.6%; (d) iota-carrageenan 0.4%

ся синерезис). На основании исследования микробиологических показателей и требований СанПиН 2.3.2.1324-03 установлено, что оптимальный срок годности десертов (при температуре 4 ± 2 °C) не более 24 часов.

Выводы

В ходе исследований разработаны рецептуры желированных десертов с заменой желатина на некрахмальные полисахариды. Изучены сенсорные, физико-химические и текстурные показатели желированных десертов. Полученные данные показывают, что характеристики разработанных десертов без желатина сопоставимы с характеристиками контрольного образца по показателю прочности и даже превосходят их по таким текстурным показателям, как сила адгезии, когезия, упругость.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Исследования поддержаны грантом Президента Российской Федерации для молодых российских ученых МД-2464.2018.8 по теме «Проектирование состава и технологий сбалансированных продуктов питания, направленных на первичную и вторичную профилактику сердечно-сосудистых заболеваний и их осложнений» и научного проекта на тему «Разработка десертов с пониженной калорийностью и улучшенными качественными характеристиками», реализуемого между группами ученых Саратовского государственного аграрного университета (Россия) и Мешхедского научно-исследовательского института пищевых наук и технологий (Иран).

Список литературы

1. Gelatin alternatives for the food industry / N. A. Morrison, G. Sworn, R. C. Clark [et al.] // *Progress in Colloid & Polymer Science*. – 1999. – Vol. 114. – P. 127–131.
2. Agoub, A. A. Effect of guar gum on “weak gel” rheology of microdispersed oxidised cellulose (MDOC) / A. A. Agoub, E. R. Morris, X. Xie // *Gums and Stabilisers for the Food Industry 17: The Changing Face of Food Manufacture: The Role of Hydrocolloids* / P. A. Williams, G.O. Phillips. – Cambridge, UK : Royal Society of Chemistry, 2014. – P. 184–189.
3. Phillips, G. O. Handbook of hydrocolloids / G. O. Phillips, P. A. Williams. – Cambridge, UK : Woodhead Publishing Limited, 2000. – 450 p.
4. Скурихин, И. М. Химический состав российских пищевых продуктов / И. М. Скурихин, В. А. Тутельян. – М. : ДеЛи принт, 2002. – 236 с.
5. ГОСТ Р ИСО 21807-2015. Микробиология пищевой продукции и кормов. Определение активности воды. М. : Стандартинформ, 2016. – 14 с.
6. Фатъянов, Е. В. Разработка усовершенствованных методик определения массовой доли влаги в пищевых продуктах / Е. В. Фатъянов, А. К. Алейников, А. В. Евтеев. – Саратов : Саратовский государственный аграрный университет, 2011. – 29 с.
7. ГОСТ 26185-84. Водоросли морские, травы морские и продукты их переработки. Методы анализа. М. : Стандартинформ, 2018. – 32 с.
8. ГОСТ 11293-89. Желатин. Технические условия. М. : Издательство стандартов, 1991. – 24 с.
9. Imeson, A. P. Carrageenan / A. P. Imeson // *Handbook of hydrocolloids* / G. O. Phillips, P. A. Williams. – Boca Raton, USA : CRC Press LLC, 2002. – P. 87–102.
10. Norton, I. T. Fluid gels, mixed fluid gels and satiety / I. T. Norton, W. J. Frith, S. Ablett // *Food Hydrocolloids*. – 2006. – Vol. 20, № 2–3. – P. 229–239. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.03.011>.
11. Verbeken, D. Textural properties of gelled dairy desserts containing κ-carrageenan and starch / D. Verbeken, O. Thas, K. Dewettinck // *Food Hydrocolloids*. – 2004. – Vol. 18, № 5. – P. 817–833. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2003.12.007>.
12. Rees, D. A. Structure, conformation and mechanism in the formation of polysaccharide gels and networks / D. A. Rees // *Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry*. – 1969. – Vol. 24. – P. 267–332. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2318\(08\)60352-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2318(08)60352-2).
13. Abbaszadeh, A. The effect of polymer fine structure on synergistic interactions of xanthan with konjac glucomannan / A. Abbaszadeh, T. J. Foster // *Gums and Stabilisers for the Food Industry 16* / P. A. Williams, G. O. Phillips. – Cambridge, UK : Royal Society of Chemistry, 2012. – P. 151–162.
14. Птичкин, И. И. Пищевые полисахариды: структурные уровни и функциональность / И. И. Птичкин, Н. М. Птичкина. – Саратов : Типография № 6, 2012. – 95 с.
15. Ortega, D. Dessert gels prepared from alginate and gellan gum / D. Ortega, G. R. Sanderson // *Gums and Stabilisers for the Food Industry 7* / G. O. Phillips, P. A. Williams, D. J. Wedlock. – Oxford : Oxford University Press, 1994. – P. 385–392.
16. Муратова, Е. И. Реология кондитерских масс: монография / Е. И. Муратова, П. М. Смолихина. – Тамбов : ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 188 с.

References

1. Morrison NA, Sworn G, Clark RC, Chen YL, Talashek T. Gelatin alternatives for the food industry. *Progress in Colloid & Polymer Science*. 1999;114:127–131.

2. Agoub AA, Morris ER, Xie X. Effect of guar gum on “weak gel” rheology of microdispersed oxidised cellulose (MDOC). In: Williams PA, Phillips GO, editors. *Gums and Stabilisers for the Food Industry 17: The Changing Face of Food Manufacture: The Role of Hydrocolloids*. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry, 2014. p. 184–189.
3. Phillips GO, Williams PA. *Handbook of hydrocolloids*. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited, 2000. 450 p.
4. Skurikhin IM, Tutel'yan VA. *Khimicheskiy sostav rossiyskikh pishchevykh produktov* [Chemical composition of Russian foodstuffs]. Moscow: DeLi Print; 2002. 236 p. (In Russ.).
5. State Standard ISO 21807-2015. *Microbiology of food and animal feeding stuffs. Determination of water activity*. Moscow: Standartinform; 2016. 14 p.
6. Fat'yanov EV, Aleynikov AK, Evteev AV. *Razrabotka usovershenstvovannykh metodik opredeleniya massovoy doli vlagi v pishchevykh produktakh* [Development of improved methods for determining the mass moisture fraction in food]. Saratov: Saratov State Agrarian University; 2011. 29 p. (In Russ.).
7. State Standard 26185-84. *Seaweeds, sea-grasses and its processed products. Methods of physical and chemical analysis*. Moscow: Standartinform; 2018. 32 p.
8. State Standard 11293-89. *Gelatin. Specifications*. Standards Publishing; 1991. 24 p.
9. Imeson AP. Carrageenan. In: Phillips GO, Williams PA. *Handbook of hydrocolloids*. Boca Raton, USA: CRC Press LLC, 2002. p. 87–102.
10. Norton IT, Frith WJ, Ablett S. Fluid gels, mixed fluid gels and satiety. *Food Hydrocolloids*. 2006;20(2–3):229–239. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.03.011>.
11. Verbeke D, Thas O, Dewettinck K. Textural properties of gelled dairy desserts containing κ-carrageenan and starch. *Food Hydrocolloids*. 2004;18(5):817–833. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2003.12.007>.
12. Rees DA. Structure, conformation and mechanism in the formation of polysaccharide gels and networks. *Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry*. 1969;24:267–332. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2318\(08\)60352-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2318(08)60352-2).
13. Abbaszadeh A, Foster TJ. The effect of polymer fine structure on synergistic interactions of xanthan with konjac glucomannan. In: Williams PA, Phillips GO, editors. *Gums and Stabilisers for the Food Industry 16*. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry, 2012. p. 151–162.
14. Ptichkin II, Ptichkina NM. *Pishchevye polisakharidy: strukturnyye urovni i funktsional'nost'* [Food polysaccharides: structural levels and functionality]. Saratov: Typography № 6; 2012. 95 p. (In Russ.).
15. Ortega D, Sanderson GR. Dessert gels prepared from alginate and gellan gum. In: Phillips GO, Williams PA, Wedlock DJ, editors. *Gums and Stabilisers for the Food Industry*. Oxford: Oxford University Press; 1994. p. 385–392.
16. Muratova EI, Smolikhina PM. *Reologiya konditerskikh mass: monografiya* [Confectionery rheology: monograph]. Tambov: Tambov State Technical University; 2013. 188 p. (In Russ.).

Неповинных Наталия Владимировна

д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры технологии продуктов питания, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, тел.: +7 (8452) 69-25-32, e-mail: nnepovinnykh@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-2923-9202>

Петрова Оксана Николаевна

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии продуктов питания, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, тел.: +7 (8452) 69-25-32, e-mail: oksanaklukina@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-8700-9160>

Белова Нина Михайловна

аспирант кафедры технологии продуктов питания, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1
 <https://orcid.org/0000-0001-9041-1353>

Самира Еганехзад

д-р наук, научный исследователь отдела пищевой промышленности, Научно-исследовательский институт пищевых наук и технологий, 91895, Иран, г. Мешхед, шоссе Мешхед-Кучан, 12 км, тел.: +98-51-35425416, e-mail: yeganehzad@yahoo.com
 <https://orcid.org/0000-0001-7467-4778>

Nataliya V. Nepovinnykh

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Food Technology, N.I. Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya Sq., Saratov, 410012, Russia, phone: +7 (8452) 69-25-32, e-mail: nnepovinnykh@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-2923-9202>

Oksana N. Petrova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Technology, N.I. Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya Sq., Saratov, 410012, Russia, phone: +7 (8452) 69-25-32, e-mail: oksanaklukina@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-8700-9160>

Nina M. Belova

Postgraduate Student of the Department of Food Technology, N.I. Vavilov Saratov, State Agrarian University, 1, Teatralnaya Sq., Saratov, 410012, Russia
 <https://orcid.org/0000-0001-9041-1353>

Samira Yeganehzad

Dr.Sci., Scientific Researcher of the Department of Food Processing, Research Institute of Food Science and Technology, Km 12, Mashhad-Quchan Highway, Mashhad, 91895, Iran, phone: +98-51-35425416, e-mail: yeganehzad@yahoo.com
 <https://orcid.org/0000-0001-7467-4778>