

УДК 664

Технологические особенности изготовления растительного продукта с использованием микроорганизмов *Streptococcus Salivarius Subsp. Thermophilus* и *Lactobacillus Delbrueckii Subsp. Bulgaricus*

Канд. техн. наук М. Н. АЛЬШЕВСКАЯ¹, канд. техн. наук О. В. АНИСТРАТОВА², А. А. КОЧИНА³

¹marina.alshevskaya@klgtu.ru, ²oksana.anistratova@klgtu.ru, ³kochina.kgtu@gmail.com

Калининградский государственный технический университет

*В статье показаны результаты разработки ферментированных растительных продуктов с молочнокислыми микроорганизмами вида *Streptococcus Salivarius subsp. Thermophilus* и *Lactobacillus Delbrueckii subsp. Bulgaricus* на основе ферментированного овсяного порошка и протеина подсолнечника. Изучены смеси овсяного порошка с растительными белками риса, гороха или тыквы по критерию биологическая ценность белка. В результате эксперимента получены значения индекса растворимости, рН, а также плотность полученных смесей и их отдельных компонентов. Изучены физико-химические, структурно-механические и органолептические показатели готового растительного продукта на основе овсяного порошка и белка подсолнечника с молочнокислыми микроорганизмами. Выявлено, что при увеличении массовой доли пектина от 0,5 до 1,5 процентов увеличиваются показатели прочность и вязкость продуктов как после сквашивания, так и в процессе холодильного хранения, а также смесь имеет более однородную текстуру, уменьшается видимый эффект процесса синерезиса. Получено, что с увеличением срока холодильного хранения происходит увеличение показателя прочность образцов, после 7 суток хранения происходит незначительное снижение.*

Ключевые слова: ферментированные растительные продукты, овсяный порошок, молочнокислые микроорганизмы, растительные белки, индекс растворимости, биологическая ценность продукта, вязкость, прочность, ферментация.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 18.05.2022, одобрена после рецензирования 02.08.2022, принята к печати 13.08.2022

DOI: 10.17586/1606-4313-2022-21-3-39-48

Язык статьи — русский

Для цитирования:

Альшевская М. Н., Анистратова О. В., Кочина А. А. Технологические особенности изготовления растительного продукта с использованием микроорганизмов *Streptococcus Salivarius Subsp. Thermophilus* и *Lactobacillus Delbrueckii Subsp. Bulgaricus*. // Вестник Международной академии холода. 2022. № 3. С. 39–48. DOI: 10.17586/1606-4313-2022-21-3-39-48

Technological peculiarities of developing a plant product with the use of *Streptococcus Salivarius Subsp. Thermophilus* and *Lactobacillus Delbrueckii Subsp. Bulgaricus* microorganisms

Ph. D M. N. ALSHEVSKAYA¹, Ph. D O. V. ANISTRATOVA², A. A. KOCHINA³

¹marina.alshevskaya@klgtu.ru, ²oksana.anistratova@klgtu.ru, ³kochina.kgtu@gmail.com

Kaliningrad State Technical University

*The article shows the results of the development of fermented plant products with lactic acid microorganisms of the species *Streptococcus Salivarius subsp. Thermophilus* and *Lactobacillus Delbrueckii subsp. Bulgaricus* is based on oatmeal powder and sunflower protein. Mixtures of fermented oatmeal powder with vegetable proteins of rice, peas or pumpkin were also studied according to the criterion of biological value of protein. As a result of the experiment, the values of the solubility index, pH, as well as the density of the resulting mixtures and their individual components were obtained. The physicochemical, structural-mechanical and organoleptic parameters of the finished vegetable product based on oatmeal powder and sunflower protein were studied. It was revealed that with an increase in the mass fraction of pectin from 0.5 to 1.5 percent, the hardness and viscosity of the products increase both after fermentation and during cold storage, and the mixture has a more homogeneous texture, the visible effect of the syneresis process decreases. It was revealed that with an increase in the period of cold storage, the hardness of the samples increases.*

Keywords: fermented vegetable products, oatmeal powder, lactic acid microorganisms, vegetable proteins, solubility index, biological value of the product, viscosity, hardness, fermentation.

Article info:

Received 18/05/2022, approved after reviewing 02/08/2022, accepted 13/08/2022

DOI: 10.17586/1606-4313-2022-21-3-39-48

Article in Russian

For citation:

Alshevskaya M. N., Anistratova O. V., Kochina A. A. Technological peculiarities of developing a plant product with the use of *Streptococcus Salivarius Subsp. Thermophilus* and *Lactobacillus Delbrueckii Subsp. Bulgaricus* microorganisms. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2022. No 3. p. 39–48. DOI: 10.17586/1606-4313-2022-21-3-39-48

Введение

Стратегия научно-технического развития РФ на ближайшие 10–15 лет предусматривает эффективную переработку сельскохозяйственной продукции, создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания» (Указ № 642 от 01.12.2016 г). Одним из возможных решений по оптимизации питания для улучшения качества жизни и профилактики заболеваний среди населения, обозначенных в нормативно-правовых актах РФ, является разработка пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям концепции здорового питания, безопасности и качества [1, 2].

Актуальным направлением исследований является разработка продуктов из растительного сырья, альтернативных молочным, что связано с ростом числа потребителей, страдающих непереносимостью компонентов натурального молока [3]–[5]. Научные изыскания в данной области проводились в основном применительно к сое. Библиография изученных работ охватывает аспекты сквашивания соевого молока и методов получения на его основе йогуртоподобных продуктов с использованием микроорганизмов *vuda Streptococcus Salivarius subsp. Thermophilus* и *Lactobacillus Delbrueckii subsp. Bulgaricus* в соотношении 1:1 [6, 7].

Актуальным является разработка рецептов и технологий продуктов из растительного сырья отечественного агропромышленного комплекса (АПК) с использованием различных молочнокислых культур [8]–[11].

Перспективным компонентом растительной основы при производстве данной группы продуктов является овес. Однако, при замене животного сырья на растительное важно, чтобы привычные свойства продукта не изменялись, и содержание питательных веществ не уменьшались. Биологическая ценность растительного белка ниже животного, что обуславливает необходимость комбинирования его с другими растительными белками для повышения биологической ценности белка готового продукта. Также при ферментации растительного сырья молочнокислыми микроорганизмами, повышается пищевая ценность продукта и обеспечивается лучшая усвояемость входящих в его состав компонентов [12]–[14]. Это объясняется тем, что уровень неусваиваемых углеводов (полисахаридов и олигосахаридов) снижается, а уровень высвобождающихся минералов и образование водорастворимых витаминов группы В увеличивается. Использование растительного сырья и молочнокислых бактерий придаёт продукту функциональные свойства, присущие каждому из входящих в состав компонентов [15, 16]. Ферментированные растительные продукты, сбалансированные по составу, имеют большие перспективы для производства в будущем, благодаря их потребительскому восприятию

и высокой пищевой ценностью, что актуализирует тематику данного исследования [17]–[20].

Цели и задачи исследования

Целью работы явилось изучение технологических особенностей изготовления растительного продукта с использованием молочнокислых микроорганизмов *Streptococcus salivarius subsp. Thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*.

Для достижения поставленной цели необходимо было выполнить следующие задачи: обосновать выбор растительных компонентов и спроектировать рецептуры их растительных основ; проанализировать влияние массовой доли структурообразователя на физико-химические показатели смесей растительных компонентов; исследовать процесс ферментации растительных смесей молочнокислыми микроорганизмами; изучить органолептические, физико-химические и структурно-механические показатели растительного продукта в процессе хранения.

Материалы и методы исследований

Для проведения исследований были использованы следующие виды сырья: овсяный порошок ферментированный (производитель ООО «Зеленые линии», ТУ 11.07.19-143-51070597-2020), белок подсолнечника (СТО 41996709-001-2019), белок рисовый (производитель ООО «Компаньон Сити»), белок тыквы (производитель ООО «Компаньон Сити», ТУ 10.89.19-027-80599028-2019), пектин (производитель ООО «Вита Пектин»), закваска (БК-Углич-СТБв), удовлетворяющие требованиям ТР ТС 021/2011, ТР ТС 022/2011, ТР ТС 029/2012, ТР ТС 033/2013.

Проектирование и оптимизация аминокислотного состава растительных смесей проводилось с использованием программного обеспечения «Индекс — PPAp» для моделирования пищевых продуктов, разработанное на кафедре ТПП ФГБОУ ВО «КГТУ».

При проведении эксперимента были составлены образцы смесей для производства ферментированных растительных продуктов. Рецептуры образцов смесей представлены в табл. 1.

Получение образцов ферментированных растительных продуктов проводили, руководствуясь традиционной технологией получения кисломолочных напитков термостатным способом. Отличием было подготовка смеси для ферментации и внесение структурообразователя. Сухие смеси овсяного порошка и протеинов восстанавливались при температуре 40 ± 1 °C в течение 20 мин при постоянном перемешивании. В восстановленную смесь вносился стабилизатор пектин, затем нормализованная растительная смесь нагревалась до температуры 60 – 65 °C и гомогенизировалась при давлении

Рецептуры образцов смесей растительного продукта (без учета потерь по операциям), %

Таблица 1

Formulations of plant product samples (excluding losses on operations), %

Table 1

Компонент смеси	Наименование образцов									
	КП	П1	П2	П3	КР	Р1	Р2	Р3	КТ	Т1
	Массовая доля компонентов смеси, %									
Овсяный порошок	12,0	12,0	12,0	12,0	9,0	9,0	9,0	9,0	10,7	10,7
Белок подсолнечный	3,2	3,2	3,2	3,2	—	—	—	—	—	—
Белок рисовый	—	—	—	—	2,6	2,6	2,6	2,6	—	—
Белок тыквенный	—	—	—	—	—	—	—	—	3,5	3,5
Пектин	—	0,5	1,0	1,5	—	0,5	1,0	1,5	—	1,5
Вода	84,8	84,3	83,8	83,3	88,4	87,9	87,4	86,9	85,8	84,3
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(15±2,5) МПа, подвергалась тепловой обработке при температуре (85±2) °С с выдержкой 5–7 мин. Применение высоких температур на этапе пастеризации обеспечивало уничтожение патогенной микрофлоры, инактивацию ферментов сырья и способствовало развитию микрофлоры закваски. Подготовленные образцы смеси охлаждали до температуры заквашивания (40±2) °С и вносили комбинацию термофильных заквасочных культур *Streptococcus Salivarius subsp. Termophilus* и *Lactobacillus Delbrueckii subsp. Bulgaricus* (соотношение 1:1) в количестве 5% от массы смеси. Процесс ферментации осуществлялся при температуре 40±1 °С до достижения РН 4,6–4,8, после ферментации производилось охлаждение образцов и их холодильное хранение в течение 10 сут (4±2 °С).

В образцах определяли следующие показатели: активная кислотность (рН), влагоудерживающая способность (ВУС), индекс растворимости, вязкость, прочность.

Влагоудерживающая способность определялась методом центрифугирования (с частотой оборотов — 1350 об/мин) — образцы, хранившиеся в холодильнике с температурой 4±2 °С в центре продукта, отепляли для минимизации действия структурообразователя. Активная кислотность — потенциометрическим методом. Показатель вязкости образцов определяли при помощи ротационного вискозиметра Brookfield DV-II+Pro с использованием шпинделя RV-3 при температуре 20±1 °С. Показатель прочности образцов определяли при помощи

текстурометра Brookfield СТ3 с использованием цилиндрического шпинделя диаметром 20 мм, скоростью погружения 1 мм/с, глубиной погружения 15 мм. Индекс растворимости определялся с помощью центрифуги с количеством оборотов 1350 об/мин в течение 20 мин. Исследования проводились в 3–5 кратной повторяемости. Математическая обработка экспериментальных данных осуществлялась с применением программ Microsoft Excel 2016.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследований было произведено проектирование смесей растительных белков, для повышения биологической ценности готового продукта.

В табл. 2 представлены данные по аминокислотному скору овсяного порошка и его смеси с растительными протеинами в оптимальных соотношениях по критерию биологическая ценность (БЦ) по отношению их содержания в эталонном белке по шкале ФАО/ВОЗ 2013 г.

Из данных, представленных в табл. 2, видно, что по характеристикам аминокислотного состава белок овса является несбалансированным. Лимитирующими аминокислотами являются метионин и лизин. При добавлении растительных видов протеина было выявлено, что минимальный аминокислотный скор по сравнению с белком овса увеличен, однако лимитирующими аминокислотами также остаются метионин и лизин, что свойственно растительным белкам.

Аминокислотный скор овсяного порошка и его смеси с растительными протеинами в оптимальных соотношениях по критерию БЦ, %

Таблица 2

Amino acid score of oatmeal powder and its mixtures with plant proteins in optimal proportions according to the criterion of biological value, %

Table 2

Растительные компоненты		Аминокислотный СКОР, %							
		Вал	Иле	Лей	Лиз	Мет	Тре	Трип	Фен
Овес		106,8	120,6	104,3	79,5	55,3	127,3	234,2	110,9
Смесь с растительным белком	Подсолнечным	119,5	115,7	105,4	75,1	70	151,3	241	117,9
	Рисовым	129,1	137,9	125,1	74,7	80,2	127,8	212,8	117,2
	Гороховым	113,8	143,3	115,4	110,7	51	141,9	217,4	114,6
	Тыквенным	115,9	121,2	119	105,9	91,8	229,7	165,5	142

Также были рассчитаны показатели, составляющие БЦ по методикам Н. Н. Липатова и А. Б. Лисицына, такие как: коэффициент сбалансированности аминокислотного состава (КСАС), показатель сопоставимой избыточности (ПСИ), индекс незаменимых аминокислот (ИНАК), общий коэффициент утилитарности (U) и коэффициент различия аминокислотного состава (КРАК), представленные в табл. 3.

Из данных табл. 2 и табл. 3 видно, что по критерию БЦ белка наиболее оптимальными являются смеси овсяного порошка и тыквенного.

Поскольку сырьем для производства ферментированных растительных продуктов являются сухие растительные смеси, одной из важных характеристик, влияющей на ход технологического процесса и показатели качества готового продукта, является способность их к восстановлению (растворимость).

Используемые для производства сухие смеси растительных протеинов подвергались восстановлению (температура воды 40 ± 2 °С, продолжительность 20 мин при температуре внутри помещения $21,5 \pm 3,5$ °С) и оценивались по физико-химическим показателям: индекс растворимости, рН, плотность (табл. 4).

Оптимальный рН смеси для ферментации молочно-кислыми микроорганизмами составляет 6,3–6,7. Наиболее приближены к данному значению растительные смеси овсяного порошка с белками тыквы и подсолнечника. Однако, в процессе нагрева смеси в образцах с добавлением тыквенного протеина обнаружено выпадение хлопьев (табл. 4), что свидетельствует о низкой термостойкости его компонентов, поэтому данные образцы были исключены из дальнейшего эксперимента.

Индексы растворимости отдельных растительных компонентов и их смесей имеют высокие показатели

ввиду строения и состава растительной клетки в оболочке которой содержатся нерастворимые вещества, в том числе клетчатка. Рисовый и овсяный белки обладают лучшей растворимостью, в отличие от подсолнечного. Однако индексы растворимости смесей белков и овсяного порошка практически идентичны, но значительно выше сухого молока. Поэтому целесообразно в рецептурный состав изучаемого продукта вводить стабилизаторы консистенции, для обеспечения необходимых структурно-реологических характеристик растительного продукта.

Для получения продуктов с молочно-кислыми микроорганизмами для улучшения их консистенции и ее стабилизации используются структурообразователи: крахмал, камеди, пектин, желатин и их смеси. На основании анализа научной литературы в качестве структурообразователя для проведения дальнейших исследований был выбран пектин, где доминирующим компонентом пектиновых полисахаридов являются полиуроновые кислоты, обладающий способностью формирования гомогенной структуры продукта, образуя водородные связи между свободными недиссоциированными карбоксильными группами, которые и стабилизируют пространственную структуру [21]–[23].

Согласно исследованиям Г. О. Филлипс, П. А. Вильямс, М. Ю. Кукина и А. Г. Николаева пектин относится к пищевым волокнам, которые являются субстратом для развития бактерий кишечной микрофлоры, они подавляют жизнедеятельность части условно-патогенных бактерий, что способствует нормализации состава микробиоценоза человека, способствуют выведению из организма радиоактивных и тяжелых металлов, канцерогенных веществ [24, 25].

Таблица 3

Показатели БЦ овсяного порошка и его смеси с растительными протеинами в оптимальных соотношениях

Table 3

Indicators of the biological value of oatmeal powder and its mixture with plant proteins in optimal proportions

Показатель	Овес	Смесь овсяного порошка с растительным белком				Эталонные значения
		Подсолнечным	Рисовым	Гороховым	Тыквенным	
КСАС	0,50	0,60	0,60	0,40	0,70	1,0
ПСИ	0,20	0,20	0,20	0,40	0,10	0
ИНАК	1,09	1,16	1,20	0,93	0,92	1,0
U	0,53	1,00	0,65	1,00	1,00	1,0
КРАК	0,62	0,54	0,51	0,75	0,45	0

Таблица 4

Характеристика показателей индекса растворимости, рН, плотности компонентов и смесей

Table 4

The values of solubility index, pH, density of the components and mixtures

Наименование показателя	Овсяный порошок	Белок			Смесь растительная		
		Рисовый	Подсолнечный	Тыквенный	Овес/рис	Овес/подсолнечник	Овес/тыква
рН	$6,46 \pm 0,13$	$4,91 \pm 0,09$	$6,37 \pm 0,12$	$6,77 \pm 0,14$	$5,81 \pm 0,11$	$6,44 \pm 0,13$	$6,70 \pm 0,13$
Индекс растворимости, см ³	$1,5 \pm 0,2$	$1,5 \pm 0,2$	$4,4 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,2$	$1,8 \pm 0,2$	$1,9 \pm 0,2$	$2,0 \pm 0,2$
Плотность, г/м ³					$1,033 \pm 0,005$	$1,048 \pm 0,005$	$1,037 \pm 0,005$
Термостойчивость смеси при температуре $85 \pm 0,5$ °С					+	+	–

Таблица 5

Влияние пектина на показатели плотность и pH исследуемых смесей

Table 5

The effect of pectin on the density and pH of the studied samples

Показатель	Наименование образцов							
	Овсяный порошок+подсолнечный протеин				Овсяный порошок+рисовый протеин			
	КП	П1	П2	П3	КР	Р1	Р2	Р3
	Массовая доля пектина, %							
	0	0,5	1,0	1,5	0	0,5	1,0	1,5
Плотность, г/см ³	1,048±0,005	1,052± 0,005	1,058± 0,005	1,059± 0,005	1,033± 0,005	1,037± 0,005	1,037± 0,005	1,043±0,005
pH	6,48±0,13	6,19±0,12	6,0±0,12	5,85±0,11	5,76±0,11	5,51±0,11	5,45±0,10	5,26±0,10

Таблица 6

Изменение pH образцов в процессе сквашивания

Table 6

pH change of samples during fermentation

Продолжительность ферментации, час	Наименование образцов							
	Овсяный порошок+подсолнечный протеин				Овсяный порошок+рисовый протеин			
	КП	П1	П2	П3	КР	Р1	Р2	Р3
	Массовая доля пектина, %							
	0	0,5	1,0	1,5	0	0,5	1,0	1,5
0	6,48±0,13	6,19±0,12	6,0±0,12	5,85±0,11	5,76±0,11	5,51±0,11	5,45±0,11	5,26±0,11
2	6,38±0,13	6,07±0,12	5,85±0,11	5,68±0,11	5,69±0,11	5,48±0,11	5,38±0,11	5,33±0,11
4	6,02±0,12	5,77±0,11	5,65±0,11	5,61±0,11	5,5±0,11	5,40±0,11	5,33±0,11	5,28±0,11
7	4,77±0,10	4,68±0,1	4,67±0,10	4,75±0,10	4,63±0,10	4,86±0,10	5,08±0,10	5,15±0,10
8	—	—	—	—	—	—	4,92±0,10	5,07±0,10
8,5	—	—	—	—	—	—	4,85±0,10	4,98±0,10

Влияние пектина на физико-химические показатели восстановленных растительных смесей (табл. 1) указано в табл. 5.

Из данных, представленных в табл. 5, видно, что при увеличении массовой доли пектина увеличивается плотность смесей, а также снижается показатель pH.

На следующем этапе исследований были произведены опытные образцы растительных продуктов с кисломолочными культурами.

Интенсивность процесса ферментации изучали по изменению pH растительных продуктов в процессе ферментации молочнокислыми микроорганизмами (табл. 6).

Из представленных в табл. 6 данных видно, что снижение pH смеси оказывает влияние на скорость кислотообразования (рис. 1).

Полученные данные о влиянии пектина на скорость кислотообразования коррелируют с исследованиями, проведенными отечественными учеными по изучению

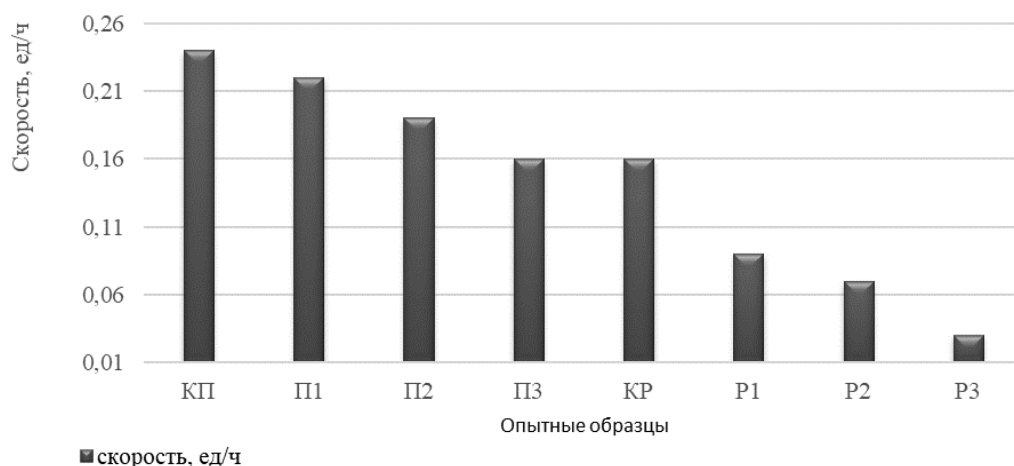


Рис. 1. Скорость кислотообразования опытных образцов в процессе сквашивания
 Fig. 1. The rate of acid formation in experimental samples during fermentation

влияния данного стабилизатора на ферментацию коровьего и козьего молока при производстве молочных продуктов. Показано, что внесение пектина приводит к некоторому повышению показателя титруемой кислотности, и уменьшению показателя pH соответственно [26].

Из представленных данных в табл. 6 и на рис. 1 видно, что с уменьшением pH смеси скорость кислотообразования снижается.

Скорость ферментации у образцов овсяного порошка и белка подсолнечника выше, чем у смесей овсяного порошка с рисом. Что говорит о влиянии первоначального значения pH на процесс ферментации в сторону ее уменьшения.

Во всех исследуемых образцах, приготовленных из смеси овсяного порошка и рисового белка с различной массовой долей пектина, происходит формирование рыхлого сгустка, в котором отмечался процесс синерезиса в зависимости от массовой доли внесенного стабилизатора. Для продукта с добавлением рисового протеина необходим подбор иного структурообразователя, образующего требуемую консистенцию продукта в данных условиях pH.

В образцах с подсолнечным протеином с добавлением пектина полученные ферментированные сгустки обладали хорошей влагоудерживающей способностью, отсутствием синерезиса и прочностью структуры сгустка в зависимости от массовой доли пектина. Контрольный образец такими характеристиками не обладал. Органолептические показатели опытных образцов представлены в табл. 7.

Представленные данные показывают целесообразность выбора пектина в качестве структурообразователя для растительного продукта на основе смеси овсяного порошка с белком подсолнечника.

Образцы продуктов с добавлением протеина подсолнечника и структурообразователя были подвергнуты холодильному хранению при температуре 4 ± 2 °C в процессе которого определялись органолептические и следующие физико-химические показатели: pH, ВУС, прочность и вязкость продуктов.

По органолептическим показателям на протяжении всего срока хранения все опытные образцы характеризовались кремовым цветом, кисло-молочным запахом с ароматом подсолнечника, характерным овсяным привкусом. Все образцы имели однородную текстуру, гляцевую поверхность и разную консистенцию, характерную для определенной массовой доли пектина: образец с 0,5% содержанием пектина характеризовался вязкой консистенцией, в процессе хранения на 7 сут наблюдалось отделение незначительной жидкости на поверхности продукта; образцы с 1,0 и 1,5% содержанием пектина характеризовались плотной желеобразной консистенцией и на протяжении всего срока хранения процесса синерезиса в них не наблюдалось.

В табл. 8 представлены данные об изменении pH образцов в процессе холодильного хранения.

В табл. 9 представлены данные об изменении ВУС образцов в процессе хранения.

Из данных табл. 8 и 9 видно, что показатели pH и ВУС на всем периоде хранения характеризовались значениями в пределах допустимой погрешности. Более высокая влагоудерживающая способность сгустка отмечена у образцов с массовой долей пектина 1,5%.

Полученные данные показали, что внесение пектина улучшает коллоидно-физическую структуру растительного продукта и увеличивает прочность его сгустка и количество связанной влаги, вероятно это связано

Таблица 7

Органолептические показатели образцов

Table 7

Organoleptic parameters of samples

Наименование показателя	Характеристика		
	П1	П2	П3
Внешний вид и консистенция	Однородная, с ненарушенным сгустком, слабо-желеобразная, имеются включения нерастворимых частиц, характерных для внесенных компонентов	Однородная, с ненарушенным сгустком, в меру желеобразная, имеются включения нерастворимых частиц, характерных для внесенных компонентов	Однородная, с ненарушенным сгустком, желеобразная, имеются включения нерастворимых частиц, характерных для внесенных компонентов
Цвет	Кремовый, с вкраплениями нерастворимых частиц	Кремовый, с вкраплениями нерастворимых частиц	Кремовый, с вкраплениями нерастворимых частиц
Вкус и запах	Кисломолочные, со вкусом и ароматом соответствующих внесенных компонентов	Кисломолочные, со вкусом и ароматом соответствующих внесенных компонентов	Кисломолочные, со вкусом и ароматом соответствующих внесенных компонентов

Таблица 8

Изменение pH образцов в процессе холодильного хранения

Table 8

pH change of samples during refrigerator storage

Наименование образца	Продолжительность хранения, сут							
	1	2	3	4	7	8	9	10
П1	4,5±0,09	4,56±0,09	4,47±0,09	4,45±0,09	4,53±0,09	4,51±0,09	4,51±0,09	4,45±0,08
П2	4,6±0,09	4,59±0,09	4,48±0,09	4,63±0,10	4,54±0,09	4,55±0,09	4,5±0,09	4,53±0,09
П3	4,6±0,10	4,66±0,10	4,52±0,09	4,66±0,10	4,57±0,09	4,61±0,10	4,57±0,09	4,57±0,09

Таблица 9

Изменение ВУС образцов в процессе хранения, см³

Table 9

Change in the moisture retaining power of samples during storage, cm³

Наименование образца	Продолжительность хранения, сут			
	1	3	7	10
П1	6,2±0,04	6,4±0,05	6,0±0,04	6,0±0,03
П2	5,6±0,02	5,4±0,03	5,4±0,03	5,5±0,02
П3	4,6±0,01	4,5±0,01	4,4±0,01	4,4±0,01

с углеводными компонентами структурообразователя. Незначительное снижение показателя ВУС на 10 сут хранения коррелирует с данными, характеризующими вязкость (0,48 Па·с) и прочность (56 г) на 10 день.

В настоящее время в научно-технической литературе приводятся разрозненные данные по структурно-реологическим характеристикам пищевых продуктов, полученных авторами на различных приборах, отличающиеся между собой по абсолютным величинам в 2–3 раза и более. Поэтому знания физических и реологических характеристик (таких как вязкость, предельное напряжение сдвига (ПНС) и прочность) необходимы при разработке пищевых продуктов для обоснования технологических параметров их производства, конструирования современного оборудования и создания автоматизированных линий с замкнутой трубопроводной системой [7].

Исследования, проводимые по изучению реологических характеристик ферментированных растительных продуктов в отечественной литературе практически отсутствуют. Основные показатели структурно-реологических свойств пищевых продуктов, с которыми можно провести аналогию, отечественными и зарубежными учеными были получены для кисломолочных напитков, в том числе и йогуртов с различными наполнителями [7].

В ходе эксперимента изменение реологических свойств ферментированных растительных продуктов оценивалось по динамике их эффективной вязкости в зависимости от градиента скорости сдвига и показателя прочность (пиковая положительная сила).

Достоверность результатов исследований подтверждается высоким уровнем аппроксимации полученных математических моделей в виде регрессионных уравнений.

Регрессионные модели изменения эффективной вязкости и показателя прочности опытных образцов в процессе хранения в зависимости от доли вносимого стабилизатора представлены в табл. 10.

Изучив характер кривых течения, а также получив уравнения зависимостей эффективной вязкости от скорости сдвига (таблица 10), было установлено, что все они описываются степенной (гиперболической) функцией общего вида:

$$\eta = B_0 \cdot \gamma^{-m},$$

где η — эффективная вязкость при определенных значениях градиента скорости; B_0 — эффективная вязкость при единичном значении относительного (безразмерного) градиента скорости γ ; m — темп разрушения структуры.

Анализ экспериментальных данных показал, что вязкость сгустков повышается с увеличением количества внесенного стабилизатора пектин. Так при анализе фоновых значений вязкости образцов П1, П2, П3 было установлено, что наибольшее значение при скорости сдвига 5 с⁻¹ имел образец П3–1,35 Па·с, а наименьшее значение при той же скорости установлено в образце П1–0,64 Па·с.

В процессе холодильного хранения при температуре 4±2 °С происходило дальнейшее уплотнение структуры

Таблица 10

Регрессионные модели изменения эффективной вязкости и показателя твердости опытных образцов в процессе хранения в зависимости от доли вносимого стабилизатора

Table 10

Regression models of changes in the effective viscosity and hardness index of the experimental samples during storage, depending on the proportion of the introduced stabilizer

Наименование образца	Продолжительность хранения			
	Фон	10 сут		Фон
	Уравнение регрессии			Кoeffициент детерминации (R ²)
	Прочность			
П1	$y = -0,0003x^3 + 0,0327x^2 - 0,274x + 12,143$	$y = -0,0005x^3 + 0,0535x^2 - 0,8998x + 19,255$		0,9143
П2	$y = -0,0008x^3 + 0,0831x^2 - 1,4178x + 20,324$	$y = -0,0016x^3 + 0,158x^2 - 2,299x + 31,363$		0,8062
П3	$y = -0,0009x^3 + 0,0945x^2 - 1,6503x + 21,772$	$y = -0,0031x^3 + 0,3017x^2 - 4,1438x + 37,86$		0,8432
	Вязкость			
П1	$y = 0,5489x^{-0,508}$	$y = 2,3999x^{-0,964}$		0,8679
П2	$y = 0,9081x^{-0,341}$	$y = 6,5338x^{-1,054}$		0,9821
П3	$y = 1,3182x^{-0,367}$	$y = 14,644x^{-1,504}$		0,9927

ферментированных растительных продуктов. В образце ПЗ на 10 день хранения при скорости сдвига 5 с^{-1} вязкость составила $16,9 \text{ Па}\cdot\text{с}$, также отмечено возрастание вязкости в образцах П1 и П2 до $2,75 \text{ Па}\cdot\text{с}$ и $7,59 \text{ Па}\cdot\text{с}$, соответственно.

Показатель прочность всех исследуемых образцов сначала холодильного хранения также увеличивался. Максимальные фоновые значения показателя прочность у образцов П1, П2, ПЗ—42 г., 77 г., 77 г. составили соответственно, что характеризует уплотнение их структуры.

Максимальные значения показателя прочность наблюдались у образцов П1, П2, ПЗ на 7 день холодильного хранения — 72 г., 182 г., 292 г., соответственно. Далее отмечено уменьшение данного показателя, на 10 день холодильного хранения показатель у образцов П1, П2, ПЗ—56 г., 149 г., 227 г., соответственно.

Полученные данные, характеризующие структурно-реологические свойства опытных образцов ферментированных растительных продуктов, коррелируют с данными, опубликованными в научной литературе при изучении йогуртов функциональной направленности, содержащих различные растительные наполнители (пектин, бета-глюкан, инулин, порошок топинамбура, злаковые культуры и др.). Исследователи отмечали их влияние на вязкость и прочность структуры и исследуемого продукта [27]–[29]. Изученные авторами растительные наполнители оказывали стабилизирующее действие и увеличивали вязкость продуктов, в сравнение с контрольными образцами без наполнителей, что доказывало целесообразность применения растительного сырья. Полученные обогащенные продукты отличались высокими органолептическими показателями и имели значение показателя вязкости в диапазоне $0,59$ – $18,4 \text{ Па}\cdot\text{с}$ в зависимости от вида наполнителя и его массовой доли, а также температуры образцов.

Выводы

1. Обоснован выбор растительных компонентов для производства растительного продукта с кисломолочными культурами, спроектированы рецептуры растительного продукта по критерию биологическая ценность белка. Спроектирована смесь овсяного порошка и подсолнечного протеина, характеризующаяся следующим показателем биологической ценности белка: КСАС — $0,6$, ПСИ — $0,2$, ИНАК — $1,16$, U — $1,00$, КРАК — $0,54$.

Литература

1. Позняковский В. М., Покровский В. И., Романенко Г. А., Княжев В. А., Герасименко Н. Ф., Онищенко Г. Г., Тутельян В. А. Политика здорового питания. Федеральный и региональный уровни. Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2002. 344 с.
2. Приказ Минздрава России от 15.01.2020 № 8 «Об утверждении Стратегии формирования здорового образа жизни населения, профилактики и контроля неинфекционных заболеваний на период до 2025 года».
3. Бабаян М. Л. Лактазная недостаточность: современные методы диагностики и лечения // Медицинский совет. 2013. № 1.
4. Lomer M. C., Parkes G. C., Sanderson J. D. Review article: lactose intolerance in clinical practice—myths and realities. // *Aliment*

2. Обоснован выбор структурообразователя для смеси овсяного порошка и белка подсолнечника. Исследовано влияние массовой доли пектина ($0,5$; $1,0$ и $1,5\%$) на физико-химические показатели смесей растительных компонентов.

3. Изучен процесс ферментации смесей растительных компонентов молочнокислыми микроорганизмами. Показано, что добавление пектина снижает показатель рН смесей с увеличением его концентрации (контрольный образец — рН $6,48$, образцы с массовой долей пектина $0,5$, $1,0$, $1,5\%$ — рН $6,19$, $6,00$, $5,85$, соответственно).

4. Изучены физико-химические и структурно-механические показатели растительного продукта на основе смеси ферментированного овсяного порошка и протеина подсолнечника с молочнокислыми микроорганизмами в процессе хранения. Получены эмпирические зависимости вязкости и прочности от концентрации стабилизатора консистенции в процессе хранения.

5. Зависимость вязкости опытных образцов от концентрации пектина характеризуется следующими уравнениями для заданных концентраций стабилизатора $0,5\%$, 1% и $1,5\%$, соответственно: фон — $y = 0,5489x^{-0,508}$ ($R^2 = 0,8679$), $y = 0,9081x^{-0,341}$ ($R^2 = 0,9821$), $y = 1,3182x^{-0,367}$ ($R^2 = 0,9927$); 10 сут хранения — $y = 2,3999x^{0,964}$ ($R^2 = 0,9679$), $y = 6,5338x^{-1,054}$ ($R^2 = 0,9682$), $y = 14,644x^{-1,504}$ ($R^2 = 0,9857$).

6. Зависимость прочности опытных образцов от концентрации пектина характеризуется следующими уравнениями для заданных концентраций стабилизатора $0,5\%$, 1% и $1,5\%$ соответственно: фон — $y = -0,0003x^3 + 0,0327x^2 - 0,274x + 12,143$ ($R^2 = 0,9143$), $y = -0,0008x^3 + 0,0831x^2 - 1,4178x + 20,324$ ($R^2 = 0,8062$), $y = -0,0009x^3 + 0,0945x^2 - 1,6503x + 21,772$ ($R^2 = 0,8432$); 10 сут — $y = -0,0005x^3 + 0,0535x^2 - 0,8998x + 19,255$ ($R^2 = 0,7983$), $y = -0,0016x^3 + 0,158x^2 - 2,299x + 31,363$ ($R^2 = 0,7519$), $y = -0,0031x^3 + 0,3017x^2 - 4,1438x + 37,86$ ($R^2 = 0,8722$).

7. Ферментированные растительные продукты с молочнокислыми микроорганизмами вида *Streptococcus Salivarius subsp. Termophilus* и *Lactobacillus Delbrueckii subsp. Bulgaricus* на основе ферментированного овсяного порошка и протеина подсолнечника рекомендованы к выпуску на предприятиях пищевой промышленности для расширения ассортимента товаров профилактического и функционального назначения.

References

1. Poznyakovsky V. M., Pokrovsky V. I., Romanenko G. A., Knyazhev V. A., Gerasimenko N. F., Onishchenko G. G., Tutelyan V. A. Policy of healthy eating. The Federal and regional levels. Novosibirsk: Siberian University Publishing House, 2002. 344 p. (in Russian)
2. Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 8 dated 15.01.2020 «On approval of the Strategy for the formation of a healthy lifestyle of the population, prevention and control of non-communicable diseases for the period up to 2025». (in Russian)
3. Babayan M. L. Lactase deficiency: latest diagnostic method and treatment. *Medical advice*. 2013. No. 1. (in Russian)
4. Lomer M. C., Parkes G. C., Sanderson J. D. Review article: lactose intolerance in clinical practice—myths and realities.

- Pharmacol Ther. 2008 Jan 15;27 (2):93–103. DOI: 10.1111/j.1365-2036.2007.03557. x. Epub 2007 Oct 23. PMID: 17956597.
5. Tomar BS. Lactose intolerance and other disaccharidase deficiency. *Indian J Pediatr.* 2014 Sep;81 (9):876–80. doi: 10.1007/s12098-014-1346-2. Epub 2014 Mar 6. PMID: 24596060.
 6. Amarasiri W. A., Dissanayake A. S. Coconut fats. // *Ceylon Med. J.* 2006. No 51. P. 47–51.
 7. Saowapark Wattanapahu et. al. Categorization of Coconut Milk Products by Their Sensory Characteristics. // *Kasetsart J. (Nat. Sci.)*. 2012. no 46. P. 944–954.
 8. Канарейкина С. Г. Создание молочно-растительного йогурта // *Российский электронный научный журнал*. 2013. № 6. С. 169–178.
 9. Маслова А., Иунихина В., Сорокин А. Новый способ производства напитка на зерновой основе для детского питания // *Хлебопродукты*. 2010. № 2. С. 40–41.
 10. Устинова Ю. В., Шевченко Т. В., Попов А. М., Плотников К. Б., Ермолаева Е. О., Миллер Е. С. Разработка рецептуры и качественных характеристик продуктов питания на основе злаков. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2022. 84 (1):43–48. DOI:10.20914/2310-1202-2022-1-43-48
 11. Чекина М. С. Перспективы использования овса в производстве 16 продуктов специального назначения/ М. С. Чекина, Т. В. Меледина, Г. А. Баталова // *Известия Санкт-Петербургского государственного Аграрного университета*. 2016. № 43. С. 20–25.
 12. Меренкова С. П., Резанова М. А. Технологические аспекты получения ферментированных напитков антиоксидантной направленности на основе зернового сырья // *Вестник Южно-Уральского государственного университета*. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2022. Т. 10, № 1. С. 76–85. DOI 10.14529/food220109.
 13. Blandino A., Al-Aseeri M. E., Pandiella S. S., Cantero D., Webb C. Cereal based fermented foods and beverages // *Food Res. Int.* 2003. № 36. P. 527–543. DOI:10.1016/S0963–9969 (03) 00009–7.
 14. Tsafraikidou P., Michaelidou A., Biliaderis C. G. Fermented Cereal-based Products: Nutritional Aspects, Possible Impact on Gut Microbiota and Health Implications // *Foods*. 2020. 9 (6):734. DOI:10.3390/foods9060734
 15. Nazhand A., Souto E. B., Lucarini M., Souto S. B., Durazzo A., Santini A. Ready to Use Therapeutical Beverages: Focus on Functional Beverages Containing Probiotics, Prebiotics and Synbiotics // *Beverages*. 2020. Vol. 6, № 26. DOI:10.3390/beverages6020026
 16. Wuyts S., Van Beeck W., Allonsius C. N., van den Broek M. F. L., Lebeer S. Applications of plant-based fermented foods and their microbes. // *Curr. Opin. Biotechnol.* 2020, 61, 45–52.
 17. Овсяная основа с повышенной вязкостью и ферментированный продукт из овсяной основы: Патент 2018138463 Рос. Федерация N 2018138463; заявл. 30.03.201; опубл. 12.05.2020, Бюл. N 14.
 18. Продукт овсяный функционального назначения (варианты): Патент 2 734 461 Рос. Федерация N 2017120752; заявл. 13.06.2017; опубл. 13.12.2018, Бюл. N 35.
 19. Способ получения напитка на зерновой основе функционального назначения: Патент 2768000 Рос. Федерация N 2021120080; заявл. 08.07.2021; опубл. 22.03.2022, Бюл. N 9.
 20. Yegin S., Kopec A., Kitts D. D., Zawistowski J. Chapter 24 — Dietary fiber: A functional food ingredient with physiological benefits. In *Salt and Fat in Human Health*; Preuss, H. G., Bagchi, D., Eds.; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2020; pp. 531–555.
 20. Yegin S., Kopec A., Kitts D. D., Zawistowski J. Chapter 24 — Dietary fiber: A functional food ingredient with physiological benefits. In *Salt and Fat in Human Health*; Preuss, H. G., Bagchi, D., Eds.; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2020; pp. 531–555.

21. Аймесон А. Пищевые загустители, стабилизаторы и гелеобразователи / (ред.-сост.); пер. с англ. С. В. Макарова. СПб.: Изд-во Профессия, 2012. 407 с.
22. Котвицкая Д. В., Шербакова Е. В. Сравнение различных видов пектина. Особенности применения в кондитерском производстве // Здоровьесберегающие технологии, качество и безопасность пищевой продукции: Сборник статей по материалам Всероссийской конференции с международным участием, Краснодар, 19 ноября 2021 г. Краснодар: Трубилин, 2021. С. 29–30.
23. Тужилкин В. И. Теория и практика применения пектинов / В. И. Тужилкин, А. А. Кочеткова, А. Ю. Колеснов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 1995. № 1–2 (224–225). С. 78–83.
24. Кукин М. Ю., Николаев А. Г. Применение пектина для создания продуктов здорового питания // Молочная промышленность. 2016. № 3. С. 67–68.
25. Филлипс Г. О., Вильямс П. А. Справочник по гидроколлоидам. СПб.: ГИОРД, 2006. 535 с.
26. Щетинина Е. М. Применение пектина для производства мягких сыров на основе козьего молока // Ползуновский вестник. 2019. № 2. С. 51–54.
27. Чернова Д. В. Анализ влияния порошка топинамбура на реологические свойства йогуртов // Смотр-конкурс научных, конструкторских и технологических работ студентов Волгоградского государственного технического университета: тез. докл. (Волгоград, 16–20 апреля 2018 г.). Волгоград: Волгоградск. гос. техн. ун-т, 2018. С. 267.
28. Шлейкин А. Г., Баракова Н. В., Петрова М. Н., Данилов Н. П., Аргымбаева А. Е. Влияние сахарного сиропа, мёда и злаков на реологические свойства йогурта // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2015. № 2. С. 24–34.
29. Яковлева С. Ю., Тригуб В. В., Попов В. Г. Совершенствование рецептур и технологий получения йогурта функциональной направленности // Индустрия питания. 2021. Т. 6. № 2. С. 67–74. DOI 10.29141/2500-1922-2021-6-2-8.
21. Imeson A. Food stabilisers. Thickeners and gelling agent / (red.-sost.); translated from Eng. S. V. Makarova. Saint Petersburg: Publishing House Profession, 2012. 407 p. (in Russian)
22. Kotvickaja D. V., Shherbakova E. V. Comparison of different types of pectin. Features of application in confectionery production. *Health-saving technologies, quality and safety of food products: A collection of articles based on the materials of the All-Russian conference with international participation*, Krasnodar, November 19, 2021. Krasnodar: Trubilin, 2021. P. 29–30. (in Russian)
23. Tuzhilkin V. I. Theory and practice of application of pectins / V. I. Tuzhilkin, A. A. Kochetkova, A. Yu. Kolesnikov. *Izvestia of higher educational institutions. Food technology*. 1995. No. 1–2 (224–225). P. 78–83. (in Russian)
24. Kukin M. Yu., Nikolaev A. G. Production of pectin and its application for the healthy foods development. *Dairy industry*. 2016. No. 3. P. 67–68. (in Russian)
25. Fillips G. O., Vil'yams P. A. Handbook of Hydrocolloids. SPb.: GIORD, 2006. 535 p. (in Russian)
26. Shchetinina, E. M. The use of pectin for the production of soft cheeses based on goat's milk. *Polzunovsky vestnik*. 2019. No. 2. P. 51–54. (in Russian)
27. Chernova D. V. Effect Analysis of the Topinambur Powder on the Rheological Properties of Yogurts. Review-competition of scientific, design and technological works of students of Volgograd State Technical University: tez. dokl. (Volgograd, 16–20 aprelya 2018 g.). Volgograd. 2018. Pp. 267. (in Russian)
28. Shleikin A. G., Barakova N. V., Petrova M. N., Danilov N. P., Argymbaeva A. E. The influence of sugar syrup, honey and cereals on the rheological properties of yogurt. *Processes and food production equipment*. 2015. No. 2. P. 24–34. (in Russian)
29. Yakovleva S. Y., Trigub V. V., Popov V. G. Recipes and technologies improvement for yogurt production of functional use. *Food industry*. 2021. Vol. 6. No. 2. P. 67–74. DOI 10.29141/2500-1922-2021-6-2-8. (in Russian)

Сведения об авторах

Альшевская Марина Николаевна

К. т. н., доцент кафедры технологии продуктов питания, заместитель директора по основной образовательной деятельности Калининградского государственного технического университета, 236022, Россия, Калининград, Советский проспект, 1, marina.alshevskaya@klgtu.ru.
ORCID: 0000-0002-0632-9013

Анистратова Оксана Вячеславовна

К. т. н., доцент кафедры технологии продуктов питания Калининградского государственного технического университета, 236022, Россия, Калининград, Советский проспект, 1, oksana.anistratova@klgtu.ru.
ORCID: 0000-0002-6278-0861

Кочина Анастасия Антоновна

Бакалавр кафедры технологии продуктов питания Калининградского государственного технического университета, 236022, Россия, Калининград, Советский проспект, 1, kochina.kgtu@gmail.com.
ORCID: 0000-0003-1168-2310

Information about authors

Alshevskaya Marina N.

Ph. D, Associate Professor at the Department of Food Technology, Deputy Director for Basic Educational activities Kaliningrad State Technical University, 236022, Russia, Kaliningrad, Sovetsky Prospekt, 1, marina.alshevskaya@klgtu.ru.
ORCID: 0000-0002-0632-9013

Anistratova Oksana V.

Ph. D, Associate Professor at the Department of Food Technology Kaliningrad State Technical University, 236022, Russia, Kaliningrad, Sovetsky Prospekt, 1, oksana.anistratova@klgtu.ru.
ORCID: 0000-0002-6278-0861

Kochina Anastasia A.

Bachelor student of the Department of Food Technology Kaliningrad State Technical University, 236022, Russia, Kaliningrad, Sovetsky Prospekt, 1, kochina.kgtu@gmail.com.
ORCID: 0000-0003-1168-2310

