ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ/FOOD SYSTEMS

DOI: https://doi.org/10.23649/JAE.2024.42.11

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕСС СФЕРИФИКАЦИИ СОКА ОБЛЕПИХИ В МОЛЕКУЛЯРНОЙ ГАСТРОНОМИИ

Научная статья

Альшевская М.Н.[1,] *, Кочина А.А.[2], Пирожкова К.А.[3]
[1] ORCID : 0000-0002-0632-9013;
[2] ORCID : 0000-0003-1168-2310;
[1, 2, 3] Калининградский государственный технический университет, Калининград, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (marinaalsevskaa73091[at]gmail.com)

Аннотация

Применение сферификации, как одного из приемов молекулярной кухни, является актуальным и востребованным на предприятии общественного питания, особенно при подаче несезонных региональных ягод. Однако существуют особенности при использовании в качестве сырья высококислотных ягод, а также приготовления сфер в качестве заготовок, в связи с чем проведенные исследования являются актуальными. В статье приводятся данные по влиянию технологических факторов на прочность и хранимоспособность сфер из облепихи, приготовленных методом прямой сферификации. Было выявлено, что оптимальным временем выдержки вкусовой жидкости с альгинатом в растворе лактата кальция с точки зрения упругости получаемых икринок является 90-120 секунд. Было проанализировано влияние температуры нагревания икринок (от 60^{0}С до 90^{0}С) на упругость и органолептические характеристики. Выявлено, что наиболее оптимальной с точки зрения упругости и органолептических показателей температурой нагревания является 75^{0}С. Нагревание от 60^{0}С до 70^{0}С приводило к снижению упругости икринок, а свыше 75^{0}С – к потере формы и структуры. Хранимоспособность образцов икринок с нагреванием была соответственно выше, чем без нагревания. Элементы сферификации также возможно применять при изготовлении алкогольных коктейлей. Было проанализировано влияние концентрации спирта и время выдержки икринок из облепихи в спирте на их прочность, которое показало, что вышеупомянутые факторы не влияют на ухудшение органолептических показателей и позволяют сохранить присущую икринкам «взрываемость» во рту с вытеканием вкусовой жидкости из оболочки.

Ключевые слова: общественное питание, молекулярная кухня, сферификация, альгинат натрия, прочность, сферы.

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE SPHERIFICATION PROCESS OF BUCKTHORN JUICE IN MOLECULAR GASTRONOMY

Research article

Alshevskaya M.N.[1,] *, Kochina A.A.[2], Pirozhkova K.A.[3]
[1] ORCID : 0000-0002-0632-9013;
[2] ORCID : 0000-0003-1168-2310;
[1, 2, 3] Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russian Federation

* Corresponding author (marinaalsevskaa73091[at]gmail.com)

Abstract

The application of spherification, as one of the techniques of molecular cuisine, is relevant and in demand at the catering enterprise, especially when serving out-of-season regional berries. However, there are specifics when using high-acid berries as raw materials, as well as preparing spheres as preserves, in connection with which the conducted research is topical. The article presents data on the influence of technological factors on the strength and storability of sea buckthorn spheres prepared by direct spherification method. It was found out that the optimal holding time of the flavouring liquid with alginate in calcium lactate solution from the point of view of elasticity of the obtained eggs is 90-120 seconds. The influence of the temperature of heating of eggs (from 60^{0}C to 90^{0}C) on elasticity and organoleptic characteristics was analysed. It was shown that the most optimal heating temperature in terms of elasticity and organoleptic characteristics is 75^{0}C. Heating from 60^{0}C to 70^{0}C led to a decrease in the elasticity of eggs, and above 75^{0}C – to loss of shape and structure. The storability of the samples of eggs with heating was correspondingly higher than without heating. Spherification elements can also be used in the production of alcoholic cocktails. The influence of alcohol concentration and time of exposure of sea buckthorn eggs in alcohol on their strength was analysed, which showed that the above-mentioned factors do not affect the deterioration of organoleptic parameters and allow to preserve the inherent "explosiveness" of eggs in the mouth with the flow of flavouring liquid from the shell.

Keywords: public catering, molecular cuisine, spherification, sodium alginate, strength, spheres.

Введение

Общественное питание – сфера, в которой инновационный подход является основополагающим. С увеличением в регионы туристического потока перед предприятиями общественного питания стоит важнейшая задача по развитию гастрономического туризма. И одной из современных техник, применяемой в гастрономии, является молекулярная кухня, способная донести до потребителя ранее известные вкусы в новой форме и новых текстурах [1], [2], [3], [4].

Включение блюд с элементами молекулярной кухни позволяет удивить потребителя и придать неординарность популярным блюдам. Современный шеф-повар использует множество методов, способных придать обычному на вид продукту незнакомый внешний вид и текстуру, при этом сохранив вкус и аромат продукта.

Одна из наиболее простых техник, позволяющая получить нетрадиционную по консистенции продукцию – сферификация. В молекулярной кухне сферификация является приемом, позволяющим получить из вкусовых жидкостей съедобные сферы любого размера, которые могут подаваться как полноценное блюдо, являться его составляющим в виде гарнира или декором для коктейлей, десертов и др. [5], [6], [7], [8].

Сферы представляют собой вкусовые жидкости, заключенные в тонкую гелевую оболочку. Лучшими с точки зрения органолептических показателей являются сферы с тонкой и одновременно плотной оболочкой, которая практически незаметна во рту и позволяет «взрываться» заключенной внутри гранулы вкусовой жидкости, при этом является достаточно устойчивой и позволяет держать их форму [6].

Существует два метода получения сфер: прямая сферификация и обратная сферификация. Однако одним из особенностей прямой сферификации является необратимое, быстрое гелеобразование сфер, в результате которого икринка полностью застывает за счет реакции альгината натрия с кальцием. Формообразование идет достаточно быстро, поэтому важное значение имеет разработка и обоснование технологических приемов получения сфер с плотной оболочкой без полного гелеобразования [8]. Одним из описанных в кулинарии способов прекращения реакции сферификации является нагревание сфер, что приводит также и к увеличению хранимоспособности сфер, однако в литературе не представлены оптимальные параметры нагревания сфер и исследований влияния нагревания на органолептические свойства сфер и их хранимоспособность.

Предварительные заготовки продуктов необходимы на профессиональных производствах и в ресторанах, так как они значительно ускоряют приготовление и отдачу блюд. Поэтому разработка технологических приемов, позволяющая готовить сферы заранее, использовать возможность отложенной подачи, является актуальной.

В приготовлении блюд на предприятиях общественного питания и производства продуктов питания актуальны приемы сферификации для создания сфер из региональных ягод, например, морошки, облепихи, смородины, позволяющие познакомить потребителя с местной кухней, вне зависимости от сезонности. Одна из наиболее специфичных ягод, принадлежащая нескольким региональным кухням – облепиха, имеющая не только низкую кислотность, но и специфический химический состав.

В связи с вышеизложенным, целью работы являлось изучение влияния технологических факторов на прочность и хранимоспособность сфер.

Объекты и методы исследования

Объектами исследований являлись сферы, полученные методом прямой сферификации с использованием следующих основных видов сырья и материалов: облепиха замороженная (ТР ТС 021/2011, ТР ТС 022/2011, ГОСТ 33823-2016 Фрукты быстрозамороженные. Общие технические условия), лактат кальция (ГОСТ 31905-2012, ТР ТС 021/2011, ТР ТС 029/2012), альгинат натрия (ТР ТС 021/2011, ТР ТС 029/2012).

Все используемое сырье, материалы и образцы, полученные в ходе проведения эксперимента, соответствовали нормативной документации по требованиям безопасности.

Для изучения влияния технологических факторов на прочность сфер и их хранимоспособность были приготовлены образцы гранул методом прямой сферификации, который предусматривает внесение во вкусовой раствор (соотношение облепихового сока и воды – 1:1) цитрата натрия в качестве регулятора кислотности pH (массовая доля в растворе 0,8%), равномерное растворение альгината натрия (массовая доля в растворе 0,8%) в капсулируемой среде с помощью погружного блендера, выдерживание и охлаждение для удаления пузырьков воздуха, погружение капель в подготовленный раствор лактата кальция (1%) и выдерживание в нем полученных образцов сфер 1, 1,5 и 2 минуты (для обоснования времени выдерживания сфер в растворе). Полученные образцы сфер погружались в воду и нагревались до температуры 60, 65, 70, 75, 80, 85 и 90^{0}С. Для изучения влияния концентрации спирта было приготовлено 2 образца – икринки, нагретые до температуры 75^{0}С и без нагревания. Икринки погружались в спиртовые растворы (концентрация 10, 15 и 20 %) и выдерживались в нем 3, 5 и 10 минут.

Образцы икринок были заложены на холодильное хранение (температура хранения 3$\pm$1^{0}С). Контрольным образцом являлись образцы без нагревания, которые помещались в предварительно нагретую до 100^{0}С и охлажденную вкусовую жидкость и плотно укупоривались. Образец 1 и 2 – икринки, нагретые до температуры 75^{0}С, помещенные в емкость без вкусовой жидкости (образец 1) и в предварительно нагретую до 100^{0}С и охлажденную вкусовую жидкость (образец 2), плотно укупоренные. Во всех образцах определяли прочность гранул и органолептические показатели.

Прочность гранул определяли по разработанной на кафедре Технологии продуктов питания ФГБОУ ВО КГТУ методике, в основе которой лежит определение значения величины упругости. Упругость вычисляли по формуле:

$$У=\xi_0/\xi_м *100,$$

где ξ_0 – значение мгновенной деформации, 10^{-3} м; $\xi_м$ – величина максимальной деформации, 10^{-3} м (через 3 минуты).

Математическая обработка полученных результатов проводилась при помощи программного пакета Microsoft Office 2016.

Основные результаты

При выборе вкусовой жидкости для капсулирования необходимо учитывать, что альгинатная оболочка формируется в растворе с pH среды выше 4,1. В качестве основного сырья для производства сфер используются, как правило, высококислотные овощные или фруктовые соки, pH доводится до значения 4,6-4,7 регулятором кислотности, например, цитратом натрия. В качестве сырья для получения вкусовой жидкости для модельных образцов была выбрана облепиха, являющаяся региональным сырьем Калининградской области. В составе содержится яблочная,

лимонная, винная и другие кислоты, влияющие на pH сока, что относится к факторам, снижающим гелеообразование. Вкусовая жидкость для производства образцов представляла собой смесь облепихового сока и воды с соотношением 1:1 с pH 4,0. Для регулирования уровня кислотности во вкусовую жидкость добавлялся цитрат натрия, pH раствора составила 4,7.

Время выдерживания икринок в растворе лактата кальция является важным технологическим параметром, поскольку на данном этапе происходит формирование гелевой оболочки, позволяющей получить изделия идеальной формы без дальнейшего слипания и деформации. Однако в случае слишком долгого выдерживания может получиться икринка без жидкого центра, полностью превращенная в гель за счет связывания всех молекул альгината. В табл. 1 представлены данные значения величины упругости сфер в зависимости от времени выдержки их в растворе лактата кальция.

Таблица 1 - Влияние времени выдерживания сфер в растворе лактата кальция на их упругость

DOI: https://doi.org/10.23649/JAE.2024.42.11.1

Время выдерживания сферы в растворе, сек	Мгновенная деформация, 10^{-3} м	Максимальная деформация, 10^{-3} м	Упругость, %	Описание
60	-	-	-	Икринка не выдерживает нагрузку, оболочка разрывается
90	1,2±0,05	2,0±0,1	60	Икринка хорошо держит форму, в центре присутствовала вкусовая жидкость
120	2,0±0,1	2,3±0,11	86	Икринка хорошо держит форму, в центре присутствовала вкусовая жидкость
150	-	-	-	Икринка имела толстую гелевую оболочку, которая при раскусывании придавала ощущение кусочков желе, вкусовая жидкость в центре практически отсутствовала

Из представленных в таблице данных видно, что при выдерживании икринки в растворе лактата кальция более 1,5 минут образовывались облепиховые сферы с прочной оболочкой и жидким центром. Образцы, выдержанные более 2,5 минут, не имели желаемых органолептических показателей и были исключены из эксперимента. Наилучшими показателями упругости обладали модельные образцы икринок, выдержанные в растворе лактата кальция 2 минуты. Поэтому данные образцы были использованы в дальнейшем для обоснования технологических решений, влияющих на хранимосопособность икринок и позволяющих использовать возможность отложенной подачи. На втором этапе было изучено влияние температурной обработки на их прочность в процессе нагрева (табл. 2) и дальнейшего хранения (табл. 3).

Таблица 2 - Влияние температуры нагревания сфер на их прочность

DOI: https://doi.org/10.23649/JAE.2024.42.11.2

Температура, ^{0}C	Мгновенная деформация, 10^{-3} м	Максимальная деформация, 10^{-3} м	Упругость, %	Описание
без нагревания	2,0±0,1	2,3±0,11	86	Икринка хорошо держит форму, в центре присутствовала вкусовая жидкость
60	1,4±0,06	1,8±0,09	77	Оболочка икринки держит сферическую форму, разрыва не происходит
65	1,6±0,07	2,0±0,1	80	
70	2,5±0,11	3,0±0,15	83	
75	2,7±0,13	3,1±0,15	87	
80	1,2±0,05	-	0	Икринка не выдерживает нагрузку для определения максимальной деформации, оболочка разрывается
85	-	-	0	Икринка не выдерживает нагрузку, оболочка разрывается
90	-	-	0	Икринка не выдерживает нагрузку, оболочка разрывается

Из представленных в табл. 1 и 2 данных видно, что при нагреве образцов прочность альгинатной оболочки уменьшается на 10,5%. Однако при дальнейшем нагревании до температуры 75±1^{0}C наблюдается постепенное увеличение прочности оболочки до первоначальных значений. При повышении температуры до 80±1^{0}C икринки теряют форму сферы и не выдерживают нагрузку максимальной деформации. Образцы, нагретые до температуры выше 85^{0}C имели мажущуюся консистенцию, не держали сферическую форму и при нагрузке мгновенно разрывались. Полученные данные показывают, что оптимальной является температура нагрева икринок до 75±1^{0}C.

Образцы икринок, полученные по выше обоснованным режимам, были заложены на хранение. Изменение органолептических показателей образцов и упругости в процессе хранения представлены в табл.1, рис. 1 - 2.

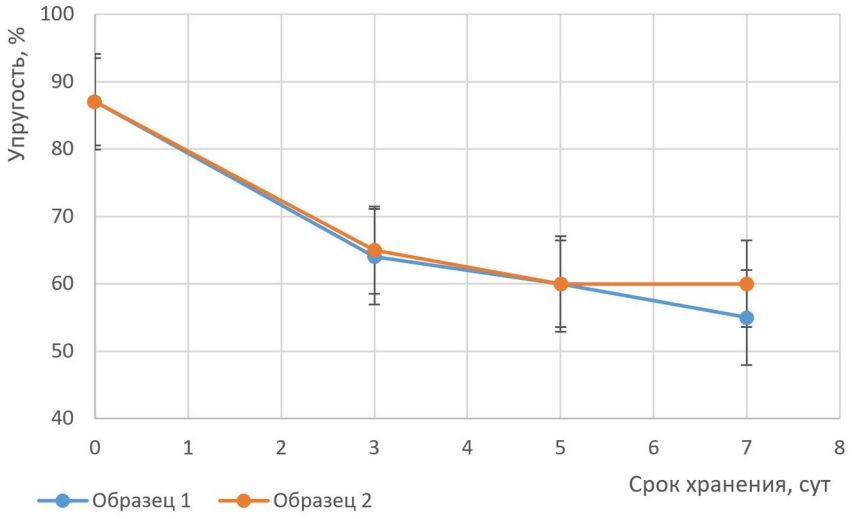


Рисунок 1 - Изменение упругости образцов в процессе хранения
DOI: https://doi.org/10.23649/JAE.2024.42.11.3

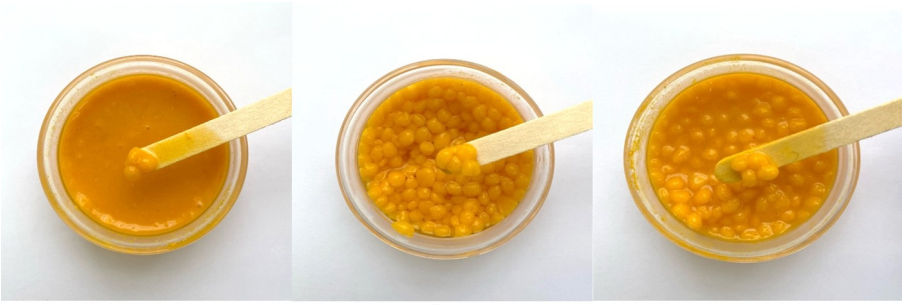
Из рис. 1 видно, что показатель упругости образцов снизился на 25%, однако икринки хорошо держали форму и не разрушались во время измерения. В контрольном образце уже на 3 сутки хранения при определении максимальной деформации оболочка разрывалась, образец не выдерживал нагрузку. Полученные данные коррелируют с органолептической характеристикой образцов в процессе хранения (табл.3).

Таблица 3 - Изменение органолептических показателей образцов в процессе хранения

DOI: https://doi.org/10.23649/JAE.2024.42.11.4

Срок хранения, сут	Образец	Органолептические показатели
0	Контроль	Икринка хорошо держит форму, в центре присутствовала вкусовая жидкость
	Образец 1	
	Образец 2	
3	Контроль	Оболочка икры размягченная, не держит сферическую форму, присутствует слабовыраженный запах брожения, внутри икринки присутствуют пузырьки воздуха
	Образец 1	Икринки хорошо держат форму, целые, выраженный облепиховый вкус и запах
	Образец 2	Икринки хорошо держат форму, целые, ярко выраженный облепиховый вкус и запах
5	Контроль	Оболочка икры размягченная, не держит сферическую форму, наблюдается разрыв оболочек, растворение образцов во вкусовой жидкости, выраженный запах брожения, внутри икринки присутствуют пузырьки воздуха.
	Образец 1	Икринки хорошо держат форму, целые, облепиховый вкус и запах неяркий

Срок хранения, сут	Образец	Органолептические показатели
	Образец 2	Икринки хорошо держат форму, целые, выраженный облепиховый вкус и запах
7	Контроль	Практически все образцы растворились во вкусовой жидкости, ярко выраженный запах брожения (рис. 1 а)
	Образец 1	Икринки держат форму, целые, слабовыраженный запах брожения, внутри икринки присутствуют пузырьки воздуха (рис. 1 б)
	Образец 2	Икринки держат форму, целые, запах облепиховый (рис. 1 в)



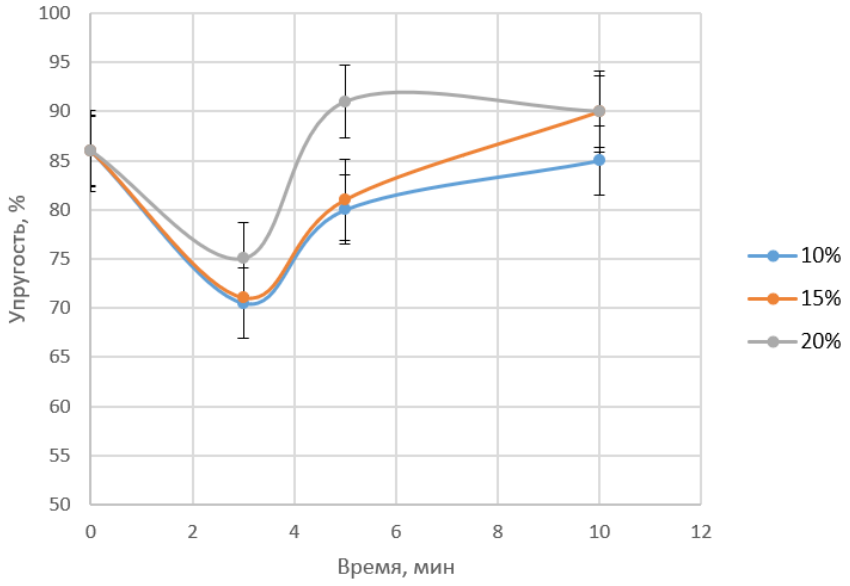
а б в

Рисунок 2 - Внешний вид образцов
DOI: https://doi.org/10.23649/JAE.2024.42.11.5

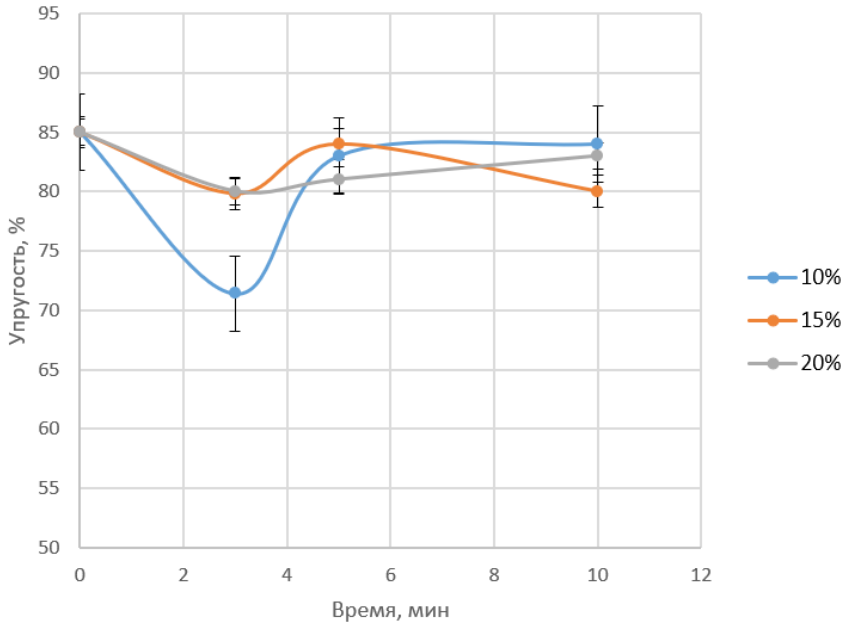
Примечание: а – контроль, б – образец 1, в – образец 2

Из представленных в табл. 3 и на рис. 1 данных видно, что нагревание образцов сфер позволяет сохранить образцы в течение трех суток хранения без существенного снижения их органолептических показателей. Однако для обоснования сроков хранения заготовок необходимо проведение дополнительных микробиологических исследований.

Сферификация – один из приемов молекулярной кухни, позволяющий получить сферы из различных вкусовых жидкостей, которые в дальнейшем могут являться декором для украшения напитков и коктейлей, в состав которых входит спирт. Было изучено влияние концентрации спирта в растворе и время выдержки на плотность оболочек икринок и их органолептическое восприятие. Образцами являлись икринки, которые подвергались тепловой обработке (нагревание до 75^0С) и без нагревания (рис. 3)



а



б

Рисунок 3 - Влияние массовой доли спирта и времени выдерживания на упругость икринок
DOI: https://doi.org/10.23649/JAE.2024.42.11.6

Примечание: а – образцы без тепловой обработки; б - образцы, предварительно нагретые до температуры 75+1^{0}С

Из представленных данных видно, что упругость образцов икринок сначала незначительно уменьшалась, затем восстанавливалась до первоначальной в процессе выдерживания в спиртовом растворе. Все образцы икринок (независимо от температурной обработки) имели тонкую прочную оболочку с жидким центром внутри. Полученные данные показывают, что изучаемая концентрация спирта в растворе и время выдерживания не влияют на ухудшение органолептических показателей и ощущение «взрываемости» вкусовой жидкости, характерное для икринок.

Заключение

Изучено влияние технологических факторов на процесс сферификации сока облепихи. Определено, что тепловая обработка позволяет удлинить хранимоспособность сфер, что позволит использовать их в качестве заготовок для отложенной подачи. Показано, что оптимальная температура нагревания сфер, позволяющая получить икринки с оптимальными органолептическими показателями и прочной оболочкой составила 75$\pm$1^{0}С. Нагревание от 60^{0}С до 70^{0}С приводит к снижению упругости икринок, а свыше 75^{0}С – к потере формы и структуры.

Изучено влияние концентрации спирта (10, 15 и 20%) и времени выдержки икринок из облепихи на их органолептические показатели и прочность, которое показало, что вышеупомянутые факторы не влияют на их

прочность и позволяют сохранить присущую икринкам «взрываемость» во рту с вытеканием вкусовой жидкости из оболочки, что говорит нам о возможности применения сфер в качестве элементов декора в алкогольных напитках.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Золотарева Ю.В. Молекулярная кухня как авангардное направление успешного позиционирования ресторанов / Ю.В. Золотарева, У.И. Золотарева // Проблемы и перспективы формирования маркетинговых стратегий в условиях нестабильных рынков: Материалы III Международной научно-практической конференции, Краснодар, 19–23 ноября 2018 года // Кубанский государственный университет; Отв. ред. А.Н. Костецкий. — Краснодар: Кубанский государственный университет, 2018. — С. 89-96.

2. Мегеда Е.В. О практических технологиях, используемых в молекулярной гастрономии при изготовлении кулинарных изделий / Е.В. Мегеда, И.Н. Ким // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. — 2022. — № 3. — С. 214-222. — DOI 10.24412/2311-6447-2022-3-214-222.

3. Barham P. Molecular Gastronomy: A New Emerging Scientific Discipline / Peter Barham, Leif H. Skibsted, Wender L. P. Bredie [et al.] // Chem. Rev. — 2010.

4. Hervé T. Molecular Gastronomy: Exploring the Science of Flavor / This Hervé. — New York: Columbia University Press, 2006. — 392 p.

5. Доценко В.Ф. Использование метода сферификации в технологиях ресторанной продукции / В.Ф. Доценко, О.В. Арпуль, Е.М. Усатюк [и др.] // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». — 2013. — №1. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-metoda-sferifikatsii-v-tehnologiyah-restorannoy-produktsii (дата обращения: 20.01.2024).

6. Шелементьев А.А. Сферификация как одна из техник молекулярной кухни / А.А. Шелементьев, А.В. Цыганова // Инновационные технологии в кооперативном образовательном процессе : Материалы Международной заочной студенческой научно-практической конференции, посвященной 40-летию Саранского кооперативного института (филиала) Российского университета кооперации, Саранск, 19 октября 2016 года // Редколлегия: Б.Ф. Кевбрин (отв. ред.) и др. — Саранск: Принт-Издат, 2016. — С. 174-177.

7. Булыгина В.В. Разработка рецептуры салата «Винегрет», с использованием приемов молекулярной кухни / В.В. Булыгина, А.А. Закурдаева, М.А. Закурдаева // Научные основы создания и реализации современных технологий здоровьесбережения: Материалы IX международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 18 ноября 2022 года. — Том Часть 2. — Ростов-на-Дону, Волгоград: Общество с ограниченной ответственностью "Сфера", 2022. — С. 119-123.

8. Волкова А.А. Разработка рецептуры салата «Сельдь под шубой», с использованием приемов молекулярной кухни / А.А. Волкова, М.Н. Альшевская // Инновации в технологии продуктов здорового питания: V Национальная науч. конф. (3-6 сентября), VI Междунар. Балт. мор. форум: материалы: в 6 томах. — Т. 5. — Калининград: Изд-во БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ», 2018. — С. 3. — 1 электрон. опт. Диск

9. Волкова А.А. Обоснование сроков хранения салата «Сельдь под шубой» с использованием некоторых приемов молекулярной кухни / А.А. Волкова, М.Н. Альшевская, О.В. Казимирченко // Вестник молодежной науки: сетевое издание – КГТУ. — Калининград, 2017. — № 5 (10). — URL: http:// http://vestnikmolnauki.ru/wp-content/uploads/2018/01/Volkova-512.pdf (дата обращения: 3.06.2018).

10. Панкова Е.Д. Разработка технологии капсулированных гарниров для желе яблочного / Е.Д. Панкова, М.Ю. Тамова // Инновации в индустрии питания и сервисе: Электронный сборник материалов III Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», 25 октября 2018 г. — Краснодар: Изд. КубГТУ, 2018. — С. 29-33

Список литературы на английском языке / References in English

1. Zolotareva YU.V. Molekulyarnaya kuhnya kak avangardnoe napravlenie uspeshnogo pozicionirovaniya restoranov [Molecular Cuisine as an Avant-garde Direction of Successful Restaurant Positioning] / YU.V. Zolotareva, U.I. Zolotareva // Problemy i perspektivy formirovaniya marketingovyh strategij v usloviyah nestabil'nyh rynkov: Materialy III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Krasnodar, 19–23 noyabrya 2018 goda [Problems and Prospects of Formation of Marketing Strategies in Unstable Markets: Materials of the III International Scientific and Practical Conference, Krasnodar, November 19-23, 2018] // Kuban State University; Ed. A.N. Kosteckij. — Krasnodar: Kuban State University, 2018. — P. 89-96 [in Russian].

2. Megeda E.B. O prakticheskih tekhnologiyah, ispol'zuemyh v molekulyarnoj gastronomii pri izgotovlenii kulinarnyh izdelij [About Practical Technologies Used in Molecular Gastronomy in the Manufacture of Culinary Products] / E.B. Megeda, I.N. Kim // Tekhnologii pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya

[Technologies of the Food and Processing Industry of the Agro–Industrial Complex – Healthy Food Products]. — 2022. — № 3. — P. 214-222. — DOI 10.24412/2311-6447-2022-3-214-222 [in Russian].

3. Barham P. Molecular Gastronomy: A New Emerging Scientific Discipline / Peter Barham, Leif H. Skibsted, Wender L. P. Bredie [et al.] // Chem. Rev. — 2010.

4. Hervé T. Molecular Gastronomy: Exploring the Science of Flavor / This Hervé. — New York: Columbia University Press, 2006. — 392 p.

5. Docenko V.F. Ispol'zovanie metoda sferifikacii v tekhnologiyah restorannoj produkcii [The Use of the Method of Spherification in the Technology of Restaurant Products] / V.F. Docenko, O.V. Arpul', E.M. Usatyuk [et al.] // Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Seriya «Processy i apparaty pishchevyh proizvodstv» [Scientific Journal of the ITMO Research Institute. The series "Processes and Devices of Food Production"]. — 2013. — №1. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-metoda-sferifikatsii-v-tehnologiyah-restorannoy-produktsii (accessed: 20.01.2024) [in Russian].

6. SHelement'ev A.A. Sferifikaciya kak odna iz tekhnik molekulyarnoj kuhni [Certification as One of the Techniques of Molecular Cuisine] / A.A. SHelement'ev, A.V. Cyganova // Innovacionnye tekhnologii v kooperativnom obrazovatel'nom processe : Materialy Mezhdunarodnoj zaochnoj studencheskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashchennoj 40-letiyu Saranskogo kooperativnogo instituta (filiala) Rossijskogo universiteta kooperacii, Saransk, 19 oktyabrya 2016 goda [Innovative Technologies in the Joint Educational Process: Materials of the International Correspondence Student Scientific and Practical Conference dedicated to the 40th anniversary of the Saransk Cooperative Institute (branch) of the Russian University of Cooperation, Saransk, October 19, 2016] // Editorial Board: B.F. Kevbrin (responsible ed.) et al. — Saransk: Print-Izdat, 2016. — P. 174-177 [in Russian].

7. Bulygina V.V. Razrabotka receptury salata «Vinegret», s ispol'zovaniem priemov molekulyarnoj kuhni [Development of a Salad Recipe "Vinaigrette" Using Molecular Cuisine Techniques] / V.V. Bulygina, A.A. Zakurdaeva, M.A. Zakurdaeva // Nauchnye osnovy sozdaniya i realizacii sovremennyh tekhnologij zdorov'esberezheniya: Materialy IX mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Rostov-na-Donu, 18 noyabrya 2022 goda [Scientific Substantiation of the Creation and Implementation of New Health Technologies: Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference, Rostov-on-Don, November 18, 2022]. —Vol. 2. — Rostov-na-Donu, Volgograd: Limited Liability Company "Sphere", 2022. — P. 119-123 [in Russian].

8. Volkova A.A. Razrabotka receptury salata «Sel'd' pod shuboj», s ispol'zovaniem priemov molekulyarnoj kuhni [Development of a Salad Recipe "Herring under a Fur Coat", Using Molecular Cuisine Techniques] / A.A. Volkova, M.N. Al'shevskaya // Innovacii v tekhnologii produktov zdorovogo pitaniya: V Nacional'naya nauch. konf. (3-6 sentyabrya), VI Mezhdunar. Balt. mor. forum: materialy: v 6 tomah [Innovations in the Technology of Healthy Food Products: In the National Scientific Conference (September 3-6), VI International Baltimore. forum: materials: in 6 volumes]. — V. 5. — Kaliningrad: Publishing house of BGARF FSBEI HE "KSTU", 2018. — P. 3. — 1 electron. opt. Disk [in Russian]

9. Volkova A.A. Obosnovanie srokov hraneniya salata «Sel'd' pod shuboj» s ispol'zovaniem nekotoryh priemov molekulyarnoj kuhni [Justification of the Shelf Life of the Salad "Herring under a Fur Coat" Using Some Techniques of Molecular Cuisine] / A.A. Volkova, M.N. Al'shevskaya, O.V. Kazimirchenko // Vestnik molodezhnoj nauki: setevoe izdanie – KGTU [Bulletin of Youth Science: online publication – KSTU]. — Kaliningrad, 2017. — № 5 (10). — URL: http:// http://vestnikmolnauki.ru/wp-content/uploads/2018/01/Volkova-512.pdf (accessed: 3.06.2018) [in Russian].

10. Pankova E.D. Razrabotka tekhnologii kapsulirovannyh garnirov dlya zhele yablochnogo [Development of Technology of Encapsulated Side Dishes for Apple Jelly] / E.D. Pankova, M.YU. Tamova // Innovacii v industrii pitaniya i servise: Elektronnyj sbornik materialov III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashchennoj 100-letiyu FGBOU VO «Kubanskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet», 25 oktyabrya 2018 g. [Innovations in the Food and Service Industry: Electronic collection of materials of the III International Scientific and Practical Conference dedicated to the 100th anniversary of the Kuban State Technological University, October 25, 2018]. — Krasnodar: KubGTU Publishing, 2018. — P. 29-33 [in Russian]