

Применение технологии частичной выпечки кексов специализированного назначения в Республике Саха (Якутия)

Кира В. Иванова ^{1,2}	kiravlad85@mail.ru	 0000-0002-2722-7825
Ирина П. Березовикова ²	ib234546@gmail.com	 0000-0001-5897-7699
Ольга Д. Варнавская ²	olvarnak@ya.ru	 0009-0000-2107-4381

1 Арктический государственный агротехнологический университет, ш.Сергеляхское, 3 км, д.3, г.Якутск, 677007, Россия

2 Сибирский университет потребительской кооперации, пр.Карла Маркса, 26, г.Новосибирск, 630087, Россия

Аннотация. Мучные кондитерские изделия (кексы) являются привлекательной позицией для производства в качестве продукта специализированного назначения, их рецептуры могут быть сконструированы в соответствии с потребностями потребителя, с заданными свойствами. Срок годности таких изделий ограничен 7 сутками. Сложная логистика в отдаленные улусы Республики Саха (Якутия) потенцирует разработку рецептур и технологий продуктов с длительным сроком годности. Для мучных кондитерских изделий таким решением может быть применение частичной выпечки. В этой связи целью исследования является применение технологии отложенной частичной выпечки специализированных мучных кондитерских изделий (кексов) для использования в отдаленных районах Республики Саха (Якутия). Задачи исследования: отработка параметров отложенной частичной выпечки цельнозерновых безглютеновых кексов; исследование показателей качества на разных этапах производства и в процессе хранения; исследование содержания предшественников образования акриламида (аспарагиновой кислоты и аспарагина). Предлагаемая рецептура и технология позволяет увеличить срок годности изделий на основе смеси рисовой цельнозерновой муки и гречки зеленой цельнозерновой до 180 суток при хранении частично выпеченных изделий при минус 18°C. Изделия могут быть рекомендованы как безглютеновый продукт и источник пищевых волокон, с содержанием последних 16% рекомендуемого суточного потребления. Органолептические показатели изделий после довыпечки соответствуют требованиям нормативных документов. Получены данные о содержании аспарагина как предшественника образования акриламида. Суммарное содержание аспарагиновой кислоты и аспарагина при традиционной выпечке на 10,6% ниже, чем в довыпеченных изделиях. Этот результат позволяет прогнозировать и снижение концентрации акриламида в таких изделиях частичной выпечки с довыпечкой после замораживания. Предложенная технология частичной выпечки для цельнозерновых безглютеновых кексов позволяет получить продукт стандартного качества независимо от места его производства, увеличить срок годности продукта, оставляя при этом «чистую этикетку», без использования пищевых добавок и обеспечить стабильность обеспечения населения труднодоступных районов Республики Саха (Якутия) продукцией специализированного назначения.

Ключевые слова: Республика Саха (Якутия), кексы специализированного назначения, частичная выпечка.

Application of the technology of partial baking of special-purpose cakes in the Republic of Sakha (Yakutia)

Kira V. Ivanova ^{1,2}	kiravlad85@mail.ru	 0000-0002-2722-7825
Irina P. Berezovikova ²	ib234546@gmail.com	 0000-0001-5897-7699
Olga D. Varnavskaya ²	olvarnak@ya.ru	 0009-0000-2107-4381

1 Arctic State Agrotechnological University, Sergelyakhskoye sh, 3 km, b.3, Yakutsk, 677007, Russia

2 Siberian University of Consumer Cooperation, 26 Karl Marx Av., Novosibirsk, 630087, Russia

Abstract. Pastry (cakes) are an attractive position for production as a specialized product, their recipes can be designed in accordance with the needs of the consumer, with the specified properties. The shelf life of such products is limited to 7 days. Complex logistics to remote uluses of the Republic of Sakha (Yakutia) potentiates the development of recipes and technologies for products with a long shelf life. For pastry, this solution may be the use of partial baking. In this regard, the aim of the study is to apply the technology of delayed partial baking of specialized pastry (cakes) for use in remote areas of the Republic of Sakha (Yakutia). Research objectives: to develop parameters of delayed partial baking of whole-grain gluten-free cakes; study of quality indicators at different stages of production and during storage; study of the content of precursors to acrylamide formation (aspartic acid and asparagine). The proposed recipe and technology allow increasing the shelf life of products based on a mixture of whole grain rice flour and green whole grain buckwheat up to 180 days when storing partially baked products at minus 18°C. The products can be recommended as a gluten-free product and a source of dietary fiber, with the content of the latter 16% of the recommended daily intake. The organoleptic properties of the products after additional baking meet the requirements of regulatory documents. Data on the content of asparagine as a precursor to the formation of acrylamide were obtained. The total content of aspartic acid and asparagine in traditional baking is 10.6% lower than in additionally baked products. This result allows us to predict a decrease in the concentration of acrylamide in such partially baked products with additional baking after freezing. The proposed technology of partial baking for whole grain gluten-free cakes allows us to obtain a product of standard quality regardless of the place of its production, to increase the shelf life of the product, while leaving a "clean label", without the use of food additives and to ensure the stability of supplying the population of hard-to-reach areas of the Republic of Sakha (Yakutia) with specialized products.

Keywords: Respublika Sakha (Yakutia), special-purpose cakes, partial baking.

Для цитирования

Иванова К.В., Березовикова И.П., Варнавская О.Д. Применение технологии частичной выпечки кексов специализированного назначения в Республике Саха (Якутия) // Вестник ВГУИТ. 2025. Т. 87. № 2. С. 23–29. doi:10.20914/2310-1202-2025-2-23-29

For citation

Ivanova K.V., Berezovikova I.P., Varnavskaya O.D. Application of the technology of partial baking of special-purpose cakes in the Republic of Sakha (Yakutia). Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2025. vol. 87. no. 2. pp. 23–29. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2025-2-23-29

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

Введение

Сохранение здоровья и повышение качества жизни жителей Арктической зоны является важной составляющей национальной безопасности. На территории Республики Саха (Якутия) проживает 0,7% населения страны. Важным фактором обеспечения качества жизни жителей Севера является питание, которое отличается от традиционного типа питания, что связано с продолжительными периодами низких температур, традициями питания коренных жителей, а также рассредоточенности населения по территории Республики, общая площадь которой составляет 3103,2 тыс. км², или 1/5 часть России. Северная часть республики – это труднодоступные районы, снабжение продовольствием осуществляется преимущественно воздушным путем, при благоприятных метеоусловиях.

Исследования состояния питания, пищевых привычек и заболеваемости у жителей Арктических районов Якутии привели к выводу, что актуальной задачей для них является обеспечение сбалансированным и обогащенным дефицитными в условиях высоких широт компонентами: пищевыми волокнами, полиненасыщенными жирными кислотами, полифенольными соединениями, витаминами питанием [1]. Добиться этого возможно путем использования продуктов специализированного назначения. Например, обогащенных йодом, пищевыми волокнами, с низким гликемическим индексом, безглютеновых изделий и др.

В настоящее время ведутся разработки по разным направлениям создания таких продуктов, с использованием арктического сырья, которое обеспечивает устранение дефицита основных нутриентов: хлебобулочных изделий, обогащенных ягелем, бетулином, йодом, с витаминами и др. [2–3]

Среди всех групп продуктов питания мучные кондитерские изделия не являются обязательным компонентом рациона, но вместе с тем спрос на них в Республике достаточно высок. По данным статистики Республики Саха (Якутия), производство кондитерских изделий увеличилось на 7,4% [4].

Привлекательной позицией в группе мучных кондитерских изделий являются кексы. Их рецептуры могут быть сконструированы в соответствии с потребностями потребителей, кексы разрешены для включения в рацион детей в детских дошкольных учреждениях, школьном питании, кексовые изделия с улучшенными потребительскими свойствами и пищевой ценностью занимают определенное место в рационах питания лиц с алиментарно-зависимыми заболеваниями.

Вместе с тем срок годности таких изделий ограничен 7 сутками. В связи со сложной логистикой в отдаленные северные районы (улусы) это становится одной из проблем за счет снижения их качества и безопасности. Решением проблемы может быть изготовление изделий полуфабрикатов высокой степени готовности, таких как замороженных после частичной выпечки. Большим преимуществом таких изделий является длительный срок годности, независимость от наличия сырья для производства специализированного продукта, простота приготовления.

Другим аспектом в пользу применения частичной выпечки являются результаты исследований последних лет, показавших, что предварительное замораживание крахмалсодержащих продуктов может служить фактором снижения образования акриламида, формирующегося при температурах свыше 120⁰ С в крахмалсодержащих продуктах в процессе реакции аспарагина с редуцирующими сахарами в условиях реакции Майяра [5].

Цель исследования – применение технологии отложенной частичной выпечки специализированных мучных кондитерских изделий (кексов) для использования в отдаленных районах Республики Саха (Якутия).

Материалы и методы

Сырье: мука рисовая цельнозерновая ТУ 9293–002–43175543–03; зерно гречихи непропаренное дробленое (из зеленой гречки цельнозерновой) СТО 21318887–004–2013; мука пшеничная хлебопекарная высший сорт ГОСТ 26574–2017; сахар-песок ГОСТ 33222–2015; масло сливочное 82,5% ГОСТ 32261–2013; разрыхлитель теста ТУ10.89.19–017–42450906–2018; яйца куриные ГОСТ 31654–2012; соль поваренная пищевая ГОСТ Р 51574–2018.

Для оценки качества применялись стандартные органолептические и физико-химические методы исследований, принятые в кондитерской отрасли: органолептические показатели по ГОСТ 5897–90; массовая доля влаги по ГОСТ 5900–2014; плотность по ГОСТ 15810–2014; аспарагин – методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель -105М». Структурно-механические показатели мякиша – на структуромере СТ-2. Активность воды – на анализаторе активности воды Aqualab 4TE Ланфор.

В качестве контрольных образцов исследованы тесто и готовые изделия по рецептуре на основе пшеничной муки; экспериментальные образцы – из смеси цельнозерновой рисовой и муки и гречки (30:70%) (таблица 1). Технология полуфабриката теста традиционная для кексов с разрыхлителем [6].

Параметры выпечки: частичная выпечка в пароконвектомате в режиме конвекции при температуре 180 °С до температуры в центре 60 °С, далее образцы замораживались до температуры в центре -18 °С в шкафу интенсивного замораживания, довыпечка производилась в пароконвектомате в режиме конвекции при температуре 180 °С до температуры в центре изделий 99 °С. Контроль температуры производился термощупами, встроенными в тепловое и холодильное оборудование.

Замороженные полувыпеченные изделия вакуумировались и закладывались на хранение при температуре -18 °С. Точки исследования образцов определялись по МУК 4.2.1847–04 коэффициент резерва – 1,15, для срока годности 6 месяцев.

Дефростация перед довыпечкой производилась в холодильном шкафу в течение 12 часов при температуре 4 ± 2 °С, затем при температуре 18 ± 2 °С в течение 30 мин до достижения температуры в центре изделий 18 ± 2 °С.

Помимо отложенной выпечки образцов была использована и традиционная выпечка,

в пароконвектомате в режиме конвекции при температуре 180 °С до температуры в центре 99 °С

Статистическая обработка результатов исследования – SPSS, v. 17.0, сравнение межгрупповых различий средних значений – непараметрические тесты. Значимость различий при 95% уровне надежности ($p < 0,05$).

Результаты и обсуждение

В таблице 1 представлена рецептура экспериментальных изделий. Обоснование рецептуры приведено авторами ранее [7].

В таблице 2 приведены физико-химические показатели.

Пищевая ценность на г / 100 г. продукта: белки – 6,0, жиры – 22,5, углеводы – 44,0, пищевые волокна 4,0 г. В порции (80 г.): белки 4,8 г, жиры -18,0 г, углеводы 35,2 г, пищевые волокна 3,2 г. Энергетическая ценность: 504,3 ккал; 2111,4 кДж. Содержание пищевых волокон в порции кекса (> 15% суточной рекомендуемой потребности) дает возможным рекомендовать изделия в качестве их источника.

Таблица 1.

Рецептура кекса цельнозернового безглютенового

Table 1.

Recipe for whole grain gluten free cakes

Сырьё Ingredients	Массовая доля сухих веществ Dry weight, %	Расход сырья на 100 шт. готовых изделий, г Amount of ingredients consumption per 100 portions baked cakes, g	
		в натуре in kind	в сухих веществах in dry matter
Смесь цельнозерновая Whole grain mixture	85,00	3600,00	3078,00
Масло сливочное 82,5% Butter 82.5%	84,00	2160,00	1814,40
Меланж (из яиц C1) Melange (from C1 eggs)	27,00	1800,00	486,00
Сахар-песок Granulated sugar	99,85	1350,00	1347,98
Разрыхлитель теста Baking powder	82,00	81,00	66,42
Соль Salt	96,50	9,00	8,69
Итого Total	-	9000,00	6801,48
Выход Portion size	78,0	8000,00	6240,00
Влажность Moisture 22,0% $\pm$ 2,0%			

Таблица 2.

Физико-химические показатели кексов отложенной выпечки ($M \pm SE$)

Table 2.

Physicochemical properties of delayed baking cakes ($M \pm SE$)

Показатели Parametrs	Традиционная выпечка Traditional baking		Отложенная выпечка Delayed baking			
	Контроль Control	Эксперимент Experiment	Контроль Control		Эксперимент Experiment	
			Довыпечка 180 сут Re-baking 180 days storage	Довыпечка 207 суток Re-baking 207 days storage*	Довыпечка 180 сут Re-baking 180 days storage	Довыпечка 207 суток Re-baking 207 days storage*
Массовая доля влаги Moisture	19,9 $\pm$ 0,3 ^a	22,6 $\pm$ 0,15 ^A	20,0 $\pm$ 0,12 ^a	19,5 $\pm$ 0,16 ^A	19,0 $\pm$ 0,71 ^a	19,7 $\pm$ 0,21 ^A
Упек Baking loss	10,7 $\pm$ 0,10 ^b	10,5 $\pm$ 0,24 ^B	12,11 $\pm$ 0,27 ^a	12,2 $\pm$ 0,001 ^a	13,3 $\pm$ 0,001 ^A	14,0 $\pm$ 0,31 ^A
Плотность Density	0,52 $\pm$ 0,01 ^c	0,64 $\pm$ 0,001 ^B	0,70 $\pm$ 0,12 ^b	0,75 $\pm$ 0,001 ^a	0,75 $\pm$ 0,001 ^A	0,79 $\pm$ 0,02 ^A
Высота изделия Product height	5,7 $\pm$ 0,11 ^a	4,8 $\pm$ 0,06 ^A	5,6 $\pm$ 0,13 ^a	5,2 $\pm$ 0,07 ^b	4,9 $\pm$ 0,02 ^A	4,4 $\pm$ 0,08 ^B

Примечание: прописными и строчными буквами показаны внутригрупповые различия (Бонферони тест, $p < 0,05$)

Note: Mean values with different superscripts on the same column significantly (Bonferroni test, $p < 0,05$)

* при сроке годности 6 месяцев, с учетом коэффициента резерва | shelf life of 6 months, considering the reserve factor

Влияние двухэтапной выпечки кексов с замораживанием, низкотемпературным хранением и последующей довыпечкой было впервые представлено в 2008 году. Показано, что на качество довыпеченных полуфабрикатов после размораживания и повторной выпечки влияет время полувыпечки перед его замораживанием и промежуточное время хранения в замороженном состоянии. Предварительная выпечка продолжительностью до 20 минут, замораживание и хранение до 3 месяцев показало такие же показатели качества, как в контрольных образцах. Качество довыпеченных изделий после низкотемпературного хранения не зависело от времени выпечки [8].

В нашем исследовании время полувыпечки составляло 10 минут, что давало стабильный мякиш, не оседающий после вынимания кексов и их замораживании. Закономерности изменения качества кексов были аналогичны приведенным в указанном исследовании.

Массовая доля влаги во всех исследованных образцах не зависела от вида муки и способа выпечки и соответствовала требованиям действующих нормативных документов (12–24%).

Упек изделий, приготовленных как из пшеничной муки, так и из цельнозерновой смеси, с традиционной выпечкой был ниже, чем у довыпеченных изделий после низкотемпературного хранения полувыпеченных замороженных полуфабрикатов. Это можно связать с тем, что в случае отложенной частичной выпечки суммарные потери складываются из потерь при полувыпечке (в среднем 4%), потерь при интенсивном замораживании и дефростации (до 1%) и довыпечке, независимо от вида муки.

Плотность образцов, выпеченных из пшеничной муки по традиционной технологии ниже, чем у таковых из цельнозерновой смеси. Повышение плотности можно объяснить различиями химического состава пшеничной муки и цельнозерновой безглютеновой смеси – высоким содержанием пищевых волокон (до 10%) в последней. Применение технологии отложенной частичной выпечки приводило к повышению плотности как экспериментальных, так и контрольных образцов, что можно связать с процессами ретроградации крахмала в процессе замораживания полувыпеченных образцов.

Максимальная высота изделий была у образцов из пшеничной муки и была одинаковой как при традиционной выпечке, так и в довыпеченных образцах после 6-месячного низкотемпературного хранения. Высота кексов из цельнозерновой смеси меньше, чем из пшеничной муки на 4,1%.

При этом она была одинаковой как при традиционном способе выпечки, так и при довыпечке после хранения (таблица 2). Установлены отрицательные корреляции между плотностью изделий и их высотой у довыпеченных изделий. Для образцов из пшеничной муки при 6-месячном хранении $r = -1,000$ ($p < 0,01$), из цельнозерновой смеси $r = -0,974$ ($p < 0,01$). Для традиционной выпечки значимых корреляций не установлено. На фазе исследования с учетом коэффициента резерва (207 суток) связи аналогичны 6-месячному хранению.

На рисунке 1 представлены фотографии образцов выпеченных изделий.

Несмотря на различия в физико-химических показателях, органолептические показатели всех исследованных образцов соответствовали требованиям, установленными ГОСТ 15052–2014.

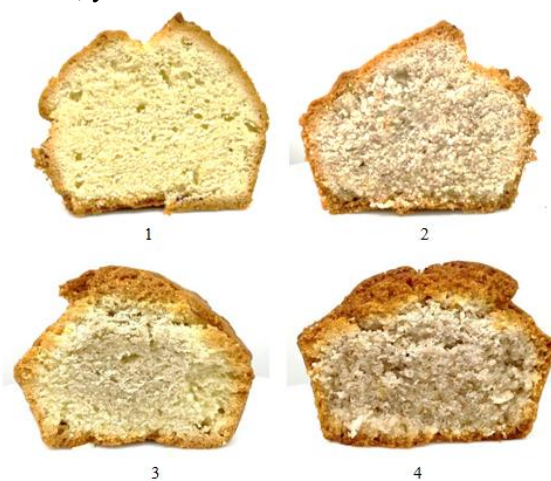


Рисунок 1. Образцы выпеченных кексов: 1 – пшеничный традиционная выпечка; 2 – цельнозерновой традиционная выпечка; 3 – пшеничный довыпечка частично выпеченных; 4 – цельнозерновой довыпечка частично выпеченных

Figure 1. Samples of baked cakes: 1 – wheat traditional baking; 2 – whole grain traditional baking; 3 – wheat re-baking partially baked; 4 – whole grain re-baking partially baked

Для объективной оценки определена общая деформация мякиша кексов. У свежиспеченных кексов этот показатель не различался для контрольного и экспериментального образцов: $5,02 \pm 0,08$ и $4,89 \pm 0,05$ мм, соответственно ($p = 0,085$). У довыпеченных изделий после 180-суточного низкотемпературного хранения этот показатель также не зависел от вида изделия ($p = 0,162$) и уменьшился по сравнению с исходным показателем в 4,1 раза и был одинаковым с общей деформацией цельнозерновых кексов традиционной выпечки на 7 день хранения ($1,20 \pm 0,07$ мм). Снижение показателя общей деформации при хранении кексов является закономерным процессом, обусловленным процессами ретроградации крахмала.

Выпечка кексов производится при температуре 180°C , что для крахмалсодержащих продуктов является фактором образования акриламида. Мучные кондитерские изделия относятся к продуктам с высоким содержанием акриламида [9], при повышенном уровне содержания которого в рационе питания возможно проявление токсического и канцерогенного эффекта. Предшественниками образования акриламида являются аспарагин и редуцирующие сахара. Исследователи отмечают положительные корреляции между содержанием аспарагина и образованием акриламида [10–12]. Для оценки гипотезы о влиянии технологии кексов на формирование акриламида, проведено определение суммарного содержания аспарагиновой кислоты и аспарагина (рисунок 2).

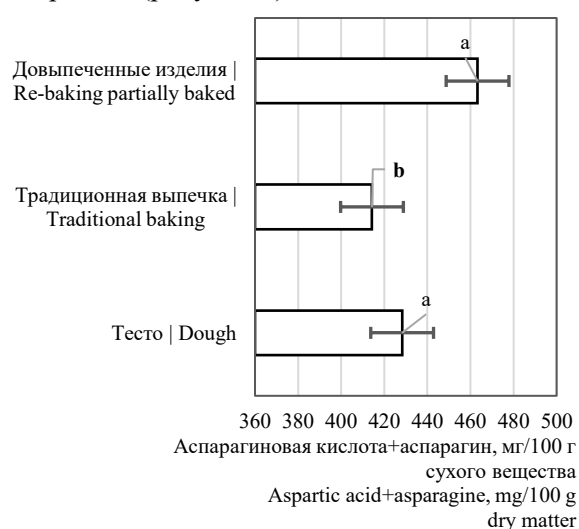


Рисунок 2. Аспарагиновая кислота и аспарагин в цельнозерновых кексах разных способов выпечки. Примечание: строчными буквами показаны внутригрупповые различия (Бонферони тест, $p < 0,05$)

Figure 2. Aspartic acid and asparagine in whole grain cakes of different baking methods. Note: Mean values with different superscripts significantly (Bonferroni test, $p < 0,05$)

Суммарное содержание аспарагиновой кислоты и аспарагина при традиционной выпечке на 10,6% ниже, чем в довыпеченных изделиях. Этот результат позволяет прогнозировать и снижение концентрации акриламида в таких изделиях частичной выпечки с довыпечкой после замораживания.

Факторами, влияющими на содержание акриламида в термически обработанных пищевых продуктах, таких как хлебобулочные изделия, являются начальная концентрация прекурсоров, их соотношение, качество муки, такое как интенсивность помола муки, условия ферментации, методы термической обработки pH,

содержание и активность воды, физическое состояние продукта, добавки и т. д. [13,14]. Показано, что показатель активности воды в диапазоне от 0,4 до 0,8 и содержании влаги $<5\%$, будет способствовать реакции Майяра, что впоследствии приведет к образованию акриламида, а повышение показателя более 0,8 вызывает снижение скорости реакции Майяра, в результате разбавления необходимых субстратов для ее протекания. По мнению Мустафы и др. и Бассамы и др. [15–17], активность воды (a_w) является одним из факторов, влияющих на количество образующегося акриламида при термической обработке пищевых продуктов.

В нашем исследовании показатель A_w для изделия частичной выпечки перед довыпечкой составил 0,88, что также является хорошим прогностическим фактором снижения образования акриламида.

Применение технологии отложенной частичной выпечки с замораживанием полувыпеченных изделий также может привести к снижению гликемического индекса продукта. Такой эффект был показан в работе Borczak, B. et al [18, 19] и требует дальнейшего изучения.

Заключение

Предлагаемая рецептура и технология позволяет увеличить срок годности изделий до 180 суток. Изделия могут быть рекомендованы как безглютеновый продукт и источник пищевых волокон, с содержанием последних 16% рекомендуемого суточного потребления [20].

Органолептические показатели изделий после довыпечки соответствуют требованиям нормативных документов.

Получены данные о содержании аспарагина как предшественника образования акриламида. Суммарное содержание аспарагиновой кислоты и аспарагина при традиционной выпечке на 10,6% ниже, чем в довыпеченных изделиях. Этот результат позволяет прогнозировать и снижение концентрации акриламида в таких изделиях частичной выпечки с довыпечкой после замораживания.

Предложенная технология частичной выпечки для цельнозерновых безглютеновых кексов позволяет получить продукт стандартного качества независимо от места его производства, увеличить срок годности продукта, оставляя при этом «чистую этикетку», без использования пищевых добавок и обеспечить стабильность обеспечения населения труднодоступных районов Республики Саха (Якутия) продукцией специализированного назначения.

Литература

- 1 Никитина А.М., Саввина Н.В., Гольдерова А.С. Взаимосвязь пищевых привычек и заболеваний у жителей арктических районов Якутии (по данным опроса) // Социальные аспекты здоровья населения [сетевое издание]. 2024. № 70(3). С. 9. doi: 10.21045/2071–5021–2024–70–3–9.
- 2 Степанов К.М., Колодезникова В.С., Евсеев А.А. Перспективы создания пищевых продуктов специального назначения в сочетании с арктическим сырьем // Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник». 2022. № 9. 10 с.
- 3 Хлеб с бетулином – уникальная разработка якутских ученых. URL: <https://prez.ysn.ru/novosti/hleb-s-betulinom-unikalnaya-razrabo/>
- 4 Местникова А.В., Федорова Н.А. Современное состояние рынка хлебобулочных и кондитерских изделий Республики Саха (Якутия) // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. 2024. № 2. С. 189–194. doi: 10.47576/2949–1894.2024.2.2.024.
- 5 Shuping Zhong, Ze He, Muneeba Naseer Chaudhary, Yaxuan Mu, et al. Effect of freezing pretreatment on the mitigation of acrylamide in potato chips and French fries // LWT. 2024. № 200. doi: 10.1016/j.lwt.2024.116174.
- 6 Сборник рецептур мучных кондитерских и булочных изделий для предприятий общественного питания: справочник. СПб.: Троицкий мост, 2017. 194 с. ISBN 978–5–4377–0101–0.
- 7 Иванова К.В., Березовикова И.П. Разработка состава безглютеновой смеси для кексов // Потребительский рынок: устойчивое развитие в условиях новых вызовов: сб. мат. Всерос. науч.-практ. конф. / под ред. Ю.Ю. Миллера. Новосибирск, 2022. С. 136–141.
- 8 Karaoğlu, M.M., Kotancilar, H.G., Gerçekaslan, K.E. The effect of par-baking and frozen storage time on the quality of cupcake // International Journal of Food Science & Technology. 2008. № 43(10). P. 1778–1785. doi: 10.1111/j.1365–2621.2007.01698.x.
- 9 Хотимченко С.А., Гмошинский И.В., Багрянцева О.В., Шатров Г.Н. и др. Химическая безопасность пищи: развитие методической и нормативной базы // Вопросы питания. 2020. № 89(4). С. 110–124. doi: 10.24411/0042–8833–2020–10047.
- 10 Govindaraju, I., Sana, M., Chakraborty, I., Rahman, M.H. et al. Dietary Acrylamide: A Detailed Review on Formation, Detection, Mitigation, and Its Health Impacts // Foods. 2024. № 13. P. 556. doi: 10.3390/foods13040556.
- 11 Ramesh R., Ramniwas B., Rustagi, S., Jafari, Z. et al. Acrylamide in food products: Formation, technological strategies for mitigation, and future outlook // Food Frontiers. 2024. № 5. P. 1063–1095. doi: 10.1002/fft2.368.
- 12 Schouten M.A., Tappi S., Glicerina V., Rocculi P. et al. Formation of acrylamide in biscuits during baking under different heat transfer conditions // LWT – Food Science and Technology. 2022. № 153. P. 112541. doi: 10.1016/j.lwt.2021.112541.
- 13 Sarion C., Codină G., Dabija A. Acrylamide in Bakery Products: A Review on Health Risks, Legal Regulations and Strategies to Reduce Its Formation // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2021. № 18(8). P. 4332. doi: 10.3390/ijerph18084332.
- 14 Чернова А.В., Петроченкова А.В. Регламентирование содержания контаминанта акриламида в пищевой продукции // Научные труды Дальрыбвтуза. 2023. № 1(63). С. 20–27.
- 15 Michalak J., Czarnowska-Kujawska M., Klepacka J., Gujska E. Effect of Microwave Heating on the Acrylamide Formation in Foods // Molecules. 2020. № 25. P. 4140. doi: 10.3390/molecules25184140.
- 16 Pucci M., Akilhoğlu H.G., Bevilacqua M., Abate G. et al. Investigation of Maillard reaction products in plant-based milk alternatives // Food Res. Int. 2024. № 198. P. 115418. doi: 10.1016/j.foodres.2024.115418.
- 17 Bassama J., Brat P., Bohuon P., Hocine B. et al. Acrylamide kinetic in plantain during heating process: Precursors and effect of water activity // Food Res. Int. 2011. № 44. P. 1452–1458.
- 18 Borczak B. et al. Comparison of glycemic responses to frozen and non-frozen wheat rolls in human volunteers-a short report // Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. 2008. № 58(3). P. 373–376.
- 19 Borczak B., Sikora E., Sikora M., Haesendonck V. et al. The impact of sourdough addition to frozen stored wheat-flour rolls on glycemic response in human volunteers // Starch – Stärke. 2011. № 63(12). P. 801–807. doi: 10.1002/star.201100055.
- 20 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: Методические рекомендации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. 72 с.

References

- 1 Nikitina A.M., Savvina N.V., Golderova A.S. The relationship between eating habits and diseases in residents of the Arctic regions of Yakutia (according to survey data). Social aspects of population health. 2024. no. 70(3). p. 9. doi:10.21045/2071–5021–2024–70–3–9 (in Russian)
- 2 Stepanov K.M., Kolodeznikova V.S., Evseev A.A. Prospects for creating special-purpose food products in combination with arctic raw materials. Scientific online journal "Stolypin Bulletin". 2022. no. 9. 10 p. (in Russian)
- 3 Bread with betulin – a unique development of Yakut scientists. URL: <https://prez.ysn.ru/novosti/hleb-s-betulinom-unikalnaya-razrabo/> (in Russian)
- 4 Mestnikova A.V., Fedorova N.A. Current state of the bakery and confectionery market in the Republic of Sakha (Yakutia). Innovative economy: information, analytics, forecasts. 2024. no. 2. pp. 189–194. doi:10.47576/2949–1894.2024.2.2.024 (in Russian)
- 5 Shuping Zhong, Ze He, Muneeba Naseer Chaudhary, Yaxuan Mu et al. Effect of freezing pretreatment on the mitigation of acrylamide in potato chips and French fries. LWT. 2024. no. 200. doi:10.1016/j.lwt.2024.116174
- 6 Collection of recipes for flour confectionery and bakery products for catering establishments: reference book. St. Petersburg: Troitsky Most, 2017. 194 p. ISBN 978–5–4377–0101–0 (in Russian)
- 7 Ivanova K.V., Berezovikova I.P. Development of a gluten-free muffin mix. Consumer market: sustainable development in the face of new challenges. Collection of materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference. Ed. by Yu. Yu. Miller. Novosibirsk, 2022. pp. 136–141. (in Russian)

- 8 Karaoglu M.M., Kotancilar H.G., Gerçekaslan K.E. The effect of par-baking and frozen storage time on the quality of cupcake. *International Journal of Food Science & Technology*. 2008. no. 43(10). pp. 1778–1785. doi:10.1111/j.1365-2621.2007.01698.x
- 9 Khotimchenko S.A., Gmshinsky I.V., Bagryantseva O.V., Shatrov G.N. Chemical safety of food: development of a methodological and regulatory framework. *Problems of nutrition*. 2020. no. 4(89). pp. 110–124. doi:10.24411/0042-8833-2020-10047 (in Russian)
- 10 Govindaraju I., Sana M., Chakraborty I., Rahman M.H. et al. Dietary Acrylamide: A Detailed Review on Formation, Detection, Mitigation, and Its Health Impacts. *Foods*. 2024. no. 13. p. 556. doi:10.3390/foods13040556
- 11 Ramesh R., Ramniwas B., Rustagi, Jafari Z. et al. Acrylamide in food products: Formation, technological strategies for mitigation, and future outlook. *Food Frontiers*. 2024. no. 5. pp. 1063–1095. doi:10.1002/fft2.3681
- 12 Schouten M.A., Tappi S., Glicerina V., Rocculi P. et al. Formation of acrylamide in biscuits during baking under different heat transfer conditions. *LWT – Food Science and Technology*. 2022. no. 153. p. 112541. doi:10.1016/j.lwt.2021.112541
- 13 Sarion C., Codină G., Dabija A. Acrylamide in Bakery Products: A Review on Health Risks, Legal Regulations and Strategies to Reduce Its Formation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. no. 18(8). p. 4332. doi:10.3390/ijerph18084332
- 14 Chernova A.V., Petrochenkova A.V. Regulation of the content of the contaminant acrylamide in food products. *Scientific works of the Far Eastern Fisheries Technical University*. 2023. no. 1(63). pp. 20–27. (in Russian)
- 15 Michalak J., Czarnowska-Kujawska M., Klepacka J., Gujska E. Effect of Microwave Heating on the Acrylamide Formation in Foods. *Molecules*. 2020. no. 25. p. 4140. doi:10.3390/molecules25184140
- 16 Pucci M., Akilloğlu H.G., Bevilacqua M., Abate G. et al. Investigation of Maillard reaction products in plant-based milk alternatives. *Food Research International*. 2024. no. 198. p. 115418. doi:10.1016/j.foodres.2024.115418
- 17 Bassama J., Brat P., Bohuon P., Hocine B. et al. Acrylamide kinetic in plantain during heating process: Precursors and effect of water activity. *Food Research International*. 2011. no. 44. pp. 1452–1458. doi:10.1016/j.foodres.2011.03.049
- 18 Borczak B., Sikora E., Sikora M., Haesendonck V. et al. The impact of sourdough addition to frozen stored wheat-flour rolls on glycemic response in human volunteers. *Starch – Stärke*. 2011. no. 63(12). pp. 801–807. doi:10.1002/star.201100055
- 19 Borczak B. et al. Comparison of glycemic responses to frozen and non-frozen wheat rolls in human volunteers-a short report. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2008. no. 58(3). pp. 373–376.
- 20 Norms of physiological needs for energy and nutrients for various population groups of the Russian Federation: Methodological recommendations. Moscow: Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, 2021. 72 p. (in Russian)

Сведения об авторах

Кира В. Иванова старший преподаватель, аспирант, кафедра пищевых технологий индустрии питания, Арктический государственный агротехнологический университет, ш. Сергеляхское, 3 км, г. Якутск, Республика Саха (Якутия), 677007, Россия, kiravlad85@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2722-7825>

Ирина П. Березовикова д.б.н., профессор, кафедра пищевых технологий, Сибирский университет потребительской кооперации, проспект Карла Маркса, 26, Новосибирск, 630087, Россия, ib234546@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-5897-7699>

Ольга Д. Варнавская к.т.н., доцент, кафедра пищевых технологий, Сибирский университет потребительской кооперации, проспект Карла Маркса, 26, Новосибирск, 630087, Россия, olvarnak@ya.ru

 <https://orcid.org/0009-0000-2107-4381>

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Kira V. Ivanova senior lecturer, P.G., Department of food technology and food industry, Arctic State Agrotechnological University, Sergelyakhskoye highway, 3 km., build.3, Yakutsk city, Republic of Sakha (Yakutia), 677007, Russia, kiravlad85@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2722-7825>

Irina P. Berezovikova Doc. Sci. (Biol.), Professor, Department of Food Technology, Siberian University of Consumer Cooperation, Karl Marx Avenue, 26, Novosibirsk, 630087, Russia, ib234546@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-5897-7699>

Olga D. Varnavskaya Cand.Sci. (Engin), Associate Professor, Department of Food Technology, Siberian University of Consumer Cooperation, Karl Marx Avenue, 26, Novosibirsk, 630087, Russia, olvarnak@ya.ru

 <https://orcid.org/0009-0000-2107-4381>

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 03/03/2025	После редакции 18/04/2025	Принята в печать 10/05/2025
Received 03/03/2025	Accepted in revised 18/04/2025	Accepted 10/05/2025