

Проектирование специализированной пищевой рыбной продукции с пониженным содержанием азотистых экстрактивных веществ

Г. В. Алексеев, С. А. Елисеева*, А. А. Смоленцева

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Россия;
e-mail: eliseeva_sa@spbstu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1051-4016>*

Информация о статье Реферат

Поступила
в редакцию
23.06.2021;

получена
после доработки
24.08.2021

Ключевые слова:

специализированная
пищевая продукция,
комбинированные
рыбные кулинарные
изделия,
азотистые
экстрактивные
вещества,
нуклеиновые кислоты,
пуриновые основания

Авторы рассматривают возможность использования малоценных пелагических видов рыб в рационе людей с ограничениями по потреблению азотистых экстрактивных веществ, в том числе нуклеиновых кислот, являющихся источниками метаболизма пуриновых оснований. В качестве объектов исследования использовали измельченное филе скумбрии из отварной рыбы, измельченное отварное филе из сырой рыбы, быстрозамороженный фарш из ставриды промышленной переработки в отварном виде. Исследования проводились в соответствии с планом эксперимента, в котором переменными факторами служили продолжительность термообработки и температура варочной среды. Предложена технология комбинированных рыбных масс с добавлением растительных компонентов функционального назначения. Установлено, что динамика потерь сухих веществ и тепловых потерь филе рыбы определяется продолжительностью варки. По органолептическим характеристикам вареный фарш из сырого филе скумбрии значительно уступает органолептическим характеристикам фарша из предварительно отварного филе. При сравнении данных для мороженого и свежеприготовленного фарша из ставриды обнаружено, что потеря нуклеиновых кислот в приготовленном промышленным способом фарше на 4,6–13,1 % выше ($T = 82 \pm 2$ и 98 ± 2 °C), потери нуклеиновых кислот на абсолютно сухое вещество выше на 11,3–5,8 %, массы – на 8,4–14,6 %. Содержание общего количества нуклеиновых кислот в фарше промышленной выработки на 11,1 % ниже, чем в свежеприготовленном фарше. Очевидно, что в процессе приготовления продуктов специализированного назначения, включая профилактическое питание, предпочтительнее использовать фарш из отварного рыбного филе.

Для цитирования

Алексеев Г. В. и др. Проектирование специализированной пищевой рыбной продукции с пониженным содержанием азотистых экстрактивных веществ. Вестник МГТУ. 2021. Т. 24, № 3. С. 313–324. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2021-24-3-313-324>.

Designing of specialized fish food products with a reduced content of nitrogen extractives

Gennadii V. Alekseev, Svetlana A. Eliseeva*, Alla A. Smolentceva

**Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia;
e-mail: eliseeva_sa@spbstu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1051-4016>*

Article info

Received
23.06.2021;

received
in revised form
24.08.2021

Key words:

specialized food products,
combined fish culinary
products,
nitrogenous extractive
substances,
nucleic acids,
purine bases

Abstract

The authors consider the possibility of using low-value pelagic fish species in the diet of people with restrictions on the consumption of nitrogenous extractive substances including nucleic acids which are sources of purine base metabolism. The objects of the study were chopped mackerel fillets from boiled fish and chopped boiled fillets from raw fish, quick-frozen minced horse mackerel of industrial processing in a boiled form. The studies were carried out in accordance with the experimental plan in which the duration of the heat treatment and the temperature of the cooking medium were the variable factors. The technology of combined fish masses with the addition of functional plant components has been proposed. It has been established that the dynamics of dry matter losses and heat losses of fish fillets is determined by the duration of cooking. In terms of organoleptic characteristics boiled minced meat from raw mackerel fillets is significantly inferior to the organoleptic characteristics of minced meat from pre-boiled fillets. When comparing the data for frozen and freshly prepared mince from horse mackerel, it has been found that the loss of nucleic acids in industrially prepared minced meat is 4.6–13.1 % higher ($T = 82 \pm 2$ and 98 ± 2 °C), the loss of nucleic acids by absolutely dry matter is higher by 11.3–5.8 %, mass – by 8.4–14.6 %. The content of the total amount of nucleic acids in industrial minced meat is 11.1 % lower than in freshly prepared minced meat. Obviously, in the process of preparing products for specialized purposes, including for preventive nutrition, it is preferable to use minced meat from boiled fish fillets.

For citation

Alekseev, G. V. et al. 2021. Designing specialized fish food products with a reduced content of nitrogen extractives. *Vestnik of MSTU*, 24(3), pp. 313–324. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2021-24-3-313-324>.

Введение

Подагра – это воспалительный артрит, связанный с гиперурикемией, который вызывается кристаллизацией мочевой кислоты в суставах. Мочевая кислота плохо растворяется в воде (1 : 15 000) и при нарушении обмена нуклеиновых кислот, особенно при избыточном поступлении в организм пуринов, мочевая кислота и ее соли откладываются в виде кристаллов в суставах пальцев, хрящах, в коже и мышцах, образуя узелки. Вокруг узелков развивается болезненный воспалительный очаг. Это заболевание известно под названием подагра (*Ragab et al., 2017*).

Подагра приводит к серьезным заболеваниям и вместе с тем вызывает сильную боль. Кроме того, новые данные свидетельствуют о том, что подагра тесно связана с метаболическим синдромом (*Choi et al., 2007*) и может приводить к инфаркту миокарда, сахарному диабету 2 типа (*Choi et al., 2008*) и преждевременной смерти (*Krishnan et al., 2008*).

Диета при подагре должна быть хорошо сбалансированной, содержать необходимое количество нутриентов не только с низким содержанием азотистых экстрактивных веществ, но и с достаточным количеством подщелачивающих продуктов, богатых антиоксидантами, и обеспечивать поступление в организм определенного количества жидкости (*Смолянский и др., 1984; Grygiel-Górniak et al., 2014; Wu et al., 2019*).

В последние годы обоснованы и охарактеризованы новые классы функциональных пищевых ингредиентов (ФПИ) (*Meyer, 2009*). Одним из классов ФПИ являются нуклеиновые кислоты (НК) (*Бобренева, 2019; Хорошилов, 2018*). Установлено, что НК играют определяющую роль во многих процессах, отвечающих за выживание людей как вида (*Bacha et al., 2013*).

Современная концепция здорового питания рассматривает продовольственную безопасность с учетом фармакологического и токсикологического воздействия физиологически активных пищевых ингредиентов на организм человека (*Покровский, 1979*). Совершенствование методов исследований продовольственного сырья и готовой продукции позволяет адекватно оценивать пищевой профиль и делает возможным разработку персональных рекомендаций для отдельных групп населения. Для адекватного оценивания индивидуального пищевого профиля используют нормируемые показатели, в том числе содержание высокомолекулярных азотсодержащих биополимеров в суточном рационе¹.

Потребность организма в азотсодержащих веществах зависит от возраста, пола, физиологического состояния, климатических условий, интенсивности выполняемой физической работы и т. д.² Как недостаток, так и избыток белков в пище является вредным для организма. Причем последствия избыточного потребления могут быть более выраженными, чем при повышенном употреблении жиров и углеводов. Избыток животных белков сопровождается повышенным поступлением в организм нуклеиновых кислот.

Современные научные представления характеризуют нуклеиновые кислоты как высокомолекулярные соединения с доказанным физиологическим действием – обеспечением специфического синтеза биополимеров в организме (*Barankiewicz et al., 1987*). Помимо этого, они способствуют накоплению в организме продукта обмена пуринов – мочевой кислоты.

Пурины – это натуральные вещества, которые содержатся во всех клетках организма и практически во всех продуктах питания. У человека пурины метаболизируются до мочевой кислоты, которая служит антиоксидантом и помогает предотвратить повреждение, вызванное активными формами кислорода.

Подагра, заболеваемость которой составляет 1–2 % среди населения в целом, представляет собой наиболее частую форму артрита у мужчин в возрасте от 40 до 60 лет (*Zhu et al., 2011*). Заболевание связано с продуктами, богатыми азотистыми веществами, которые часто встречаются в обычном рационе.

В то же время, учитывая известные побочные эффекты лекарств, ингибирующих синтез или выведение мочевой кислоты, ведется поиск новых и альтернативных методов, обеспечивающих безопасное лечение и профилактику гиперурикемии, в том числе лечебно-профилактические диеты (*Kanbara et al., 2010*).

Мнения ученых по поводу роли ограничения в рационе пищевых продуктов, богатых нуклеиновыми кислотами, заметно уменьшающими приступы подагры, разделились. Вместе с отказом от многих продуктов (источников белка) можно исключить поступление в организм незаменимых биологически активных соединений. Тем более, что не все так называемые пуриновые продукты вызывают подагру. Например, некоторые овощи (спаржа, цветная капуста, шпинат) и грибы богаты азотистыми веществами, но вероятность наступления подагры при их употреблении существенно меньше, чем при диете, включающей мясные и морепродукты. Для большинства людей здоровая сбалансированная диета – это все, что необходимо, наряду с лекарством для снижения уровня мочевой кислоты (*Wu et al., 2019*).

¹ Технический регламент Таможенного союза "О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания" (ТР ТС 027/2012).

² Методические рекомендации "Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации" (МР 2.3.1.2432-08).

Постоянное поступление мочевой кислоты важно для защиты кровеносных сосудов человека. Тем не менее частое и высокое потребление продуктов, богатых азотистыми соединениями, повышает уровень мочевой кислоты в сыворотке крови, что приводит к подагре и может быть фактором риска сердечно-сосудистых заболеваний, болезней почек и метаболического синдрома. При нарушении обмена азотистых веществ, в том числе и пуриновых оснований, назначают диету с исключением или ограничением мяса, мясных субпродуктов, бобовых, грибов, морской рыбы и др. И наоборот, включают продукты с невысоким содержанием пуриновых оснований, например, крупы и овощи. В диетическом питании наряду с коррекцией продуктового набора рекомендуется применять дополнительную технологическую обработку высокобелкового сырья с целью снижения пуриновых соединений. Так, при варке мяса и рыбы до 50 % пуринов переходит в бульон, поэтому в низкобелковой диете используют отварные мясо и рыбу и исключают бульоны (Абрамова и др., 1987; Смолянский и др., 2003; Диетология..., 2012).

В настоящее время к перспективным направлениям продукции специализированного назначения относится совершенствование технологии комбинированных рубленых изделий из малоценных пелагических видов рыбы, в том числе скумбрии и ставриды (Райбулов и др., 2016; Bazarnova et al., 2020; Alekseev et al., 2020; Ирина и др., 2017; Liu et al., 2019).

Для решения поставленных вопросов исследовали влияние кулинарно-технологических приемов на снижение азотистых экстрактивных веществ в рыбных изделиях.

Цель работы заключалась в научном обосновании технологических решений для проектирования пищевой продукции диетического профилактического питания на основе рыбного сырья с пониженным содержанием азотистых экстрактивных веществ.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- исследование влияния технологических приемов кулинарной обработки на изменение химического состава, структурно-механических свойств филе скумбрии и ставриды, вкусовых качеств готовых комбинированных рубленых изделий из них;
- разработка рецептур и технологии рыбных кулинарных изделий с пониженным содержанием азотистых экстрактивных веществ.

Материалы и методы

Азотистые экстрактивные вещества, к которым относятся нуклеиновые кислоты и их производные – пуриновые основания, оказывают местное и общее раздражающее действие. Возбуждая железы желудка и пищеварительную функцию поджелудочной железы, они способствуют лучшему усвоению пищи, в первую очередь белков и жиров. Вместе с тем эти же вещества прямо или опосредованно возбуждающе действуют на нервную систему, что, как правило, неблагоприятно сказывается на течении многих болезней органов кровообращения, нервной системы, желудочно-кишечного тракта и почек. Кроме того, пуриновые основания имеют прямое отношение к обменным процессам, нарушение которых проявляется задержкой в организме мочевой кислоты и отложением ее солей в тканях. В частности, подагра почти всегда оказывается следствием нарушения обмена пуриновых веществ. Поэтому все строгие диеты отличаются низким содержанием, а в ряде случаев и отсутствием в них первых блюд на мясных, рыбных отварах, а также вторых жареных и тушеных блюд из мяса и рыбы (Смолянский, 2003; Диетология..., 2012).

Количество азотистых экстрактивных веществ, извлекаемых в процессе варки из мышечной ткани мяса и рыбы, зависит не только от их содержания, но и от ряда технологических факторов – температурного режима варки, соотношения продукта и воды, степени измельчения продукта. Ж. И. Абрамова с соавторами отмечали, что потери нуклеиновых кислот при тепловой обработке хека, трески, минтая составляют 36–44 %, а потери кислоторастворимой фракции, состоящей из промежуточных продуктов синтеза и распада нуклеиновых кислот, – 67–69 % (Абрамова и др., 1987).

В соответствии с целью и задачами работы объектами исследования явились:

- филе скумбрии мороженое – ГОСТ 3948-2016 Филе рыбы мороженое. Технические условия;
- тушка ставриды мороженая – ГОСТ 32366-2013 Рыба мороженая. Технические условия;
- фарш пищевой мороженный из ставриды – ГОСТ Р 55505-2013 Фарш рыбный пищевой мороженный. Технические условия³;

– полуфабрикаты и готовые кулинарные изделия, приготовленные на основе разработанных рецептур.

В качестве дополнительного сырья использовали крупы, овощи и др.

³ ГОСТ 3948-2016. Филе рыбы мороженое. Технические условия. М., 2016 ; ГОСТ 32366-2013. Рыба мороженая. Технические условия. М., 2014 ; ГОСТ Р 55505-2013. Фарш рыбный пищевой мороженный. Технические условия. М., 2019.

Отбор и подготовку проб для лабораторных исследований проводили по ГОСТ 31339-2006⁴. Опытные и контрольные образцы готовились из одной партии сырья.

Определение влажности и содержание сухих веществ проводили высушиванием образцов до постоянной массы при 105 °С по ГОСТ Р 54607.2-2012⁵.

Суммарное содержание нуклеиновых кислот определяли методом, описанным А. С. Спириным (*Спирин и др., 1963*). В основе модификации спектрометрического метода лежит экстракция нуклеиновых кислот из биологического материала горячей хлорной кислотой с последующим определением поглощения экстрактов в ультрафиолетовой области спектра при длинах волн $\lambda = 270$ нм и $\lambda = 290$ нм, толщине рабочего слоя кюветы 10 мм на спектрофотометре СФ-56.

Определение фракционного состава нуклеиновых кислот, а также кислоторастворимой фракции проводили спектрофотометрическим методом в модификации Бердышева.

Для перевода концентрации нуклеинового фосфора в концентрацию НК применяли пересчетный коэффициент: для суммы нуклеиновых кислот (НК) – 10,3; для рибонуклеиновых кислот (РНК) – 10,5; для дезоксирибонуклеиновых кислот (ДНК) – 10,1.

Количество фракций (мг%) рассчитывали по формулам:

$$HK = \frac{(E_{270} - E_{290})}{0,19 \cdot W} \cdot 10,3;$$

$$PHK = \frac{(E_{270} - E_{290}) \cdot V \cdot 100}{0,193 \cdot W} \cdot 10,5;$$

$$DHK = \frac{(E_{270} - E_{290}) \cdot V \cdot 100}{0,186 \cdot W} \cdot 10,1,$$

где *HK* – содержание кислоторастворимой фракции, мг%; E_{270} и E_{290} – оптическая плотность раствора при длинах волн 270 и 290 нм; *V* – объем экстракта, мл; *W* – навеска, мг.

Определение α -аминного азота проводили спектрофотометрическим методом с нингидрином на спектрофотометре СФ-56 при длине волны $\lambda = 580$ нм и толщине рабочего слоя кюветы 10 мм.

Потери пищевых веществ при тепловой обработке определяли по общепринятой методике И. М. Скурихина (*Химический..., 2002*).

Органолептическую оценку рыбных кулинарных изделий выполняли в соответствии с рекомендациями⁶ путем сравнения органолептических показателей разработанной рыбной продукции с признаками, указанными в определении аналогичной кулинарной рыбной продукции (ГОСТ 31986-2012⁷), по пятибалльной шкале с учетом коэффициентов весомости. При органолептической оценке комбинированных рыбных изделий определяли текстуру, запах и вкус изделий.

Результаты и обсуждение

В диетическом питании для снижения содержания азотистых экстрактивных соединений в изделиях из мяса, грибов, рыбы применяют предварительную варку в воде (*Смолянский, 2003; Диетология..., 2012*).

При жарке рыбы растворимые вещества экстрагируются в меньшем количестве, так как основная масса влаги, выделяемой мышечными белками в процессе денатурации, испаряется, а растворенные в ней вещества остаются в продукте.

Припускание в небольшом количестве жидкости, тушение и варка на пару по количеству извлекаемых из продукта экстрактивных веществ занимают промежуточное положение. Наибольшее количество растворимых веществ извлекается из мышечной ткани рыб в процессе варки ее в воде (*Борисочкина и др., 1989*).

К важным технологическим параметрам кулинарной обработки полуфабрикатов из рыбы относятся: степень измельчения, масса, размер, толщина кусков, гидромодуль, температура и продолжительность обработки, части тушки рыбы (*Борисочкина и др., 1989*). В связи с этим на первом этапе исследования изучали влияние предварительного измельчения на технологические и физико-химические показатели качества образцов. Для этого подготавливали два образца:

образец № 1 – грубоизмельченный фарш из филе скумбрии (размер частиц 0,2 см);

⁴ ГОСТ 31339-2006. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб. М., 2010.

⁵ ГОСТ Р 54607.2-2012. Услуги общественного питания. Методы лабораторного контроля продукции общественного питания. Часть 2. Методы физико-химических испытаний. М., 2020.

⁶ Технический регламент Евразийского экономического союза "О безопасности рыбы и рыбной продукции" (ТР ЕАЭС 040/2016)

⁷ ГОСТ 31986-2012. Услуги общественного питания. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания. М., 2019.

образец № 2 – куски филе скумбрии без кожи и костей (масса кусков 18 ± 2 г) с последующим измельчением (размер частиц 0,2 см).

Оба образца варили в 0,5%-м растворе NaCl, гидромодуль 4, температура 98 °С, время варки 15 мин.

Установлено, что фарш, приготовленный из образца № 1, имел плотную консистенцию, неравномерный цвет, низкую адгезионную способность к формированию кулинарных изделий из него (суфле, пудинги, рулеты).

Фарш, приготовленный из образца № 2, имел однородную консистенцию, равномерный цвет, по технологическим свойствам оказался приемлемым для формирования кулинарных изделий. Физико-химические и органолептические показатели фарша из двух образцов скумбрии приведены в табл. 1.

Таблица 1. Физико-химические и органолептические показатели фарша из образцов отварной скумбрии
Table 1. Physicochemical and organoleptic indicators of minced meat from two samples of boiled mackerel

Наименование показателей	Образец № 1	Образец № 2
Влажность, %	$69,1 \pm 0,2$	$68,8 \pm 0,2$
Потери сухих веществ, %	$25,0 \pm 0,6$	$20,2 \pm 0,5$
Потери массы, %	$33,9 \pm 0,5$	$27,7 \pm 0,6$
α -аминный азот в бульоне, мг%	$39,1 \pm 1,2$	$34,9 \pm 1,1$
Нуклеиновые кислоты, %	$256,5 \pm 3,7$	$324,8 \pm 2,0$
Потери нуклеиновых кислот, %	$37,9 \pm 1,4$	$27,0 \pm 1,4$
Органолептическая оценка	3,5	4,1

Данные табл. 1 показывают, что при тепловой обработке у образца № 2 по сравнению с образцом № 1 потери сухих веществ составили на 6 % меньше, при этом потери азотистых экстрактивных веществ и нуклеиновых кислот оказались на 4 и 10 % меньше соответственно.

Для обоснования технологических параметров тепловой обработки ставриды с целью максимального снижения нуклеиновых кислот (НК) исследовали динамику содержания, их фракционный состав (РНК; ДНК) в различных частях тушки (в коже и филе мышечной ткани), потери при варке (табл. 2).

Таблица 2. Влияние варки на физико-химические показатели в различных частях тушки ставриды
Table 2. The effect of boiling on physicochemical indicators in various parts of the horse mackerel

Наименование показателей	Наименование образцов				
	кожа		филе сырое	филе отварное	
	сырая	отварная		без кожи	с кожей
Влажность, %	$65,1 \pm 2,7$	$78,5 \pm 0,2$	$74,4 \pm 0,1$	$70,4 \pm 0,1$	$71,6 \pm 0,4$
Потери сухих веществ, %	–	14,6	–	20,6	19,8
Изменение массы, %	–	+38,4	–	–31,4	–27,6
НК, в том числе кислоторастворимая фракция, мг%	$1\ 808,3 \pm 15,0$	$1\ 543,3 \pm 12,5$	$469,7 \pm 4,0$	$499,3 \pm 6,0$	$521,7 \pm 1,2$
Потери НК, в том числе кислоторастворимой фракции, %	–	–	–	27,0	22,43
Кислоторастворимая фракция, мг%	$476,0 \pm 0,9$	$754,6 \pm 1,3$	$170,9 \pm 1,6$	$126,9 \pm 1,9$	$145,4 \pm 2,2$
Потери кислоторастворимой фракции, %	–	–	–	49,0	38,5
РНК, мг%	$1\ 250,9 \pm 2,7$	$701,9 \pm 11,0$	$142,9 \pm 1,3$	$161,3 \pm 1,5$	$159,7 \pm 1,7$
Потери РНК, %	–	22,3	–	22,5	22,5
ДНК, мг%	$81,4 \pm 11,3$	$86,8 \pm 0,2$	$155,9 \pm 1,1$	$211,1 \pm 2,7$	$216,6 \pm 2,0$
Потери ДНК, %	–	–	–	7,7	–

Как видно из табл. 2, ставрида содержит достаточно высокое содержание НК относительно рыб других семейств (*Химический...*, 2002).

На следующем этапе исследования изучали динамику содержания НК в образцах ставриды при разных режимах варки:

- 45–50 °С – коллаген мышечной ткани рыб не устойчив к гидротермическому воздействию, денатурация его начинается при 40 °С;
- 75–80 °С – резко уменьшается содержание водорастворимых белков;

– 95–98 °С – проходят глубокие денатурационные изменения белков мышечной и соединительной ткани (Борисочкина и др., 1989).

Варку образцов массой 15–20 г и толщиной 15 мм проводили в дистиллированной воде (соотношение продукта и воды 1 : 4) в течение 15 мин (табл. 3).

Таблица 3. Динамика потерь растворимых азотистых экстрактивных веществ в зависимости от температуры тепловой обработки образцов филе скумбрии
Table 3. Dynamics of heat losses of soluble nitrogenous extractives depending on temperature of heat treatment of mackerel fillet samples

Наименование показателя	Потери азотистых экстрактивных веществ, %		
	температура варки, °С		
	45–50	75–80	90–95
Потери сухих веществ, %	10,3 ± 0,4	19,9 ± 0,5	20,9 ± 0,4
Потери массы, %	8,2 ± 0,3	22,1 ± 0,4	27,2 ± 0,4
Потери α-аминного азота в бульоне, мг%	24,2 ± 1,3	31,9 ± 1,5	34,9 ± 1,4
Потери НК, %	9,4 ± 0,6	15,7 ± 0,7	15,6 ± 0,7

Как видно из табл. 3, при температуре жидкой варочной среды 45–50 °С по сравнению с температурой 75–98 °С потери сухих веществ оказались два раза меньше, потери НК – меньше в 1,7 раз, также ниже оказались потери α-аминного азота. В связи с вышеизложенным дальнейшие исследования проводили при температуре 75–80 °С.

Для определения продолжительности тепловой обработки, обеспечивающей существенное снижение содержания НК в образцах ставриды, нагревали их до достижения в центре кусков температуры 77 ± 2 °С и выдерживали с интервалами в 5, 10, 15 и 20 мин. Динамика потерь растворимых азотистых экстрактивных веществ в зависимости от продолжительности тепловой обработки образцов филе ставриды представлена на рис. 1.

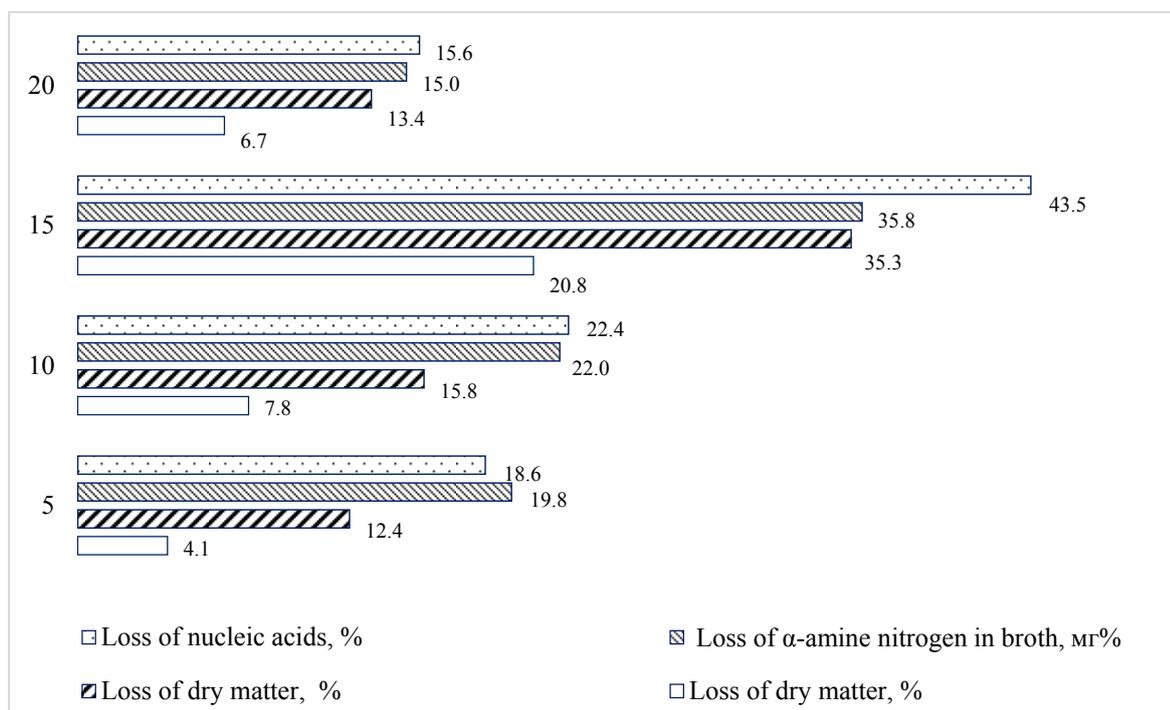


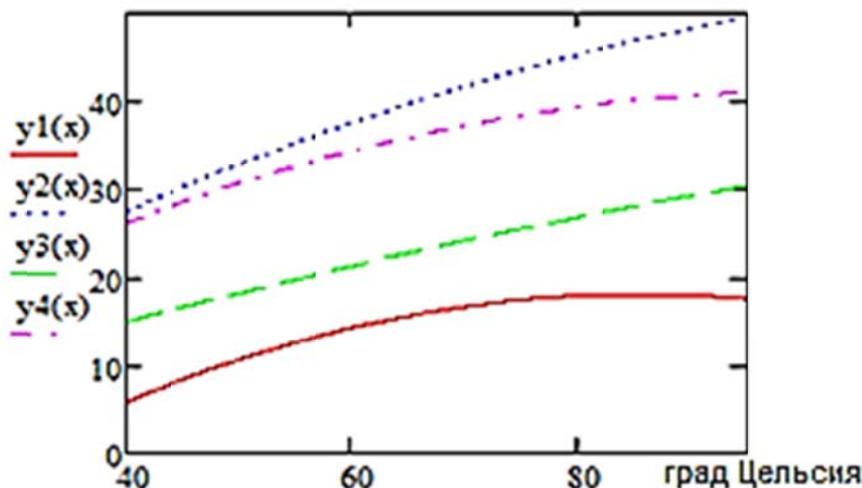
Рис. 1. Динамика потерь растворимых азотистых экстрактивных веществ в зависимости от продолжительности тепловой обработки (5, 10, 15, 20 мин) образцов филе ставриды

Fig. 1. Dynamics of the loss of soluble nitrogenous extractive substances depending on the duration of heat treatment (5, 10, 15, 20 min) of horse mackerel fillet samples

Как видно из рис. 1, продолжительность тепловой обработки образцов ставриды в 10–20 мин по сравнению с 5-минутной обработкой приводит к увеличению потери α -аминного азота в бульоне в 1,7–2,1 раза, а потери НК возрастают в 2,0–2,3 раза.

Динамику потерь растворимых азотистых экстрактивных веществ в зависимости от температуры тепловой обработки образцов филе ставриды можно проследить на рис. 2:

$$\begin{aligned}
 y_1(x) &= -0,006x^2 + 1,024x - 25,624 && \text{– потери сухих веществ, \%;} \\
 y_2(x) &= -0,003x^2 + 0,806x - 0,003 && \text{– потери массы, \%;} \\
 y_3(x) &= -0,001x^2 + 0,414x - 0,001 && \text{– потери } \alpha\text{-аминного азота, \%;} \\
 y_4(x) &= -0,006x^2 + 1,024x - 25,624 && \text{– потери нуклеиновых кислот, \%}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \frac{d}{dx}(-0,006x^2 + 1,024x - 25,624) &\rightarrow -0,012x + 1,024; \\
 \left(\frac{1,024}{0,012}\right) &= 85,333 \text{ }^\circ\text{C} \text{ – максимальная потеря сухих веществ.}
 \end{aligned}$$

Рис. 2. Изменение потерь растворимых азотистых экстрактивных веществ в зависимости от температуры тепловой обработки образцов филе ставриды
 Fig. 2. The changing in the loss of soluble nitrogenous extractives depending on the temperature of heat treatment of horse mackerel specimens

Кривая потерь сухих веществ носит явно экстремальный характер, поэтому дифференцированием соответствующего уравнения регрессии можно найти температуру, при которой эти потери максимальны.

Аналогичный прием можно использовать для сравнения скоростей увеличения изучаемых потерь при различных значениях температур. С этой целью построим графики соответствующих скоростей, полученных дифференцированием экспериментально полученных уравнений регрессии (рис. 3).

Анализ графиков (рис. 3) позволяет установить величины температур осуществления равновесных с точки зрения потерь тех или иных веществ процессов. Так, например, точка пересечения прямых 1 и 4 определяет температуру тепловой обработки с равными скоростями потерь сухих веществ и потерь НК.

Известно, что для увеличения влагоудерживающей способности и обогащения продуктов функциональными пищевыми ингредиентами в технологии комбинированных рубленых изделий из рыбы используются такие наполнители, как альгинат натрия (*Vital et al., 2018*), морская капуста (*Дубровская, 1997*), эмульсии на основе растительного масла, овощей и крупяной муки (*Иринина и др., 2017*). Указанные рекомендации не представляется возможным перенести на фарши, приготовленные из отварной рыбы, ввиду изменения их структурно-механических свойств. Кроме того, выбор круп должен основываться не только на их технологических свойствах, особенно на их связующей способности, но и на содержании нуклеиновых кислот (*Kasapis, 2009; Lago et al., 2017*). С этой целью исследовано содержание нуклеиновых кислот в следующих крупах: пшене, кукурузной муке высшего сорта, муке из круп: ячневой и рисовой, а также в вязких кашах из ячневой и рисовой круп (гидромульдуль 3, 7).

Анализ полученных данных показал, что по содержанию нуклеиновых кислот крупы можно выстроить в порядке уменьшения в следующий ряд: ячневая > рисовая > пшено > кукурузная. Для круп и муки из этой же крупы содержание нуклеиновых кислот было одинаковым.

Значительно ниже (в 5,6–5,7 раз) содержание нуклеиновых кислот в готовых кашах, чем в крупах; при этом потери при варке составили 19,9–24,3 %, что может быть объяснено частичным разрушением при длительной тепловой обработке (1 час для рисовой и 1,5–2 часа для ячневой крупы).

$$z1(x) := \frac{d}{dx}(-0,006x^2 + 1,024x - 25,624) \rightarrow -0,012x + 1,024;$$

$$z2(x) := \frac{d}{dx}(-0,003x^2 + 0,806x - 0,003) \rightarrow -0,006x + 0,806;$$

$$z3(x) := \frac{d}{dx}(-0,001x^2 + 0,414x - 0,001) \rightarrow -0,002x + 0,414;$$

$$z4(x) := \frac{d}{dx}(-0,004x^2 + 0,812x - 0,005) \rightarrow -0,008x + 0,812.$$

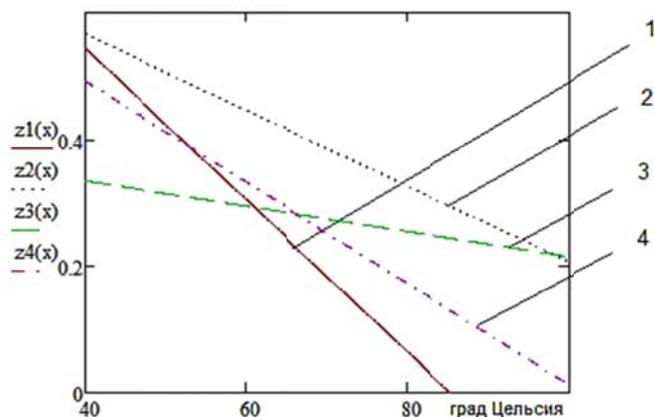


Рис. 3. Скорости изменения потерь растворимых азотистых экстрактивных веществ в зависимости от температуры тепловой обработки образцов филе ставриды:
1 – потери сухих веществ; 2 – потери массы; 3 – потери α-аминного азота в бульоне; 4 – потери НК
Fig. 3. The rate of change in the loss of soluble nitrogenous extractive substances depending on the temperature of heat treatment of the mackerel fillet samples:
1 – loss of dry substances; 2 – weight loss; 3 – loss of α-amine nitrogen in the broth; 4 – loss of NK

В последнее время появились научные обоснования рекомендаций использования овощных прорированных масс в качестве наполнителей в рыбных рубленых изделиях (Иринина и др., 2017). При этом, наряду с увеличением выхода и обогащением изделий функциональными пищевыми ингредиентами, они играют роль структурообразователей, повышая связующие и формирующие свойства полуфабрикатов и готовых изделий (Vital et al., 2018; Lago et al., 2017). Вместе с тем открытым остается вопрос об их технологических свойствах в фаршах из отварной рыбы, возможном количестве в рецептурах, равно как и их способности снижать содержание азотистых экстрактивных веществ, в том числе нуклеиновых кислот. В связи с этим было исследовано содержание нуклеиновых кислот в овощах и потери при тепловой обработке.

Объектами исследований явились: морковь, картофель, брюква, репа, свекла, капуста белокочанная, капуста цветная, лук репчатый. В результате исследования отмечены различия в содержании нуклеиновых кислот у разных овощей. Так, по их содержанию можно расположить в порядке уменьшения в следующий ряд: картофель > капуста цветная > брюква > свекла > лук репчатый > морковь (после хранения) > капуста белокочанная > репа > морковь (до хранения).

При тепловой обработке потери нуклеиновых кислот в овощах составили от 29 до 40 %. Тепловые потери нуклеиновых кислот при термообработке отчасти обусловлены механизмом разрушения клеточных структур с последующим переходом в варочную среду (Ceuppens et al., 2014).

Таким образом, при разработке диетических рационов с пониженным содержанием нуклеиновых кислот (источников пуриновых оснований) необходимо проводить предварительную варку в воде подготовленных полуфабрикатов в виде филе без кожи и костей. Целесообразно филе рыбы нарезать на куски массой 15–20 г, толщиной около 15 мм. Тепловую обработку подготовленных полуфабрикатов следует проводить в 0,5%-м растворе NaCl при температуре 75–80 °C в течение 10 мин. При данном режиме потери нуклеиновых кислот составляют около 23 %, при этом α-аминный азот экстрагируется в бульон в количестве до 35–36 мг%.

Следует отметить, что с учетом повышенного содержания пуриновых оснований в отварной рыбе в диетическом питании рекомендуется готовить комбинированные фаршевые изделия из отварной измельченной рыбы с наполнителями из круп и овощей с низким содержанием нуклеиновых кислот.

Заключение

В работе исследовано содержание азотистых экстрактивных веществ, в частности, нуклеиновых кислот, кислоторастворимой фракции в филе скумбрии и ставриде, определены потери рыбы, круп и овощей при различных режимах варки.

Установлено, что оптимальным режимом тепловой обработки с точки зрения минимального содержания нуклеиновых кислот является варка рыбы при температуре 98,2 °С в течение 10 мин при гидромодуле 4.

При приготовлении диетической кулинарной продукции из рыбы при заболеваниях, связанных с нарушением пуринового обмена, для ставриды рекомендуется использовать филе без кожи и костей.

С целью выбора оптимального технологического режима приготовления в комбинированных кулинарных изделиях рекомендуется использовать фарш из отварной рыбы. В качестве наполнителей – вязкие каши из крупы или муки из нее: ячневую или рисовую, а также овощи: морковь или репу.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

- Абрамова Ж. И., Афанасьева Ю. О., Алыпкачева М. Ш. Содержание нуклеиновых кислот в рыбных полуфабрикатах // Совершенствование техники и технологии предприятий общественного питания : сб. науч. тр. Свердловск : Урал. гос. ун-т, 1987. С. 4–6.
- Бобренева И. В. Функциональные продукты питания и их разработка : монография. СПб. : Лань, 2019. 368 с.
- Борисочкина Л. И., Гудович А. В. Производство рыбных кулинарных изделий. М. : Агропромиздат, 1989. 312 с.
- Диетология / под ред. А. Ю. Барановского. СПб. : Питер, 2012. 1024 с.
- Дубровская Т. А. Современное состояние мирового производства сурими // Обработка рыбы и морепродуктов : информ. пакет. 1997. № 5. С. 7–14.
- Ирина О. И., Куткина М. Н., Елисеева С. А. Функционально-технологическая характеристика рецептурных компонентов комбинированных формованных продуктов из маложирных рыб // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. Т. 1(55), Ч. 4. С. 69–72. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.55.166>.
- Покровский А. А. Метаболические аспекты фармакологии и токсикологии пищи. М. : Медицина, 1979. 183 с.
- Райбулов С. П., Шокина Ю. В., Дунец В. В., Остаркова П. А. Разработка рецептуры и технологии фаршевых консервов специализированного назначения из недоиспользуемого объекта промысла Северного бассейна – ската звездчатого // Вестник МГТУ. 2016. Т. 19, № 3. С. 645–656. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2016-3-645-656>.
- Смолянский Б. Л., Абрамова Ж. И. Справочник по лечебному питанию для диетсестер и поваров. М. : Медицина, 1984. 304 с.
- Смолянский Б. Л., Лифляндский В. Г. Диетология. Новейший справочник для врачей. М. : Эксмо ; СПб. : Сова, 2003. 816 с.
- Спирин А. С., Киселев Н. А., Шакулов Р. С., Богданов А. А. Изучение структуры рибосом: Обратимое разворачивание рибосомных частиц в рибонуклеопротеидные тязи и модель укладки // Биохимия. 1963. Т. 28. С. 920–930.
- Химический состав российских пищевых продуктов : справочник / под ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна. М. : ДеЛи принт, 2002. 235 с.
- Хорошилов И. Е. Клиническое питание и нутриционная поддержка. СПб. : ЭЛБИ-СПб, 2018. 192 с.
- Alekseev G. V., Eliseeva S. A., Sergacheva E. S. Rheological characteristics of modified paste from salmon and low valued breeds of fishes // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 753, Chap. 6. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/753/7/072001>.
- Bacha U., Nasir M., Ali M. A., Muhammad J. [et al.]. Nucleotides supplementation improves various function of the body // Journal of Animal Health and Production. 2013. Vol. 1, Iss. 1. P. 1–5.
- Barankiewicz J., Cohen A. Purine nucleotide metabolism in phytohemagglutinin-induced human T lymphocytes // Archives of Biochemistry and Biophysics. 1987. Vol. 258, Iss. 1. P. 167–175. DOI: [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(87\)90333-X](https://doi.org/10.1016/0003-9861(87)90333-X).
- Bazarnova J., Timoshenkova I., Eliseeva S., Nesselova S. [et al.]. Recycling of secondary salmon fish processing waste // Journal of Hygienic Engineering and Design. 2020. Vol. 32. P. 69–73.
- Ceuppens S., Li D., Uyttendaele M., Renault P. [et al.]. Molecular methods in food safety microbiology: Interpretation and implications of nucleic acid detection // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2014. Vol. 13, Iss. 4. P. 551–577. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12072>.

- Choi H. K., Ford E. S., Li C., Curhan G. Prevalence of the metabolic syndrome in patients with gout: the Third National Health and Nutrition Examination Survey // *Arthritis Care & Research*. 2007. Vol. 57, Iss. 1. P. 109–115. DOI: <https://doi.org/10.1002/art.22466>.
- Choi H. K., De Vera M. A., Krishnan E. Gout and the risk of type 2 diabetes among men with a high cardiovascular risk profile // *Rheumatology*. 2008. Vol. 47, Iss. 10. P. 1567–1570. DOI: <https://doi.org/10.1093/rheumatology/ken305>.
- Grygiel-Górnica B., Puszczewicz M. Diet in hyperuricemia and gout – myths and facts // *Reumatologia/Rheumatology*. 2014. Vol. 52, Iss. 4. P. 269–279. DOI: <https://doi.org/10.5114/reum.2014.44707>.
- Kanbara A., Hakoda M., Seyama I. Urine alkalization facilitates uric acid excretion // *Nutrition Journal*. 2010. Vol. 9, Iss. 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/1475-2891-9-45>.
- Kasapis S. Developing minced fish products of improved eating quality: An interplay of instrumental and sensory texture // *International Journal of Food Properties*. 2009. Vol. 12, Iss. 1. P. 11–26. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942910802252171>.
- Krishnan E., Svendsen K., Neaton J. D., Grandits G. [et al.]. Long-term cardiovascular mortality among middle-aged men with gout // *Archives of Internal Medicine*. 2008. Vol. 168, Iss. 10. P. 1104–1110. DOI: <https://doi:10.1001/archinte.168.10.1104>.
- Lago A. M. T., Vidal A. C. C., Schiassi M. C. E. V., Reis T. [et al.]. Influence of the addition of minced fish on the preparation of fish sausage: Effects on sensory properties // *Journal of Food Science*. 2017. Vol. 82, Iss. 2. P. 492–499. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13586>.
- Liu G., Liang Y., Li C., Zeng Z. [et al.]. Investigation and control of biogenic amines in marine pelagic fishes products // *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*. 2019. Vol. 19, Iss. 8. P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.16429/j.1009-7848.2019.08.001>.
- Meyer R. Infant feed first year 1: Feeding practices in the first six months of life // *Journal of Family Health Care*. 2009. Vol. 19, Iss. 1. P. 13–16.
- Ragab G., Elshahaly M., Bardin T. Gout: An old disease in new perspective – A review // *Journal of Advanced Research*. 2017. Vol. 8, Iss. 5. P. 495–511. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jare.2017.04.008>.
- Vital A. C. P., Guerrero A., Ornaghi M. G., Kempinski E. M. B. C. [et al.]. Quality and sensory acceptability of fish fillet (*Oreochromis niloticus*) with alginate-based coating containing essential oils // *Journal of Food Science and Technology*. 2018. Vol. 55, Iss. 12. P. 4945–4955. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3429-y>.
- Wu B., Roseland J. M., Haytowitz D. B., Pehrsson P. R. [et al.]. Availability and quality of published data on the purine content of foods, alcoholic beverages, and dietary supplements // *Journal of Food Composition and Analysis*. 2019. Vol. 84. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103281>.
- Zhu Y., Pandya B. J., Choi H. K. Prevalence of gout and hyperuricemia in the US general population: the National Health and Nutrition Examination Survey 2007–2008 // *Arthritis & Rheumatism*. 2011. Vol. 63, Iss. 10. P. 3136–3141. DOI: <https://doi.org/10.1002/art.30520>.

References

- Abramova, Zh. I., Afanasyeva, Yu. O., Alypkacheva, M. Sh. 1987. The content of nucleic acids in fish semi-finished products. Scientific publication: Improvement of equipment and technology of public catering enterprises. Sverdlovsk. (In Russ.)
- Bobreneva, I. V. 2019. Functional food products and their development. Monograph. Saint Petersburg. (In Russ.)
- Borisochkina, L. I., Gudovich, A. V. 1989. Production of fish culinary products. Moscow. (In Russ.)
- Dietetics. 2012. Ed. Baranovsky A. Yu. St. Petersburg. (In Russ.)
- Dubrovskaya, T. M. 1997. The current state of the world surimi production. *Obrabotka ryby i moreproduktov : inform. paket*, 5, pp. 7–14. (In Russ.)
- Irinina, O. I., Kutkina, M. N., Eliseeva, S. A. 2017. Functional and technological characteristics of recipe components of combined molded products from low-fat fish. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*, 1(55). Part 4, pp. 69–72. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.55.166>. (In Russ.)
- Pokrovsky, A. A. 1979. Metabolic aspects of pharmacology and toxicology of food. Moscow. (In Russ.)
- Raibulov, S., Shokina, Yu., Dunec, V., Ostarkova, P. 2016. Recipe and technology development for minced canned products of special purpose based on the underutilized North region fishery object (thorny skate). *Vestnik of MSTU*, 19(3), pp. 645–656. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2016-3-645-656>. (In Russ.)
- Smolyansky, B. L., Abramova, Zh. I. 1984. A guide to nutritional therapy for dieters and cooks. Moscow. (In Russ.)
- Smolyansky, B. L., Lifyandsky, V. G. 2003. Dietetics. The newest reference book for doctors. Moscow; St. Petersburg. (In Russ.)
- Spirin, A. S., Kiselev, N. A., Shakulov, R. S., Bogdanov, A. A. 1963. Study of the structure of ribosomes: Reversible unfolding of ribosomal particles into ribonucleoprotein strands and a folding model. *Biokhimiya*, 28, pp. 920–930. (In Russ.)

- The chemical composition of Russian food products. Guide. 2002. Eds. Skurikhin I. M., Tutelian V. A. Moscow. (In Russ.)
- Khoroshilov, I. E. 2018. Clinical nutrition and nutritional support. Saint Petersburg. (In Russ.)
- Alekseev, G. V., Eliseeva, S. A., Sergacheva, E. S. 2020. Rheological characteristics of modified paste from salmon and low valued breeds of fishes. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 753, Chap. 6. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/753/7/072001>.
- Bacha, U., Nasir, M., Ali, M. A., Muhammad, J. et al. 2013. Nucleotides supplementation improves various function of the body. *Journal of Animal Health and Production*, 1(1), pp. 1–5.
- Barankiewicz, J., Cohen, A. 1987. Purine nucleotide metabolism in phytohemagglutinin-induced human T lymphocytes. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 258(1), pp. 167–175. DOI: [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(87\)90333-X](https://doi.org/10.1016/0003-9861(87)90333-X).
- Bazarnova, J., Timoshenkova, I., Eliseeva, S., Nesmelova, S. et al. 2020. Recycling of secondary salmon fish processing waste. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 32, pp. 69–73.
- Ceuppens, S., Li, D., Uyttendaele, M., Renault, P. et al. 2014. Molecular methods in food safety microbiology: Interpretation and implications of nucleic acid detection. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4), pp. 551–577. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12072>.
- Choi, H. K., Ford, E. S., Li, C., Curhan, G. 2007. Prevalence of the metabolic syndrome in patients with gout: the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Arthritis Care & Research*, 57(1), pp. 109–115. DOI: <https://doi.org/10.1002/art.22466>.
- Choi, H. K., De Vera, M. A., Krishnan, E. 2008. Gout and the risk of type 2 diabetes among men with a high cardiovascular risk profile. *Rheumatology*, 47(10), pp. 1567–1570. DOI: <https://doi.org/10.1093/rheumatology/ken305>.
- Grygiel-Górniak, B., Puszczewicz, M. 2014. Diet in hyperuricemia and gout – myths and facts. *Reumatologia/Rheumatology*, 52(4), pp. 269–279. DOI: <https://doi.org/10.5114/reum.2014.44707>.
- Kanbara, A., Hakoda, M., Seyama, I. 2010. Urine alkalization facilitates uric acid excretion. *Nutrition Journal*, 9(1). DOI: <https://doi.org/10.1186/1475-2891-9-45>.
- Kasapis, S. 2009. Developing minced fish products of improved eating quality: An interplay of instrumental and sensory texture. *International Journal of Food Properties*, 12(1), pp. 11–26. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942910802252171>.
- Krishnan, E., Svendsen, K., Neaton, J. D., Grandits, G. et al. 2008. Long-term cardiovascular mortality among middle-aged men with gout. *Archives of Internal Medicine*, 168(10), pp. 1104–1110. DOI: <https://doi.org/10.1001/archinte.168.10.1104>.
- Lago, A. M. T., Vidal, A. C. C., Schiassi, M. C. E. V., Reis, T. et al. 2017. Influence of the addition of minced fish on the preparation of fish sausage: Effects on sensory properties. *Journal of Food Science*, 82(2), pp. 492–499. DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13586>.
- Liu, G., Liang, Y., L, C., Zeng, Z. et al. 2019. Investigation and control of biogenic amines in marine pelagic fishes products. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 19(8), pp. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.16429/j.1009-7848.2019.08.001>.
- Meyer, R. 2009. Infant feed first year 1: Feeding practices in the first six months of life. *Journal of Family Health Care*, 19(1), pp. 13–16.
- Ragab, G., Elshahaly, M., Bardin, T. 2017. Gout: An old disease in new perspective – A review. *Journal of Advanced Research*, 8(5), pp. 495–511. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jare.2017.04.008>.
- Vital, A. C. P., Guerrero, A., Ornaghi, M. G., Kempinski, E. M. B. C. et al. 2018. Quality and sensory acceptability of fish fillet (*Oreochromis niloticus*) with alginate-based coating containing essential oils. *Journal of Food Science and Technology*, 55(12), pp. 4945–4955. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3429-y>.
- Wu, B., Roseland, J. M., Haytowitz, D. B., Pehrsson, P. R. et al. 2019. Availability and quality of published data on the purine content of foods, alcoholic beverages, and dietary supplements. *Journal of Food Composition and Analysis*, 84. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103281>.
- Zhu, Y., Pandya, B. J., Choi, H. K. 2011. Prevalence of gout and hyperuricemia in the US general population: the National Health and Nutrition Examination Survey 2007–2008. *Arthritis & Rheumatism*, 63(10), pp. 3136–3141. DOI: <https://doi.org/10.1002/art.30520>.

Сведения об авторах

Алексеев Геннадий Валентинович – пр. Кронверкский, 49, г. Санкт-Петербург, Россия, 197101; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, д-р техн. наук, профессор; e-mail: gva2003@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2867-108X>

Gennadii V. Alekseev – 49 Kronverksky Ave., St. Petersburg, Russia, 197101; National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Dr Sci. (Engineering), Professor; e-mail: gva2003@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2867-108X>

Елисева Светлана Анатольевна – ул. Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, Россия, 195251; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, канд. техн. наук, доцент; e-mail: eliseeva_sa@spbstu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1051-4016>

Svetlana A. Eliseeva – 29 Polytechnicheskaya Str., St. Petersburg, Russia, 195251; Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor; e-mail: eliseeva_sa@spbstu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1051-4016>

Смоленцева Алла Алексеевна – ул. Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, Россия, 195251; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, канд. техн. наук, доцент; e-mail: smolentseva_aa@spbstu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1603-6150>

Alla A. Smjlentceva – 29 Polytechnicheskaya Str., St. Petersburg, Russia, 195251; Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor; e-mail: smolentseva_aa@spbstu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1603-6150>