

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-242-251>
УДК 664.69

Оригинальная статья
<http://fptt.ru/>

Содержание селена в макаронных изделиях на основе полбяной и гречневой муки, а также овощных порошков

О. Ф. Фазуллина*, С. М. Пономарева, С. О. Смирнов, Л. И. Семенова



ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН,
142718, Россия, Московская область, Ленинский район,
пос. Измайлово, 22

Дата поступления в редакцию: 27.03.2020
Дата принятия в печать: 29.05.2020

*e-mail: olfazullina@yandex.ru



© О. Ф. Фазуллина, С. М. Пономарева, С. О. Смирнов, Л. И. Семенова, 2020

Аннотация.

Введение. Селен относится к микроэлементам, который участвует в работе антиоксидантной системы защиты организма человека и обладает иммуномодулирующим действием. В организме человека селен входит в состав 30 биологически активных соединений. Дефицит селена считается глобальной проблемой. Целью данного исследования являлось определение содержания селена в разработанных макаронных изделиях.

Объекты и методы исследования. Лабораторные образцы макаронных изделий из смеси цельнозерновой полбяной муки с добавлением гречневой муки и порошков низкотемпературной сушки брокколи и сельдерея. Определение содержания селена выполнено методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией с модификатором матрицы палладий азотнокислый на атомно-абсорбционном спектрофотометре Hitachi 180-80. Определение содержания селена выполнено после мокрой минерализации образцов в азотной и хлорной кислотах с добавлением перекиси водорода и этанола для перевода селена из неорганических и органических форм в селенит-ион.

Результаты и их обсуждение. Установлено, что применяемые компоненты являются богатым источником селена. Поэтому их можно использовать в рецептурах продуктов с функциональной направленностью. Содержание селена в образцах составило от $105,7 \pm 22$ мкг/кг до $302,5 \pm 17$ мкг/кг. С учетом потерь селена при варке макаронных изделий содержание селена в 100 г продукта составило 13,5–38,5 %.

Выводы. Разработанные макаронные изделия являются источниками селена. Использование гречневой муки и овощных порошков в рецептуре макаронного теста из цельнозерновой полбяной муки повысило содержание селена в макаронных изделиях на 40,7–186,2 %. Полученные в данном исследовании результаты могут использоваться для таблиц химического состава российских продуктов питания.

Ключевые слова. Селен, макаронные изделия, полба, гречка, сельдерей, брокколи

Финансирование. Исследование выполнено в рамках Программы Фундаментальных научных исследований государственных академий наук (тема № 0529-2019-0065 «Разработка и оценка эффективности новых инновационных пищевых концентратов и продуктов диетического профилактического питания для спецконтингентов»).

Для цитирования: Содержание селена в макаронных изделиях на основе полбяной и гречневой муки, а также овощных порошков / О. Ф. Фазуллина, С. М. Пономарева, С. О. Смирнов [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 242–251. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-242-251>.

Original article

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

Selenium Content in Spelt, Buckwheat, and Vegetable Pasta

O.F. Fazullina*, S.M. Ponomareva, S.O. Smirnov, L.I. Semenova

V.M. Gorbatov Research Center for Food Systems
of Russian Academy of Sciences,

22, Izmailovo settlement, Leninsky district, Moscow region, 142718, Russia

Received: March 27, 2020
Accepted: May 29, 2020

*e-mail: olfazullina@yandex.ru



© O.F. Fazullina, S.M. Ponomareva, S.O. Smirnov, L.I. Semenova, 2020

Abstract.

Introduction. As a trace element, selenium is present in humans as part of selenoproteins. It improves the work of the antioxidant defense system and produces a strong immunomodulatory effect. Selenium is part of about 30 biologically active compounds of human body. However, selenium deficiency is considered a global problem. The research objective was to determine the selenium content in the developed pasta products.

Study objects and methods. The study featured laboratory samples of pasta made from a mix of whole wheat spelt flour, buckwheat, and low-temperature drying powders of broccoli and celery. The selenium content was determined by atomic absorption spectroscopy with electrothermal atomization with a palladium nitric acid matrix modifier. The experiment employed a Hitachi 180-80 atomic absorption spectrophotometer. To determine the selenium content, the samples underwent wet mineralization in nitric and perchloric acids. Adding hydrogen peroxide and ethanol made it possible to convert selenium from inorganic and organic forms into selenite ions.

Results and discussion. The research involved domestic natural raw materials. The components proved to be good sources of selenium, which means that they can be used to produce functional products. The selenium content ranged from 105.7 ± 22 mkg/kg to 302.5 ± 17 mkg/kg in the samples. Taking into account the loss of selenium during cooking, the selenium content in 100 g of the finished product ranged from 13.5% to 38.5 %.

Conclusion. The developed pasta products proved excellent sources of selenium. The use of buckwheat flour and vegetable powders in the formulation of wholegrain spelt dough increased the selenium content in the pasta by 40.7–186.2 %. The obtained results can be used for tables of the chemical composition of Russian food products.

Keywords. Selenium, pasta, spelt, buckwheat, celery, broccoli

Funding. The present research was part of the Fundamental Scientific Research Program of the State Academies of Sciences, research topic No. 0529-2019-0065 “Development and evaluation of the effectiveness of new innovative food concentrates and dietary preventive nutrition products for prison population”.

For citation: Fazullina OF, Ponomareva SM, Smirnov SO, Semenova LI. Selenium Content in Spelt, Buckwheat, and Vegetable Pasta. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(2):242–251. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-242-251>.

Введение

Питание человека определяет показатели его здоровья и качество жизни в целом. Для обеспечения населения качественными пищевыми продуктами приняты меры на государственном уровне. Они направлены на улучшение структуры потребления продуктов питания и расширение ассортимента продуктов массового потребления с повышенной пищевой и биологической ценностью в целях преодоления дефицита основных пищевых веществ и соответствия современным требованиям здорового питания.

«Рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания» предлагают состав рациона питания населения РФ. В него должны включаться продукты, обеспечивающие поступление в организм необходимых пищевых веществ, в соответствии с рекомендуемыми нормами потребления, в целях укрепления здоровья населения и профилактики дефицитных по нутриентам состояний.

Структура потребления продуктов питания населением России за последнее двадцатилетие изменилась: увеличилось потребление всех продуктов питания. Исключение составили картофель и хлебопродукты (рис. 1) [1].

Учитывая данные анализа (рис. 1), потребление хлебопродуктов, картофеля и сахара за все периоды превышало рекомендуемые нормы [1].

Рацион питания населения состоит из хлебобулочных и кондитерских изделий, несмотря на достаточное количество молочных продуктов, морепродуктов, овощей и фруктов [1, 2]. Исследования доказали, что пищевые привычки связаны с культурой питания населения [1, 2]. Поэтому необходимо повышение уровня



Рисунок 1. Динамика потребления продуктов питания населением России [1]

Figure 1. Dynamics of food consumption in Russia [1]

осведомленности населения о правильном питании. Выбор в пользу здоровой пищи способствует профилактике алиментарно-зависимых заболеваний и укреплению здоровья населения [3–5].

Изучение пищевого статуса населения Российской Федерации показывает избыточность простых углеводов, низкую обеспеченность витаминами, минеральными веществами и антиоксидантами [1, 2]. Такое питание увеличивает риски развития социально значимых заболеваний, таких как сердечно-сосудистые и онкологические, сахарный диабет, метаболический синдром, избыточную массу тела и ожирение [3, 4].

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) число людей с избыточной массой тела и ожирением постоянно растет во всех возрастных группах населения всех стран. В развивающихся странах эти показатели на 30 % выше, чем в развитых странах. Наблюдается устойчивая тенденция к увеличению численности населения с избыточной массой тела и ожирением [6].

Ожирение увеличивает частоту возникновения таких заболеваний, как атеросклероз, диабет, гипертония, и усугубляет течение имеющихся заболеваний. Повышенный уровень системного окислительного стресса, который наблюдается при ожирении, способствует развитию связанных с ожирением заболеваний. Ожирение характеризуется состоянием хронического воспаления, которое ассоциируется с анемией при хронических заболеваниях [6]. Недостаточный селеновый статус ухудшает функциональность железа в организме и увеличивает риски развития анемии [6, 7]. Из-за системного окислительного стресса и хронического воспаления при ожирении увеличивается потребность организма в антиоксидантах, таких как селен (Se).

Биологическая активность селена связана с селензависимыми белками и их участием в окислительно-восстановительных реакциях. Глутатион-пероксидаза выполняет основную защитную функцию при возникновении оксидантного стресса. Исследования показали, что селенопротеины могут способствовать уменьшению воспаления в жировой ткани [7, 8].

Избыточное свободнорадикальное окисление в организме человека является причиной многих заболеваний, поэтому важно достаточное содержание антиоксидантов в продуктах питания. Однако в многочисленных исследованиях показано, что в продуктах питания наблюдается выраженная недостаточность антиоксидантов [1–3, 6]. Именно такая ситуация сложилась с одним из основных компонентов системы антиоксидантной защиты – эссенциальным микроэлементом селеном. По данным исследований «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», обеспеченность этим микроэлементом у более 80 % населения РФ ниже оптимального уровня (рис. 2) [9].



Рисунок 2. Зарегистрированные случаи селенодефицита в России [9]

Figure 2. Reported cases of selenium deficiency in Russia [9]

Как видно из рисунка 2, селенодефицит характерен для многих регионов России.

Изучением влияния форм селена и его оптимальных доз на состояние здоровья населения занимаются российские и зарубежные ученые [9–18]. Дефицит селена считается глобальной проблемой [19].

Селен относится к микроэлементам, которые определяются в микродозах в составе селенопротеинов всех организмов. Селен участвует в работе антиоксидантной системы и обладает иммуномодулирующим действием [7–9, 20–22]. В организме человека селен входит в состав порядка 30 биологически активных соединений (ферменты антиоксидантной системы, гормоны, липиды), участвует в метаболизме нуклеиновых кислот и регуляции действия тиреоидных гормонов [7–9]. Селен имеет важное значение для нормальной работы иммунной и антиоксидантной систем организма, защищающих от неблагоприятного воздействия окружающей среды, т. к. является необходимым компонентом системы, регулирующей количество свободных радикалов, которые образуются в организме физиологически, а также в результате патологических процессов [9, 23].

Очевидно, что дефицит селена вызовет нарушение работы антиоксидантной системы и повреждение клеток организма свободными радикалами. Недостаточность селена может провоцировать патологию разных органов и систем, вызывать злокачественные заболевания [9, 23, 24]. Дефицит Se приводит к болезни Кашина-Бека (остеоартроз с множественной деформацией суставов, позвоночника и конечностей), болезни Кешана (эндемическая миокардиопатия), анемии, наследственной тромбастении [9, 25].

Уровень среднесуточного потребления селена населением разных стран отличается и может быть от 10 мкг/день в селенодефицитных районах до

Таблица 1. Уровни среднесуточного потребления населением селена в ряде стран [9, 17, 20, 26]

Table 1. Average daily consumption of selenium in various countries [9, 17, 20, 26]

Страна	Среднесуточное потребление селена, мкг/сут
Китай	7–4990
Новая Зеландия	30–80
Финляндия	30–100
Россия	54–80
Великобритания	50–120
Германия	60–150
США	60–220
Канада	80–224
Венесуэла	200–350
Испания	38–112

почти 5000 мкг/день в районах с зарегистрированным селенозом (табл. 1) [9, 17, 20, 26].

Анализируя данные таблицы 1, можно отметить значительные различия в показателях среднесуточного потребления селена населением каждой из стран – от селенодефицита до выраженного селеноза. Специалисты объясняют такую картину геохимической неоднородностью территорий, а также антропогенными причинами [9, 17, 20, 26].

В России средние уровни потребления селена составляют 28–110 мкг/сут. Установленные уровни потребности 30–75 мкг/сут. Верхний допустимый уровень потребления 300 мкг/сут. Избыточность селена так же опасна, как и его дефицит. Превышение уровня потребления селена может вызвать отравление. Доза 900 мкг/сут определена как токсичная. Физиологическая потребность для взрослых – 55 мкг/сут для женщин и 70 мкг/сут для мужчин. По рекомендациям ВОЗ среднесуточная потребность в селене составляет 70–100 мкг. Это согласуется с российскими методическими рекомендациями МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации», в которых указано количество потребления селена – 55–70 мкг/сут.

Программы профилактики селенодефицита у населения в регионах с низкой естественной концентрацией селена (Китай, Новая Зеландия, Финляндия) путем обогащения продуктов питания доказывает необходимость мониторинга содержания селена в продуктах питания массового потребления. Доведение содержания селена до достаточного уровня улучшило показатели здоровья населения этих стран, снизив заболеваемость и смертность от сердечно-сосудистых, онкологических и эндокринных заболеваний [9, 13–15, 17, 19, 20, 26].

Учитывая биологически значимую роль макро- и микроэлементов в обеспечении нормальной жизнедеятельности живых организмов, исследования

химического состава пищевых продуктов имеет большое значение [3, 10]. Устранение дефицита эссенциальных элементов, в том числе селена, в продуктах питания возможно с помощью использования экологически безопасных нетрадиционных видов растительного сырья в производстве традиционных продуктов массового потребления. Такое сырье позволит обогатить продукцию необходимыми нутриентами, в соответствии с уровнями физиологических потребностей организма, что является актуальной задачей для всех стран. Исследования в этом направлении проводятся как в России, так и за рубежом [3–5, 10, 11, 27–32].

Разработка и производство сбалансированных по химическому составу продуктов питания с оптимальной калорийностью, повышенным содержанием белка, пищевых волокон, минеральных веществ, витаминов, полифенолов и других физиологически активных веществ, удобных в использовании и имеющих диетическое лечебное и диетическое профилактическое назначение, является перспективным направлением в пищевой промышленности [3, 5, 11, 33]. Производство продуктов массового потребления с использованием нетрадиционного растительного сырья в качестве обогащающей добавки или основного сырья поможет значительно улучшить пищевую и биологическую ценность продуктов питания и решить проблему дефицита по ряду нутриентов, в том числе селена.

Макаронные изделия относятся к одним из наиболее популярных продуктов питания у населения. Они удобны в использовании, имеют большой срок хранения и могут сочетаться с другими продуктами [33]. Сотрудниками НИИ ПП и СПТ – филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи» разработаны макаронные изделия из цельнозерновой полбяной муки с добавлением гречневой муки и овощных порошков для диетического лечебного и диетического профилактического питания при избыточной массе тела или ожирении, а также для широкого круга потребителей [34]. Исследования данных качества сухих макаронных изделий показали содержание в 100 г продукта 14,5–17,6% от суточной потребности белка и 38,9–41,7% от суточной потребности пищевых волокон. Они позволяют отнести макаронные изделия к группе функциональных продуктов, являющихся источниками белка и пищевых волокон [35]. Учитывая, что продукты разрабатывались для диетического лечебного и диетического профилактического питания при избыточной массе тела или ожирении, было запланировано исследование содержания в них селена как эссенциального микроэлемента с высокой физиологической значимостью.

Таким образом, целью работы являлось определение содержания селена в образцах

Таблица 2. Рецептурный состав лабораторных образцов макаронных изделий

Table 2. Formulation for laboratory pasta samples

№	Рецептурный состав, г/100 г
1	Мука цельнозерновая полбяная – 94, соевая клетчатка – 3, яичный порошок – 3
2	Мука цельнозерновая полбяная – 60, мука гречневая – 34, соевая клетчатка – 3, яичный порошок – 3
3	Мука цельнозерновая полбяная – 88, порошок брокколи – 6, соевая клетчатка – 3, яичный порошок – 3
4	Мука цельнозерновая полбяная – 88, порошок сельдерея – 6, соевая клетчатка – 3, яичный порошок – 3

разработанных продуктов для диетического лечебного и диетического профилактического питания при избыточной массе тела или ожирении – макаронных изделий из цельнозерновой полбяной муки с добавлением гречневой муки и овощных порошков (брокколи и сельдерея).

Объекты и методы исследования

Исследовали содержание селена в лабораторных образцах макаронных изделий. В работе использовались мука полбяная цельнозерновая (ООО «Гарнец», Россия, по ТУ 9293-014-89751414-11), мука гречневая (ООО «Гарнец», Россия, по ТУ 9293-002-43175543-03), овощные порошки (брокколи, сельдерея) низкотемпературной сушки («GreenFood Organic», Россия), соевая клетчатка (Россия), яичный порошок (Россия), лабораторные образцы макаронных изделий.

Исследования выполнены в лаборатории качества пищевых продуктов и аналитических методов исследования НИИ ПП и СПТ – филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи». Лабораторные образцы макаронных изделий изготовлены на лабораторном макаронном прессе Sandore (модель Sandorina, Италия) по традиционной

технологии. Состав разработанных макаронных изделий представлен в таблице 2.

Определение содержания селена в образцах выполняли методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией с модификатором матрицы палладий азотнокислый на атомно-абсорбционном спектрофотометре Hitachi 180-80 по ГОСТ Р 56372-2015. Определение содержания селена выполнено после мокрой минерализации образцов в азотной и хлорной кислотах с добавлением перекиси водорода и этанола для перевода селена из неорганических и органических форм в селенит-ион. Анализы проведены в трехкратной повторности.

Результаты и их обсуждение

Исследовали четыре образца макаронных изделий из цельнозерновой полбяной муки с добавлением гречневой муки и овощных порошков. Образцы макаронных изделий для исследований изготовлены на лабораторном макаронном прессе Sandore (модель Sandorina, Италия) по традиционной технологии (рис. 3).

В результате проведенных исследований получены данные о содержании селена в образцах (табл. 3). Обеспечение суточной потребности в селене при употреблении порции макаронных изделий (100 г) рассчитано с учетом потерь селена при варке 30 % [36, 37].

Согласно полученным данным (табл. 3) в образце № 1 из цельнозерновой полбяной муки содержится минимальное количество селена – $105,7 \pm 22$ мкг/кг. Максимальное содержание селена определено в образце № 2 из смеси муки цельнозерновой полбяной и гречневой – $302,5 \pm 17$ мкг/кг, что на 186,2 % или почти в три раза превышает значения содержания селена в изделиях с использованием только муки цельнозерновой полбяной. На результаты повлияло высокое содержание селена в гречневой муке.



Рисунок 3. Лабораторные образцы 1–4 макаронных изделий

Figure 3. Pasta laboratory samples 1–4

Таблица 3. Содержание селена в образцах

Table 3. Selenium content in samples

№ п/п	Исследуемые образцы	Содержание селена, мкг/кг	Обеспечение суточной потребности при употреблении порции 100 г, %
1	Макаронные изделия из муки цельнозерновой полбяной	105,7 ± 22	13,5
2	Макаронные изделия из муки цельнозерновой полбяной и гречневой	302,5 ± 17	38,5
3	Макаронные изделия из муки цельнозерновой полбяной и брокколи	194,1 ± 21	24,7
4	Макаронные изделия из муки цельнозерновой полбяной и сельдерея	148,7 ± 15	18,9

Добавление в макаронное тесто овощных порошков (брокколи и сельдерея) оказало существенное влияние на содержание селена. В сравнении с образцом № 1 при добавлении порошка брокколи содержание селена увеличилось на 83,6 %, при добавлении порошка сельдерея – на 40,7 %.

Таким образом, все добавки (гречневая мука и овощные порошки) оказали значительное влияние на содержание селена в макаронных изделиях из цельнозерновой полбяной муки, увеличив показатели на 40,7–186,2 %.

Порядка 30 % селена теряется при варке макаронных изделий [36, 37]. С учетом потерь потребление порции разработанных макаронных изделий (100 г) обеспечивает суточную потребность в Se на 13,5–38,5 %. Это позволяет отнести разработанный продукт к функциональным продуктам как источник селена.

Выводы

Зерновые культуры являются одними из основных источников селена. Пищевая продукция на основе зерновых относится к наиболее потребляемой во всем мире.

Расширение ассортимента продуктов массового потребления с повышенной пищевой и биологической ценностью, в том числе с использованием нетрадиционных видов сырья, является актуальной задачей, решение которой будет способствовать преодолению дефицита нутриентов и улучшению показателей здоровья населения. В этой связи исследование содержания селена в разработанных функциональных продуктах для диетического лечебного и диетического профилактического питания при избыточной массе тела или ожирении являлось важным и запланированным этапом.

Для изучения содержания селена исследованы образцы макаронных изделий, изготовленные из натурального сырья отечественного производства. Разработанные макаронные изделия в разной мере являются источниками селена, что позволяет отнести их к функциональным продуктам питания. Использование дополнительно гречневой муки и овощных порошков в рецептуре макаронного теста

повысило содержание селена в сухих макаронных изделиях на 40,7–186,2 %. С учетом потерь селена при варке макаронных изделий содержание Se в 100 г продукта составило 13,5–38,5 %. Полученные значения содержания селена соответствуют отечественным методическим рекомендациям МР 2.3.1.2432-08 и рекомендациям ВОЗ о потреблении этого эссенциального микроэлемента.

Полученные в данном исследовании результаты могут использоваться для таблиц химического состава российских продуктов питания.

Исследования по теме НИР будут продолжены.

Критерии авторства

Все авторы внесли равный вклад в исследование и несут равную ответственность за информацию, опубликованную в данной статье.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность руководителю Центра реологии пищевых сред НИИ хлебопекарной промышленности, д.т.н., профессору В. Я. Черных и зав. лабораторией С. А. Смирновой за помощь в проведении исследований.

Contribution

All the authors contributed equally to the study and bear equal responsibility for information published in this article.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Acknowledgments

The authors are grateful to Professor V. Ya. Chernykh, Doctor of Technical Sciences, Head of the Center for Food Rheology, Scientific Research Institute of the Bakery Industry, and S. A. Smirnova, Head of the Laboratory, for their assistance in conducting research.

Список литературы

1. Ярыгина, Л. В. Статистический анализ потребления продуктов питания населением России / Л. В. Ярыгина // Социальные и экономические системы. – 2019. – Т. 12, № 6. – С. 123–136.
2. Литвинова, О. С. Структура питания населения Российской Федерации. Гигиеническая оценка / О. С. Литвинова // Здоровье населения и среда обитания. – 2016. – Т. 278, № 5. – С. 11–14.
3. Specialised hypocholesteremic foods: Ingredients, technology, effects / V. M. Vorobyeva, I. S. Vorobyeva, A. A. Kochetkova [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2020. – Vol. 8, № 1. – P. 20–29. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2020-1-20-29>.
4. Разработка рецептуры и медико-биологическая оценка хлебобулочных изделий с добавкой нетрадиционного растительного сырья / В. С. Куценкова, Н. В. Неповинных, Н. П. Лямина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 23–31. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-23-31>.
5. Разработка хлебопекарных композитных смесей для здорового питания / Е. В. Невская, И. А. Тюрина, О. Е. Тюрина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 531–544. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-531-544>.
6. Дворецкий, Л. И. Ожирение и железодефицит. Еще одна коморбидность? / Л. И. Дворецкий, О. В. Ивлева // Архив внутренней медицины. – 2015. – Т. 25, № 5. – С. 9–16.
7. Relationship between selenium and hematological markers in young adults with normal weight or overweight/obesity / D. Y. Larvie, J. L. Doherty, G. L. Donati [et al.] // Antioxidants. – 2019. – Vol. 8, № 10. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox8100463>.
8. Hariharan, S. Selenium and selenoproteins: it's role in regulation of inflammation / S. Hariharan, S. Dharmaraj // Inflammopharmacology. – 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10787-020-00690-x>.
9. Голубкина, Н. А. Внутрорегиональная вариабельность селенового статуса населения / Н. А. Голубкина, А. В. Синдирева, В. Ф. Зайцев // Юг России: экология, развитие. – 2017. – Т. 12, № 1. – С. 107–127. DOI: <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2017-1-107-127>.
10. Содержание селена в безглютеновых зерновых культурах / С. А. Урубков, С. С. Хованская, С. М. Пономарева [и др.] // Ползуновский вестник. – 2019. – № 4. – С. 63–67. DOI: <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2019.04.014>.
11. Наумова, Н. Л. Антиоксидантная активность селенсодержащих булочных изделий / Н. Л. Наумова // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – Т. 37, № 2. – С. 29–34.
12. Голубкина, Н. А. Селен в продуктах растительного происхождения / Н. А. Голубкина, П. А. Полубояринов, А. В. Синдирева // Вопросы питания. – 2017. – Т. 86, № 2. – С. 63–69.
13. Urine selenium concentration is a useful biomarker for assessing population level selenium status / F. P. Phiri, E. L. Ander, R. M. Lark [et al.] // Environment International. – 2020. – Vol. 134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105218>.
14. Significant decrease of von Willebrand factor and plasminogen activator inhibitor-1 by providing supplementation with selenium and coenzyme Q10 to an elderly population with a low selenium status / U. Alehagen, J. Alexander, J. Aaseth [et al.] // European Journal of Nutrition. – 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00394-020-02193-5>.
15. Selenium species in selenium-enriched malt / D. Revenco, M. Vomáčková, L. Jelínek [et al.] // Kvasny Prumysl. – 2019. – Vol. 65, № 4. – P. 134–141. DOI: <https://doi.org/10.18832/kp2019.65.134>.
16. Dietary selenium deficiency or selenomethionine excess drastically alters organ selenium contents without altering the expression of most selenoproteins in mice / N. Akahoshi, Y. Anan, Y. Hashimoto [et al.] // The Journal of Nutritional Biochemistry. – 2019. – Vol. 69. – P. 120–129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2019.03.020>.
17. Selenium research for environment and human health: perspectives, technologies and advancements / G. Bañuelos, Z.-Q. Lin, D. Liang [et al.]. – London : CRC Press, 2019. – 250 p. DOI: <https://doi.org/10.1201/9780429423482>.
18. Simultaneous selenium and sulfur speciation analysis in cultivated *Pleurotus pulmonarius* mushroom / I. Milovanovic, B. Lajin, S. Braeuer [et al.] // Food Chemistry. – 2019. – Vol. 279. – P. 231–236. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.009>.
19. Quick selenium accumulation in the selenium-rich rice and its physiological responses in changing selenium environments / Y. K. Liang, Y. Su, L. Li [et al.] // BMC Plant Biology. – 2019. – Vol. 19, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-019-2163-6>.
20. Impact of selenium addition to animal feeds on human selenium status in Serbia / Z. Pavlovic, I. Miletic, M. Zekovic [et al.] // Nutrients. – 2018. – Vol. 10, № 2. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10020225>.
21. Spiller, H. A. Rethinking mercury: the role of selenium in the pathophysiology of mercury toxicity / H. A. Spiller // Clinical Toxicology. – 2017. – Vol. 56, № 5. – P. 313–326. DOI: <https://doi.org/10.1080/15563650.2017.1400555>.
22. Davydenko, N. I. On the possibility to grow high-selenium wheat in the Kuznetsk basin / N. I. Davydenko, L. A. Mayurnikova // Foods and Raw Materials. – 2014. – Vol. 2, № 1. – P. 3–10. DOI: <http://doi.org/10.12737/4089>.
23. Selenium and outcome in heart failure / N. Bomer, N. G. Beverborg, M. F. Hoes [et al.] // European Journal of Heart Failure. – 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/ejhf.1644>.
24. Impact of selenium, zinc and their interaction on key enzymes, grain yield, selenium, zinc concentrations, and seedling vigor of biofortified rice / H. H. Ei, T. Zheng, M. U. Farooq [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2020. – Vol. 27. – P. 16940–16949. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08202-8>.

25. Cheng, W. H. Special issue of “Optimal selenium status and selenoproteins in health” / W. H. Cheng, K. S. Prabhu // *Biological Trace Element Research*. – 2019. – Vol. 192, № 1. – P. 1–2. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12011-019-01898-x>.
26. Deficient selenium status of a healthy adult Spanish population / E. M. Adame, D. Florea, L. S. Pérez [et al.] // *Nutricion Hospitalaria*. – 2012. – Vol. 27, № 2. – P. 524–528. DOI: <https://doi.org/10.3305/nh.2012.27.2.5529>.
27. Табаторович, А. Н. Технология и оценка качества пастилы, обогащенной органическим йодом / А. Н. Табаторович, И. Ю. Резниченко // *Техника и технология пищевых производств*. – 2016. – Т. 40, № 1. – С. 61–67.
28. Смирнова, С. О. Использование нетрадиционного сырья в производстве макаронных изделий повышенной пищевой ценности / С. О. Смирнова, О. Ф. Фазиуллина // *Техника и технология пищевых производств*. – 2019. – Т. 49, № 3. – С. 454–469. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-454-469>.
29. Новый штамм *Saccharomyces cerevisiae* A112 для получения биомасс, обогащенных цинком / Н. Т. М. Кхань, Н. Т. Чанг, Л. Д. Мань [и др.] // *Техника и технология пищевых производств*. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 114–120. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-114-120>.
30. Tien, N. P. Effects of Vietnamese tamarind fish sauce enriched with iron and zinc on green mussel quality / N. P. Tien, S. Siripongvutikorn, W. Usawakesmanee // *Foods and Raw Materials*. – 2019. – Vol. 7, № 1. – P. 51–59. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-1-51-59>.
31. Characterization of selenium-containing polysaccharides isolated from selenium-enriched tea and its bioactivities / Y. Gu, Y. Qiu, X. Wei [et al.] // *Food Chemistry*. – 2020. – Vol. 316. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126371>.
32. Does selenium fortification of kale and kohlrabi sprouts change significantly their biochemical and cytotoxic properties? / P. Zagrodzki, P. Paško, A. Galanty [et al.] // *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. – 2020. – Vol. 59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2020.126466>.
33. Microstructure and cooking quality of barley-enriched pasta produced at different process parameters / I. Kosović, M. Benšić, Đ. Ačkar [et al.] // *Foods and Raw Materials*. – 2018. – Vol. 6, № 2. – P. 281–290. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-281-290>.
34. Фазуллина, О. Ф. Макароны повышенной пищевой ценности с использованием полбы / О. Ф. Фазуллина, С. О. Смирнов // *Ползуновский вестник*. – 2019. – № 3. – С. 13–18. DOI: <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2019.03.003>.
35. Фазуллина, О. Ф. Исследование показателей качества макаронных изделий из полбы / О. Ф. Фазуллина, С. О. Смирнов, А. А. Королев // *Вестник КрасГАУ*. – 2020. – Т. 154, № 1. – С. 126–131. DOI: <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-1-126-131>.
36. Крыжова, Ю. П. Влияние термической обработки на содержание йода и селена в мясных продуктах / Ю. П. Крыжова // *Материалы III Международной научно-практической конференции «Инновационные пищевые технологии в области хранения и переработки сельскохозяйственного сырья»*. – Краснодар, 2013. – С. 206–210.
37. Мякашкина, А. В. Выявление и анализ факторов, формирующих качество пшеницы с повышенным содержанием селена: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15 / Мякашкина Анна Владимировна. – Кемерово, 2012. – 21 с.

References

1. Yarygina LV. Statistical analysis of food consumption by the population of Russia. *Social and Economic Systems*. 2019;12(6):123–136. (In Russ.).
2. Litvinova OS. Hygienic assessment of nutrition structure of population of the Russian Federation. *Public Health and Life Environment*. 2016;278(5):11–14. (In Russ.).
3. Vorobyeva VM, Vorobyeva IS, Kochetkova AA, Mazo VK, Zorin SN, Sharafetdinov KhKh. Specialised hypocholesteremic foods: Ingredients, technology, effects. *Foods and Raw Materials*. 2020;8(1):20–29. DOI: <http://doi.org/10.21603/2308-4057-2020-1-20-29>.
4. Kutsenkova VS, Nepovinnykh NV, Lyamina NP, Senchikhin VN. Recipe development and medical and biological evaluation of bakery products fortified with non-traditional vegetable raw materials. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019;49(1):23–31. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-23-31>.
5. Nevskaya EV, Tyurina IA, Tyurina OE, Shulbaeva MT, Potapova MN, Golovacheva YaS. Healthy bakery composite mixes. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019;49(4):531–544. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-531-544>.
6. Dvoretzky LI, Ivleva OV. Besity and iron deficiency. One more comorbidity? *The Russian Archives of Internal Medicine*. 2015;25(5):9–16. (In Russ.).
7. Larvie DY, Doherty JL, Donati GL, Armah SM. Relationship between selenium and hematological markers in young adults with normal weight or overweight/obesity. *Antioxidants*. 2019;8(10). DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox8100463>.
8. Hariharan S, Dharmaraj S. Selenium and selenoproteins: it’s role in regulation of inflammation. *Inflammopharmacology*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10787-020-00690-x>.
9. Golubkina NA, Sindireva AV, Zaitsev VF. Interregional variability of the human selenium status. *South of Russia: ecology, development*. 2017;12(1):107–127. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2017-1-107-127>.

10. Urubkov SA, Hovanskaya SS, Ponomaryova SM, Semenova LI, Smirnov SO. Soderzhanie selena v bezglutenovykh zernovykh kul'turah [Selenium content in gluten-free crops]. Polzunovsky vestnik. 2019;(4):63–67. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2019.04.014>.
11. Naumova NL. Antioxidant activity of selenium-containing bakery products. Food Processing: Techniques and Technology. 2015;37(2):29–34. (In Russ.).
12. Golubkina NA, Poluboyarinov PA, Sindireva AV. Selenium in food crops. Problems of Nutrition. 2017;86(2):63–69. (In Russ.).
13. Phiri FP, Ander EL, Lark RM, Bailey EH, Chilima B, Gondwe J, et al. Urine selenium concentration is a useful biomarker for assessing population level selenium status. Environment International. 2020;134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105218>.
14. Alehagen U, Alexander J, Aaseth J, Larsson A, Lindahl TL. Significant decrease of von Willebrand factor and plasminogen activator inhibitor-1 by providing supplementation with selenium and coenzyme Q10 to an elderly population with a low selenium status. European Journal of Nutrition. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00394-020-02193-5>.
15. Revenco D, Vomáčková M, Jelínek L, Mestek O, Koplík R. Selenium species in selenium-enriched malt. Kvasny Prumysl. 2019;65(4):134–141. DOI: <https://doi.org/10.18832/kp2019.65.134>.
16. Akahoshi N, Anan Y, Hashimoto Y, Tokoro N, Mizuno R, Hayashi S, et al. Dietary selenium deficiency or selenomethionine excess drastically alters organ selenium contents without altering the expression of most selenoproteins in mice. The Journal of Nutritional Biochemistry. 2019;69:120–129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2019.03.020>.
17. Bañuelos G, Lin Z-Q, Liang D, Yin X. Selenium research for environment and human health: perspectives, technologies and advancements. London: CRC Press; 2019. 250 p. DOI: <https://doi.org/10.1201/9780429423482>.
18. Milovanovic I, Lajin B, Braeuer S, Steiner O, Lisa F, Goessler W. Simultaneous selenium and sulfur speciation analysis in cultivated *Pleurotus pulmonarius* mushroom. Food Chemistry. 2019;279:231–236. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.009>.
19. Liang YK, Su Y, Li L, Huang X, Panhwar FH, Zheng TD, et al. Quick selenium accumulation in the selenium-rich rice and its physiological responses in changing selenium environments. BMC Plant Biology. 2019;19(1). DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-019-2163-6>.
20. Pavlovic Z, Miletic I, Zekovic M, Nikolic M, Glibetic M. Impact of selenium addition to animal feeds on human selenium status in Serbia. Nutrients. 2018;10(2). DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10020225>.
21. Spiller HA. Rethinking mercury: the role of selenium in the pathophysiology of mercury toxicity. Clinical Toxicology. 2017;56(5):313–326. DOI: <https://doi.org/10.1080/15563650.2017.1400555>.
22. Davydenko NI, Mayurnikova LA. On the possibility to grow high-selenium wheat in the Kuznetsk basin. Foods and Raw Materials. 2014;2(1):3–10. DOI: <http://doi.org/10.12737/4089>.
23. Bomer N, Beverborg NG, Hoes MF, Streng KW, Vermeer M, Dokter MM, et al. Selenium and outcome in heart failure. European Journal of Heart Failure. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/ejhf.1644>.
24. Ei HH, Zheng T, Farooq MU, Zeng R, Su Y, Zhang Y, et al. Impact of selenium, zinc and their interaction on key enzymes, grain yield, selenium, zinc concentrations, and seedling vigor of biofortified rice. Environmental Science and Pollution Research. 2020;27:16940–16949. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08202-8>.
25. Cheng WH, Prabhu KS. Special issue of “Optimal selenium status and selenoproteins in health”. Biological Trace Element Research. 2019;192(1):1–2. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12011-019-01898-x>.
26. Adame EM, Florea D, Pérez LS, Lopez JM, Lopez-Gonzalez B, de la Cruz AP, et al. Deficient selenium status of a healthy adult Spanish population. Nutricion Hospitalaria. 2012;27(2):524–528. DOI: <https://doi.org/10.3305/nh.2012.27.2.5529>.
27. Tabatorovich AN, Reznichenko IYu. Technology and quality estimation of marshmallow enriched with organic iodine. Food Processing: Techniques and Technology. 2016;40(1):61–67 (In Russ.).
28. Smirnov SO, Fazullina OF. Non-traditional raw materials in pasta production of high nutrition value. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(3):454–469. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-454-469>.
29. Khanh NTM, Trang NT, Manh LD, Quang LH. New strain *Saccharomyces cerevisiae* A112 for the production of zinc-fortified biomass. Food Processing: Techniques and Technology. 2018;48(4):114–120. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-114-120>.
30. Tien NP, Siripongvutikorn S, Usawakesmanee W. Effects of Vietnamese tamarind fish sauce enriched with iron and zinc on green mussel quality. Foods and Raw Materials. 2019;7(1):51–59. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-1-51-59>.
31. Gu Y, Qiu Y, Wei X, Li Z, Hu ZQ, Gu YY, et al. Characterization of selenium-containing polysaccharides isolated from selenium-enriched tea and its bioactivities. Food Chemistry. 2020;316. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126371>.
32. Zagrodzki P, Paško P, Galanty A, Tyszka-Czochara M, Wietecha-Posluszny R, Rubio PS, et al. Does selenium fortification of kale and kohlrabi sprouts change significantly their biochemical and cytotoxic properties? Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2020;59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2020.126466>.
33. Kosović I, Benšić M, Ačkar Đ, Jozinovic A, Ugarcic Z, Babic J, et al. Microstructure and cooking quality of barley-enriched pasta produced at different process parameters. Foods and Raw Materials. 2018;6(2):281–290. DOI: <http://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-281-290>.

34. Fazullina OF, Smirnov SO. Makaronnye izdeliya povyshennoj pishchevoj cennosti s ispol'zovaniem polby [High nutritional value pasta with spelt]. Polzunovsky vestnik. 2019;(3):13–18. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2019.03.003>.

35. Fazullina OF, Smirnov SO, Korolev AA. The research of quality indicators of pasta from spelt. Bulletin of KSAU. 2020;154(1):126–131. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-1-126-131>.

36. Kryzhova YuP. The influence of heat treatment on the contents of iodine and selenium in meat products. Materialy III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii “Innovacionnye pishchevye tekhnologii v oblasti hraneniya i pererabotki sel'skohozyajstvennogo syr'ya” [Proceedings of the III International scientific-practical conference “Innovative food technologies in storage and processing of agricultural raw materials”]; 2013; Krasnodar. Krasnodar: House-South; 2013. p. 206–210. (In Russ.).

37. Myakashkina AV. Vyyavlenie i analiz faktorov, formiruyushchih kachestvo pshenicy s povyshennym sodержанием selena [Identification and analysis of factors that shape the quality of wheat with a high content of selenium]. Cand. eng. sci. diss. Kemerovo: Kemerovo Technological Institute of Food Industry; 2012. 21 p.

Сведения об авторах

Фазуллина Олия Фанавиевна

канд. техн. наук, старший научный сотрудник отдела пищевых концентратов и оборудования, Научно-исследовательский институт пищевого концентратной промышленности и специальной пищевой технологии – филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», 142718, Россия Московская область, Ленинский район, поселок Измайлово, 22, тел.: +7 (495) 383-16-92, e-mail: olfazullina@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5963-3692>

Пономарева Светлана Михайловна

канд. био. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории качества пищевых продуктов и аналитических методов исследования, Научно-исследовательский институт пищевого концентратной промышленности и специальной пищевой технологии – филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», 142718, Россия Московская область, Ленинский район, поселок Измайлово, 22, тел.: +7 (495) 543-38-20, e-mail: sv.m.ponomareva@gmail.com

Смирнов Станислав Олегович

канд. техн. наук, заместитель директора по научной работе, Научно-исследовательский институт пищевого концентратной промышленности и специальной пищевой технологии – филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», 142718, Россия, Московская область, Ленинский район, поселок Измайлово, 22, тел.: +7 (495) 549-38-20, e-mail: sts_76@bk.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8073-1238>


Семенова Людмила Ивановна

канд. хим. наук, заведующая лабораторией качества пищевых продуктов и аналитических методов исследования, Научно-исследовательский институт пищевого концентратной промышленности и специальной пищевой технологии – филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», 142718, Россия Московская область, Ленинский район, поселок Измайлово, 22, тел.: +7 (495) 543-38-20, e-mail: Seli194@yandex.ru

Information about the authors

Oliya F. Fazullina

Cand.Sci.(Eng.), Senior Researcher of the Department of Technology of Food Concentrates and Equipment, Scientific Research Institute of Food-Concentrate Industry and Special Food Technology – a branch Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 22, Izmailovo settlement, Leninsky district, Moscow region, 142718, Russia, phone: +7 (495) 383-16-92, e-mail: olfazullina@yandex.ru


 <https://orcid.org/0000-0002-5963-3692>

Svetlana M. Ponomareva

Cand.Sci.(Bio.), Leading Researcher of the Laboratory of Product Quality and Analytical Research Methods, Scientific Research Institute of Food-Concentrate Industry and Special Food Technology – a branch Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 22, Izmailovo settlement, Leninsky district, Moscow region, 142718, Russia, phone: +7 (495) 543-38-20, e-mail: sv.m.ponomareva@gmail.com

Stanislav O. Smirnov

Cand.Sci.(Eng.), Deputy Director for Scientific Work, Scientific Research Institute of Food-Concentrate Industry and Special Food Technology – a branch Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 22, Izmailovo settlement, Leninsky district, Moscow region, 142718, Russia, phone: +7 (495) 549-38-20, e-mail: sts_76@dk.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8073-1238>

Lyudmila I. Semyonova

Cand.Sci.(Chem.), Head of the Laboratory of Product Quality and Analytical Research Methods, Scientific Research Institute of Food-Concentrate Industry and Special Food Technology – a branch Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 22, Izmailovo settlement, Leninsky district, Moscow region, 142718, Russia, phone: +7 (495) 543-38-20, e-mail: Seli194@yandex.ru