

УДК 664.66.022.39

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2022-362-9-167-172

**Р.И. Фаткуллин<sup>1</sup>**, ✉  
**И.В. Калинина<sup>1</sup>**,  
**Н.В. Науменко<sup>1</sup>**,  
**Н.В. Попова<sup>1</sup>**,  
**Е.Е. Науменко<sup>1</sup>**,  
**Е. Иванисова<sup>2</sup>**,  
**А.К. Васильев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Российская Федерация

<sup>2</sup> Словацкий сельскохозяйственный университет, Нитра, Словакия

✉ fatkullinri@susu.ru

Поступила в редакцию:  
12.08.2022

Одобрена после рецензирования:  
30.08.2022

Принята к публикации:  
16.09.2022

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2022-362-9-167-172

**Rinat I. Fatkullin<sup>1</sup>**, ✉  
**Irina V. Kalinina<sup>1</sup>**,  
**Natalya V. Naumenko<sup>1</sup>**,  
**Natalia V. Popova<sup>1</sup>**,  
**Ekaterina E. Naumenko<sup>1</sup>**,  
**Eva Ivanisova<sup>2</sup>**,  
**Andrey K. Vasiliev<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

<sup>2</sup> Slovak University of Agriculture, Nitra, Slovakia

✉ fatkullinri@susu.ru

Received by the editorial office:  
12.08.2022

Accepted in revised:  
30.08.2022

Accepted for publication:  
16.09.2022

## Исследование антиоксидантных свойств обогащенных хлебобулочных изделий

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Хлебобулочные изделия являются социальнопроблемными вместо дефицитными продуктами питания, физически и экономически доступными для большинства групп населения РФ и многих других стран. Также приоритетное значение среди растительных антиоксидантов имеют вещества полифенольной природы, в том числе флавоноиды. Сегодня известно несколько подходов к обогащению хлебобулочных изделий полифенолами и флавоноидами, каждый из которых характеризуется собственными достоинствами и недостатками. Основу настоящего исследования составила оценка возможности применения различных подходов обогащения хлебобулочных изделий для получения продуктов с заданными антиоксидантными свойствами.

**Методы.** Объектами исследования были определены шесть образцов хлебобулочных изделий, пять из которых были обогащены пищевыми ингредиентами — источниками антиоксидантов. Во всех исследуемых образцах было определено общее содержание полифенолов и флавоноидов с применением спектрофотометрического метода, а также антиоксидантная активность с использованием DPPH-метода.

**Результаты.** Проведенные исследования показали, что использование в качестве обогатителей измельченных листьев зеленого чая, кедровой муки, цельносмолотой муки из пророщенного зерна пшеницы позволяет значительно увеличить общее содержание полифенолов в готовых образцах хлебобулочных изделий: на 46–75% по отношению к контролю. Все образцы обогащенных изделий можно было отнести к категории функциональных продуктов питания, поскольку удовлетворение суточной потребности во флавоноидах составило более 15% от рекомендуемого уровня. Вместе с тем, использование индивидуальных веществ-обогатителей, таких как тахифолин, позволяет значительно увеличить антиоксидантную активность хлебобулочных изделий (более чем в 4 раза) и с большей долей вероятности ее устойчиво регулировать. В целом, для всех исследуемых образцов обогащенных хлебобулочных изделий было установлено увеличение антиоксидантной активности более чем в 2 раза по отношению к контролю. Полученные результаты подтвердили возможность и целесообразность использования предложенных подходов обогащения хлебобулочных изделий для получения продуктов с антиоксидантными свойствами.

**Ключевые слова:** хлебобулочные изделия, функциональные продукты, полифенолы, флавоноиды, антиоксидантные свойства

**Для цитирования:** Фаткуллин Р.И. и другие. Исследование антиоксидантных свойств обогащенных хлебобулочных изделий. *Аграрная наука*; 2022; 362 (9): 167–172. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-167-172>

© Фаткуллин Р.И., Калинина И.В., Науменко Н.В., Попова Н.В., Науменко Е.Е., Иванисова Е., Васильев А.К.

## Study of the antioxidant properties of enriched bakery products

### ABSTRACT

**Relevance.** Bread products are socially important foodstuffs, physically and economically accessible for the majority of population groups in the Russian Federation and many other countries. One of the directions could be the enrichment of bakery products with natural antioxidants of plant origin. Polyphenolic substances, including flavonoids, have priority among plant antioxidants. Today several approaches to enrichment of bakery products with polyphenols and flavonoids are known, each of them characterised by their own advantages and disadvantages. The basis of this study was to evaluate the possibility of using different bakery enrichment approaches to obtain products with given antioxidant properties.

**Methods.** Six samples of bakery products, five of which were enriched with food ingredients— sources of antioxidants— were identified as objects of research. The total content of polyphenols and flavonoids was determined in all the examined samples using spectrophotometric method as well as the antioxidant activity using DPPH-method.

**Results.** Studies have shown that the use of crushed green tea leaves, cedar flour, whole-milled flour from germinated wheat grain as enriching agents allows a significant increase in the total content of polyphenols in the finished samples of baked products, by 46–75% in relation to the control. All the samples of enriched products could be classified as functional foods, as the satisfaction of the daily requirement for flavonoids was more than 15% of the recommended level. At the same time, the use of individual enriching substances such as taxifolin allows to significantly increase the antioxidant activity of baked products (more than by 4 times) and with a high probability to steadily regulate it. In general, in all investigated samples of enriched bakery products increase of the antioxidant activity by more than 2 times in relation to the control was registered. The results confirmed the possibility and feasibility of using the proposed approaches of bakery products enrichment to obtain products with antioxidant properties.

**Key words:** bakery products, functional products, polyphenols, flavonoids, antioxidant properties

**For citation:** Fatkullin R.I. et al. Study of the antioxidant properties of enriched bakery products. *Agrarian science*. 2022; 362 (9): 167–172. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-167-172> (In Russian).

© Fatkullin R.I., Kalinina I.V., Naumenko N.V., Popova N.V., Naumenko E.E., Ivanisova E., Vasiliev A.K.

**Введение / Introduction**

Хлеб и хлебобулочные изделия являются важной частью рациона питания для многих групп населения разных стран. В общем объеме потребляемых продуктов присутствие хлеба и хлебобулочных изделий в среднем составляет 20–25%, а для населения некоторых стран может достигать 70% [1]. В Российской Федерации хлеб и хлебобулочные изделия включены в группу социально значимых продуктов питания; их роль в питании населения в первую очередь определяется ценовой доступностью [1–3]. Для взрослого человека рекомендуемая норма потребления хлебобулочных изделий в РФ составляет 175 г в сутки (приказ Министерства здравоохранения РФ от 19 августа 2016 г. № 614 «Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающим современным требованиям здорового питания»), что позволяет удовлетворить около 20% необходимой энергоемкости суточного рациона.

Учитывая стабильность и достаточно высокий уровень потребления хлебобулочных изделий, обогащение именно этой категории продуктов функциональными пищевыми ингредиентами может стать реальным механизмом немедикаментозной коррекции неинфекционных заболеваний населения РФ [2–5]. По данным Всемирной организации здравоохранения и Комитета ООН по экономическим, социальным и культурным правам, в настоящее время каждый третий человек страдает как минимум от одной формы неполноценного питания и связанных с ними неинфекционных заболеваний [6].

Среди функциональных пищевых ингредиентов огромный класс занимают растительные антиоксиданты полифенольной природы [7–10]. В открытой литературе представлен большой пласт исследований, направленных на разработку хлебобулочных изделий с антиоксидантными свойствами. Основные подходы, используемые для получения таких продуктов, представлены на рис. 1.

Вместе с тем, при проектировании обогащенных хлебобулочных изделий необходимо учитывать, что эти продукты представляют собой сложную пищевую систему, характеризующуюся одновременным присутствием всех макронутриентов (углеводов, белков и липидов) в разных соотношениях в зависимости от рецептуры. Технологический процесс изготовления хлебобулочных изделий включает многообразные физико-химические и биохимические процессы. Все это определяет формирование рисков неопределенности при разработке обогащенного хлебобулочного изделия с заданными свойствами. Это, в свою очередь, определяет необходимость поиска подходов, позволяющих обеспечить реальную стабильность формирования заданных функциональных свойств хлебобулочных изделий.

Целью настоящего исследования является оценка возможности применения различных подходов для получения хлебобулочных изделий с антиоксидантными свойствами.

**Материал и методы исследования / Materials and method**

Объектом исследования были выбраны мелкоштучные хлебобулочные изделия из пшеничной хлебопекарной муки первого сорта. В качестве контрольного образца было выбрано простое по рецептуре хлебобулочное изделие.

В качестве хлебобулочных изделий с антиоксидантными свойствами были выбраны:

— образец 1 — мелкоштучное хлебобулочное изделие с добавкой зеленого чая (в порошкообразной форме) в количестве 5% путем замены соответствующего количества пшеничной муки;

— образец 2 — мелкоштучное хлебобулочное изделие с добавкой кедровой муки в количестве 5% путем замены соответствующего количества пшеничной муки;

— образец 3 — мелкоштучное хлебобулочное изделие с добавкой цельносомлотой муки из пророщенного зерна пшеницы (ЦСМПЗП) в количестве 20% путем замены соответствующего количества пшеничной муки;

— образец 4 — мелкоштучное хлебобулочное изделие с добавкой экстракта таксифолина в сухом виде в количестве 0,05% по отношению к массе муки;

— образец 5 — мелкоштучное хлебобулочное изделие с добавкой таксифолина, инкапсулированного в бета-циклодекстрин, в количестве 0,1% по отношению к массе муки.

В исследуемых образцах оценивали содержание полифенолов флавоноидов как основных веществ, определяющих антиоксидантные свойства готовых хлебобулочных изделий, а также общую антиоксидантную активность, используя следующие методы.

*Содержание полифенольных веществ* определяли спектрофотометрически с использованием реактива Фолина — Чокальтеу. Вводный экстракт из усредненной пробы хлебобулочного изделия получали путем динамической мацерации в течение 2 часов. Оптическую плотность определяли при 700 нм. Результаты выражали в эквивалентах галловой кислоты (мг GAE/г), используемой в качестве стандарта.

*Содержания флавоноидов* определяли спектрофотометрически, используя фармакопейный метод анализа с хлоридом алюминия. Оптическую плотность определяли при 415 нм. В качестве стандарта использовали кверцетин, результаты выражали в мкг/эквивалентах кверцетина (мг QE/г).

*Общую антиоксидантную (антирадикальную) активность (АОА)* определяли методом DPPH, используя 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (DPPH). Поглощение измеряли спектрофотометрически при длине волны 515 нм. АОА рассчитывали по формуле:

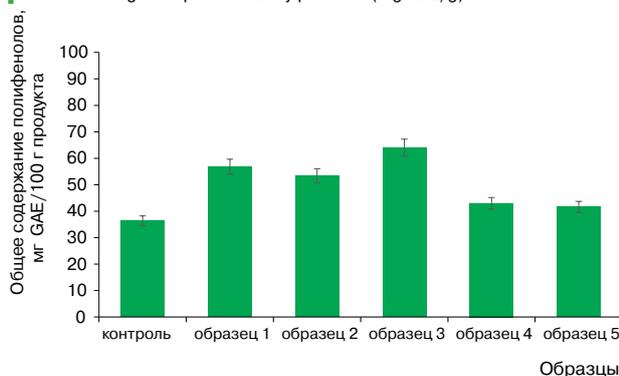
$$AOA = \frac{1 - (D_i - D_j)}{D_c} \times 100, \quad (1)$$

где  $D_i$  — оптическая плотность исследуемого раствора;  $D_j$  — оптическая плотность контрольного раствора DPPH с метанолом;  $D_c$  — оптическая плотность раствора DPPH.

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с применением общепринятых методов статистики, полученные результаты считали достоверными при  $p \leq 0,05$ .

**Результаты и обсуждение / Results and discussion**

В открытой литературе представлены достаточно скудные данные о содержании полифенольных веществ в хлебобулочных изделиях, вместе с тем их роль в формировании антиоксидантных свойств продуктов считается определяющей. В информационных базах данных химического состава российских пищевых продуктов выделяется только феруловая кислота (22,0–30,0 мкг/100 г продукта), которая считается преобладающим веществом полифенольного ряда в зерновых продуктах и хлебе. В зарубежной литературе представлены более

**Рис. 1.** Направления разработки хлебобулочных изделий с антиоксидантными свойствами**Fig. 1.** Directions for the development of bakery products with antioxidant properties**Рис. 2.** Результаты определения общего содержания полифенолов в усредненных пробах хлебобулочных изделий (мг GAE/г)**Fig. 2.** The results of determining the total content of polyphenols in the average samples of bakery products (mg GAE/g)

обширные данные по содержанию фенольных веществ в хлебе. Кроме феруловой кислоты, выделены еще 2 группы фенольных кислот:

1) производные гидроксидинаминовой (гидроксикоричной) кислоты, включая кофейную, феруловую и синаповую кислоты;

2) производные гидроксидбензойной кислоты, включая протокатехиновую, ванилиновую и галловую кислоты [12–14].

При этом указанные кислоты содержатся преимущественно в связанном с целлюлозой, лигнином и белками виде [15]. Активное высвобождение и накопление свободных фенольных кислот происходит в результате брожения теста под действием ферментов дрожжей.

Среди полифенольных веществ наиболее изучены и активно исследуются в последние годы флавоноиды, многие представители которых обладают выраженными антиоксидантными свойствами [14]. В составе хлебобулочных изделий наиболее часто описывается лютеолин, которым наиболее богата ржаная мука.

Изменение рецептуры хлебобулочных изделий может оказать значительное влияние на количественное содержание полифенолов и флавоноидов в готовых изделиях и, как следствие, их антиоксидантные свойства [7, 14–16].

Результаты определения общего содержания полифенолов в исследуемых образцах хлебобулочных изделий представлены на рис. 2.

Представленные на рис. 2 результаты демонстрируют разнородное влияние способов обогащения хлебобулочных изделий на содержание в них полифенольных веществ. Наибольший прирост значения данного показателя был отмечен для образца 3 — 75,8% по отношению к контролю, а также образцов 1 и 2 — 56,0% и 46,7% по отношению к контролю соответственно. Для образцов 4 и 5 прирост значений содержания полифенолов составил 18,1% и 14,3% по отношению к контролю соответственно.

Такие результаты, вероятно, объясняются значительными различиями количественно содержания обогащающих компонентов в рецептурах хлебобулочных изделий.

Так, в образце 3 содержание ЦСМПЗП составило 20%, тогда как таксифолин в хлебобулочное изделие (образцы 4 и 5) вносился в количестве 0,05% по отношению к общему количеству муки в рецептуре.

Проведенные ранее исследования показали, что химический состав ЦСМПЗП значительно отличается от хлебопекарной пшеничной муки, в том числе более высоким содержанием полифенолов и флавоноидов. Очевидно, что процесс проращивания зерна пшеницы обеспечивает активное накопление этих соединений, а использование в помол целого зерна позволяет обеспечить сохранение их количества и в муке.

Среди полифенольных веществ в зеленом чае преобладают танины и катехины, содержание которых в чае может достигать 150 мг/г, чем, вероятно, и обусловлен рост значений общего содержания полифенолов в образце 1.

Кедровый орех также характеризуется значительным содержанием полифенольных веществ, среди которых преобладают фенольные кислоты.

Вместе с тем, в методических рекомендациях по нормам потребления пищевых веществ рекомендуемый уровень суммарного потребления полифенолов не установлен, тогда как для флавоноидов такие рекомендации присутствуют. В частности, методическими рекомендациями МР 2.3.1.2432-08 и МР 2.3.1.0253-2021 установлены рекомендуемые уровни потребления веществ данной группы: для взрослых — 250 мг/сут., для детей 7–18 лет — от 150 до 250 мг/сут.

Согласно требованиям действующей нормативной документации под функциональными и обогащенными пищевыми продуктами можно понимать продукты питания, содержащие в своем составе количество макро- или микронутриентов, способное удовлетворить более 15% суточной потребности в этих веществах [20].

Результаты определения содержания флавоноидов в исследуемых образцах хлебобулочных изделий в сопоставлении с удовлетворением суточной потребности в них (с учетом нормы потребления хлебобулочных изделий) представлены на рис. 3.

Полученные результаты показали, что все 5 образцов обогащенных хлебобулочных изделий позволяют удовлетворить суточную потребность во флавоноидах более чем на 15%, что позволяет отнести их к категории функциональных пищевых продуктов. Контрольный образец хлебобулочного изделия отличался наиболее низким содержанием флавоноидов, не позволяющим отнести

его к категории функциональных продуктов питания.

Вместе с тем, важно отметить, что использование пищевых ингредиентов, отличающихся вариативностью химического состава, таких как зеленый чай, ЦСМПЗП, кедровая мука, не позволяют с достоверной вероятностью корректировать качественный состав флавоноидов. В отношении образцов 4 и 5 можно с большой долей уверенности предположить, что прирост значений показателя содержание флавоноидов по отношению к контрольному образцу хлебобулочного изделия обусловлен присутствием таксифолина. Это, в свою очередь, позволяет направленно корректировать функциональные свойства хлебобулочных изделий.

Поскольку полифенолы и флавоноиды в большинстве своем представлены веществами с выраженными антиоксидантными свойствами, именно этот показатель отслеживался нами для готовых хлебобулочных изделий (рис. 4).

Для всех исследуемых образцов обогащенных хлебобулочных изделий, как и ожидалось, была отмечена тенденция роста значения антиоксидантной активности. Наиболее высокие значения антиоксидантной активности были отмечены в хлебобулочных изделиях с добавкой таксифолина, как в исходном, так и в инкапсулированном виде, в образцах 4 и 5 показатель увеличился более чем в 4 раза по отношению к контролю. Такие результаты объясняются тем, что таксифолин является одним из сильнейших известных антиоксидантов, и с большой долей вероятности можно говорить о том, что он сохраняет свои биоактивные свойства в пищевой системе хлебобулочных изделий [7, 21].

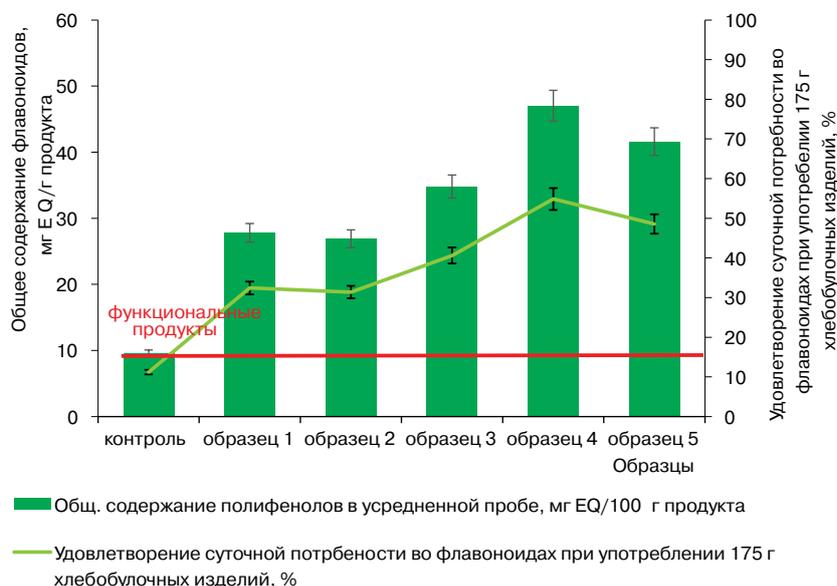
Для остальных образцов обогащенных хлебобулочных изделий также был отмечен прирост антиоксидантной активности (в 2–3 раза по отношению к контролю). При этом для всех образцов отмечалась корреляция АОА с общим содержанием флавоноидов.

### Выводы / Conclusion

Полученные результаты продемонстрировали, что используемые подходы к обогащению хлебобулочных изделий могут являться эффективными при разработке функциональных продуктов с повышенным содержа-

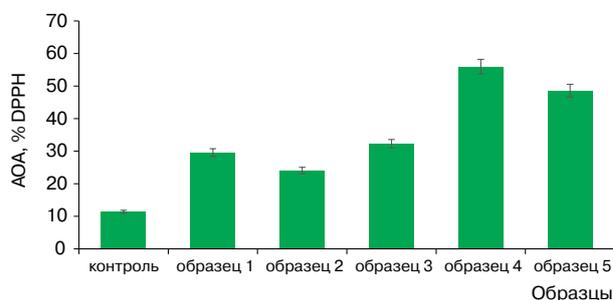
**Рис. 3.** Результаты определения общего содержания флавоноидов в усредненных пробах хлебобулочных изделий (мг EQ/г) в сопоставлении с расчетным значением удовлетворения суточной потребности, % (при употреблении 175 г хлебобулочных изделий)

**Fig. 3.** The results of determining the total content of flavonoids in the average samples of bakery products (mg EQ/g) in comparison with the calculated value for meeting the daily requirement, % (when using 175 g of bakery products)



**Рис. 4.** Результаты определения антиоксидантной активности исследуемых образцов хлебобулочных изделий, %DPPH

**Fig. 4.** Results of determining the antioxidant activity of the studied samples of bakery product, % DPPH



нием флавоноидов и выраженными антиоксидантными свойствами.

Вместе с тем, следует отметить, что на эффективность обогащенных хлебобулочных изделий как функциональных продуктов и их биологический потенциал влияет множество факторов, в том числе биодоступность и сохранение биоактивности полифенолов и флавоноидов в процессе пищеварения, что в целом требует дополнительных исследований.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Статья выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для молодых ученых для государственной поддержки молодых российских ученых — кандидатов наук МК-3690.2021.5.

### FUNDING

The article was financially supported by the grant of the President of the Russian Federation for young scientists for state support of young russian scientists — candidates of science MK-3690.2021.5.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нилова Л. П., Науменко Н. В., Калинина И. В., Маркова К. Ю. Оптимизация ассортимента хлебобулочных изделий на основе анализа структуры потребительского рынка в г. Санкт-Петербурге и Челябинске. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия Экономика и менеджмент*. 2011; Выпуск 17, 8(225):183–189.
2. Костюченко М. Н., Коденцова В. М., Шатнюк Л. Н. Обогащение хлебобулочных изделий микронутриентами: международный опыт и новые тенденции. *Хлебобулочные продукты*. 2019; 7: 36–41.
3. Гунько С.Н., Войцеховская Е.В., Ребезов М.Б. Качество зернопродуктов в зависимости от условий при длительном хранении. *Пища. Экология. Качество : труды XVII Международной научно-практической конференции*. Екатеринбург. 2020. 195-199. eLIBRARY ID: 44818374.
4. Шатнюк Л. Н. Инновационные ингредиенты для обогащения хлебобулочных изделий. *Кондитерское и хлебопекарное производство*. 2016; 7–8: С. 41–45.
5. Громова С.Н., Костылев П.И., Скрипка О.В., Подгорный С.В., Некрасова О.А. Результаты изучения образцов озимой мягкой пшеницы конкурсного сортоиспытания по урожайности и качеству зерна. *Аграрная наука*. 2020; (10): 56-59. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-56-59>
6. Глобальные оценки состояния здоровья: основные причины DALY [Электронный ресурс], <https://www.who.int/data/gho/data/themes/mortality-and-global-health-estimates/global-health-estimates-leading-causes-of-dalys>
7. Потороко И.Ю., Паймулина А.В., Ускова Д.Г., Калинина И.В., Попова Н.В., Ширш Сонавейн. Антиоксидантные свойства функциональных пищевых ингредиентов, используемых при производстве хлебобулочных и молочных продуктов, их влияние на качество и сохраняемость продукции. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2017; 79(4): 143–151. DOI:10.20914/2310-1202-2017-4-143-151
8. Шатилов А.В., Богданова О.Г., Коробов А.В. Роль антиоксидантов в организме в норме и при патологии. *Ветеринарная патология*. 2007; 2: 207–211.
9. Imran M, Ghorat F, Ul-haq I, Ur-rehman H, Aslam F, Heydari M, et al. Lycopenene as a natural antioxidant used to prevent human health disorders. *Antioxidants* 2020; 9(8):1-27. <https://doi.org/10.3390/antiox9080706>
10. Хайруллина В.Р. и др. Определение антиокислительного действия кверцетина и дигидрокверцетина в составе бинарных композиций. *Химия растительного сырья*. 2008; 4: 59–64.
11. Lin J., Zhou W. Role of quercetin in the physicochemical properties, antioxidant and antiglycation activities of bread. *J. of Functional Foods*. 2018; 40: 299-306.
12. Naczki M., Shahidi F. Extraction and analysis of phenolics in food. *J. Chromatogr. A*. 2004; 1054(1–2): 95–111.
13. Wang S. et al. Application of nanotechnology in improving bioavailability and bioactivity of diet-derived phytochemicals. *J. of Nutritional Biochemistry*. 2014; 25: 363-376.
14. Agati G., Azzarello E., Pollastri S., Tattini M. Flavonoids as antioxidants in plants: location and functional significance. *Plant Sci*. 2012; 196(3): 67–76.
15. Parker M. L. et al. The phenolic acid and polysaccharide composition of cell walls bran layers of mature wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Avalon) grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005; 85: P. 2539-2547.
16. Perlovich G.L., Ryzhakov A.M., Strakhova N.N., Kazachenko V.P., Schaper K.J., Raevsky O.A. Thermodynamic aspects of solubility and partitioning processes of some sulfonamides in the solvents modeling biological media. *J. Chem. Thermodyn*. 2014; 69(2): 56–65.
17. Zhang H. et al. Structure-solubility relationships and thermodynamic aspects of solubility of some flavonoids in the solvents modeling biological media. *Journal of Molecular Liquids*. 2017; 225: 439-445.
18. Weston L.A., Mathesius U. Flavonoids: their structure, biosynthesis and role in the rhizosphere, including allelopathy. *J. Chem. Ecol*. 2013; 39(2): 283–297.
19. González R. et al. Effects of flavonoids and other polyphenols on inflammation. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr*. 2011; 51(4): 331–362.
20. Смольникова Ф.Х. и др. Совершенствование технологий хлебобулочных изделий. *Современное состояние, перспективы развития АПК и производства специализированных продуктов питания: Материалы Международной научно-практической конференции*. Омск. 2020. 502-504. eLIBRARY ID: 44829926
21. Mironova G.D. et al. Prospects for the use of regulators of oxidative stress in the comprehensive treatment of the novel Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) and its complications. *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci*. 2020; 24(16): 8585–8591.

## REFERENCES

1. Nilova L. P., Naumenko N. V., Kalinina I. V., Markova K. Yu. Optimization of the assortment of bakery products based on the analysis of the structure of the consumer market in Saint Petersburg and Chelyabinsk. *Bulletin of the South-Ural State University. Series Economy and management*. 2011; Issue 17, 8(225):183–189. (in Russian)
2. Kostyuchenko M. N., Kodentsova V. M., Shatnyuk L. N. Enrichment of bakery products with micronutrients: international experience and new trends. *Bread products*. 2019; 7: 36 41. (in Russian)
3. Gunko S.N., Voitsekhovskaya E.V., Rebezov M.B. The quality of grain products depends on conditions during long-term storage. *Food. Ecology. Quality: materials of the XVII International Scientific and Practical Conference*. Yekaterinburg. 2020. 195-199. (in Russian)
4. Shatnyuk L. N. Innovative ingredients for enriching bakery products. *Confectionery and bakery production*. 2016; 7-8: pp. 41-45. (in Russian)
5. Gromova S.N., Kostylev P.I., Skripka O.V., Podgorny S.V., Nekrasova O.A. The results of the study of samples of winter soft wheat competitive variety testing for yield and grain quality. *Agrarian science*. 2020; (10): 56-59. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-56-59> (in Russian)
6. Global health estimates: major causes of DALY [Electronic resource], <https://www.who.int/data/gho/data/themes/mortality-and-global-health-estimates/global-health-estimates-leading-causes-of-dalys> (in Russian)
7. Potoroko I.Yu., Paymulina A.V., Uskova D.G., Kalinina I.V., Popova N.V., Shirish Sonavein. Antioxidant properties of functional food ingredients used in the production of bakery and dairy products, their influence on the quality and shelf life of products. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2017; 79(4): 143–151. DOI:10.20914/2310-1202-2017-4-143-151 (in Russian)
8. Shatilov A.V., Bogdanova O.G., Korobov A.V. The role of antioxidants in the body in normal and pathological conditions. *Veterinary pathology*. 2007; 2: 207–211. (in Russian)
9. Imran M, Ghorat F, Ul-haq I, Ur-rehman H, Aslam F, Heydari M, et al. Lycopenene as a natural antioxidant used to prevent human health disorders. *Antioxidants* 2020; 9(8):1-27. <https://doi.org/10.3390/antiox9080706>
10. Khairullina V.R. et al. Determination of antioxidant activity of quercetin and dihydroquercetin in binary compositions. *Chemistry of vegetable raw materials*. 2008; 4: 59–64. (in Russian)
11. Lin J., Zhou W. Role of quercetin in the physicochemical properties, antioxidant and antiglycation activities of bread. *J. of Functional Foods*. 2018; 40: 299-306.
12. Naczki M., Shahidi F. Extraction and analysis of phenolics in food. *J. Chromatogr. A*. 2004; 1054(1–2): 95–111.
13. Wang S. et al. Application of nanotechnology in improving bioavailability and bioactivity of diet-derived phytochemicals. *J. of Nutritional Biochemistry*. 2014; 25: 363-376.
14. Agati G., Azzarello E., Pollastri S., Tattini M. Flavonoids as antioxidants in plants: location and functional significance. *Plant Sci*. 2012; 196(3): 67–76.
15. Parker M. L. et al. The phenolic acid and polysaccharide composition of cell walls bran layers of mature wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Avalon) grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005; 85: P. 2539-2547.
16. Perlovich G.L., Ryzhakov A.M., Strakhova N.N., Kazachenko V.P., Schaper K.J., Raevsky O.A. Thermodynamic aspects of solubility and partitioning processes of some sulfonamides in the solvents modeling biological media. *J. Chem. Thermodyn*. 2014; 69(2): 56–65.
17. Zhang H. et al. Structure-solubility relationships and thermodynamic aspects of solubility of some flavonoids in the solvents modeling biological media. *Journal of Molecular Liquids*. 2017; 225: 439-445.
18. Weston L.A., Mathesius U. Flavonoids: their structure, biosynthesis and role in the rhizosphere, including allelopathy. *J. Chem. Ecol*. 2013; 39(2): 283–297.
19. González R. et al. Effects of flavonoids and other polyphenols on inflammation. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr*. 2011; 51(4): 331–362.
20. Smolnikova F.Kh. et al. Improvement of technologies of bakery products. *Current state, prospects for the development of agricultural machinery and the production of specialized food products: Materials of the International Scientific and Practical Conference*. Omsk. 2020. 502-504. eLIBRARY ID: 44829926(in Russian)
21. Mironova G.D. et al. Prospects for the use of regulators of oxidative stress in the comprehensive treatment of the novel Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) and its complications. *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci*. 2020; 24(16): 8585–8591.

**ОБ АВТОРАХ:**

**Ринат Ильгидарович Фаткуллин**, кандидат технических наук, доцент кафедры пищевых и биотехнологий, Южно-Уральский государственный университет, пр. Ленина, 76, Челябинск, 454080, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0002-1498-0703>  
 fatkullinri@susu.ru

**Ирина Валерьевна Калинина**, доктор технических наук, профессор кафедры пищевых и биотехнологий, доцент, Южно-Уральский государственный университет, пр. Ленина, 76, Челябинск, 454080, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0002-6246-9870>  
 kalininaiv@susu.ru

**Наталья Владимировна Науменко**, доктор технических наук, доцент кафедры пищевых и биотехнологий, доцент, Южно-Уральский государственный университет, пр. Ленина, 76, Челябинск, 454080, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0002-9520-3251>  
 naumenkonv@susu.ru

**Наталья Викторовна Попова**, кандидат технических наук, доцент кафедры пищевых и биотехнологий, Южно-Уральский государственный университет, пр. Ленина, 76, Челябинск, 454080, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0001-7665-5984>  
 nvpopova@susu.ru

**Екатерина Евгеньевна Науменко**, студент, Южно-Уральский государственный университет, пр. Ленина, 76, Челябинск, 454080, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0002-0213-1595>  
 9193122375@mail.ru

**Ева Иванисова**, PhD, доцент Института пищевых наук Словацкий сельскохозяйственный университет, 2 Триеда Андрея Глинка, Нитра, 94976, Словакия  
<https://orcid.org/0000-0001-5193-2957>  
 eva.ivanisova@uniag.sk

**Андрей Константинович Васильев**, студент, Южно-Уральский государственный университет, пр. Ленина, 76, Челябинск, 454080, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0001-8481-7656>  
 mbz2018vak72@susu.ru

**ABOUT THE AUTHORS:**

**Rinat Ilgidarovich Fatkullin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food and Biotechnology, South Ural State University, 76 Lenin ave, Chelyabinsk, 454080, Russian Federation  
<https://orcid.org/0000-0002-1498-0703>  
 fatkullinri@susu.ru

**Irina Valerievna Kalinina**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food and Biotechnology, Associate Professor, South Ural State University, 76 Lenin ave, Chelyabinsk, 454080, Russian Federation  
<https://orcid.org/0000-0002-6246-9870>  
 kalininaiv@susu.ru

**Natalya Vladimirovna Naumenko**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food and Biotechnology, Associate Professor, South Ural State University, 76 Lenin ave, Chelyabinsk, 454080, Russian Federation  
<https://orcid.org/0000-0002-9520-3251>  
 naumenkonv@susu.ru

**Natalia Viktorovna Popova**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food and Biotechnology, South Ural State University, 76 Lenin ave, Chelyabinsk, 454080, Russian Federation  
<https://orcid.org/0000-0001-7665-5984>  
 nvpopova@susu.ru

**Ekaterina Evgenievna Naumenko**, student, South Ural State University, 76 Lenin ave, Chelyabinsk, 454080, Russian Federation  
<https://orcid.org/0000-0002-0213-1595>  
 9193122375@mail.ru

**Eva Ivanišová**, PhD, Associate Professor, Institute of Food Sciences, Slovak University of Agriculture, 2 Trieda Andreja Hlinku, Nitra, 94976, Slovakia  
<https://orcid.org/0000-0001-5193-2957>  
 eva.ivanisova@uniag.sk

**Andrey Konstantinovich Vasiliev**, student South Ural State University, 76 Lenin ave, Chelyabinsk, 454080, Russian Federation  
<https://orcid.org/0000-0001-8481-7656>  
 mbz2018vak72@susu.ru