

## Влияние содержания пшенично-амарантовых отрубей на качество формового хлеба

Р. Х. Кандроков\*, Ю. С. Ерина, В. В. Бурматов

\*Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), г. Москва, Россия;  
e-mail: [nart132007@mail.ru](mailto:nart132007@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2003-2918>

### Информация о статье

Поступила  
в редакцию  
24.04.2023;

получена  
после доработки  
15.08.2023;

принята к публикации  
30.08.2023

### Ключевые слова:

пшеница,  
амарант,  
мука,  
отруби,  
формовой  
хлеб,  
качество

### Реферат

Биохимический состав, физические и технологические свойства зерна амаранта обуславливают возможность его применения для повышения потребительских свойств и пищевой ценности хлебобулочных изделий. Полученные экспериментальные результаты кислотности и влажности образцов тестовых заготовок с добавлением пшенично-амарантовых отрубей (5–15 %) и контрольного образца пшеничного теста с 5%-м содержанием пшеничных отрубей находятся в пределах нормативных значений, установленных в стандартах. Добавление 5, 10 и 15 % пшенично-амарантовых отрубей улучшает питательную ценность готового продукта за счет высокого содержания белка, микро- и макроэлементов, высоконенасыщенного масла в семенах, в составе которого присутствует сквален. Добавление пшенично-амарантовых отрубей не меняет структуру и свойства хлеба. Полученные образцы формового хлеба с содержанием 5, 10 и 15 % пшенично-амарантовых отрубей имеют гладкую поверхность без особых деформаций, мягкий, эластичный мякиш, равномерную тонкостенную пористость без разрывов; вкус и запах соответствуют данному виду пшеничного хлеба. Наиболее выраженный вкус и запах пшеничного хлеба с 5%-м содержанием пшеничных отрубей имеет формовой хлеб с содержанием 15 % пшенично-амарантовых отрубей. Физико-химические показатели пшенично-амарантовых опытных образцов, за исключением влажности и кислотности, не превышают значения контрольного образца. По результатам проведенных исследований разработана технология приготовления обогащенного пшеничного формового хлеба с добавлением пшенично-амарантовых отрубей в количестве 5, 10 и 15 %.

### Для цитирования

Кандроков Р. Х. и др. Влияние содержания пшенично-амарантовых отрубей на качество формового хлеба. Вестник МГТУ. 2023. Т. 26, № 4. С. 503–510. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2023-26-4-503-510>.

## The influence of the wheat-amaranth bran content on the pan bread quality

Roman H. Kandrov\*, Julia S. Erina, Valery V. Burmatov

\*Russian Biotechnological University (BIOTECH University), Moscow, Russia;  
e-mail: [nart132007@mail.ru](mailto:nart132007@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2003-2918>

### Article info

Received  
24.04.2023;

received  
in revised;  
15.08.2023

accepted  
30.08.2023

### Key words:

wheat,  
amaranth,  
flour,  
bran,  
shaped  
bread,  
quality

### Abstract

The biochemical composition, physical and technological properties of amaranth grain determine the possibility of its use to improve the consumer properties and nutritional value of bakery products. The obtained experimental results of the acidity and moisture content of samples of dough pieces with the addition of wheat-amaranth bran (5–15 %) and a control sample of wheat dough with 5 % content of wheat bran are within the normative values established in the standards. The addition of 5, 10 and 15 % wheat-amaranth bran improves the nutritional value of the finished product due to the high content of protein, micro- and macroelements, and highly unsaturated oil in the seeds, which contains squalene. Adding wheat-amaranth bran does not change the structure and properties of bread. The resulting samples of tin bread containing 5, 10 and 15 % wheat-amaranth bran have a smooth surface without any special deformations, a soft, elastic crumb, uniform thin-walled porosity without breaks; the taste and smell correspond to this type of wheat bread. The most pronounced taste and smell of wheat bread with 5 % wheat bran content is in tin bread containing 15 % wheat-amaranth bran. The physicochemical parameters of wheat-amaranth test samples, with the exception of moisture and acidity, do not exceed the values of the control sample. Based on the results of the research, technology for preparing enriched wheat pan bread with the addition of wheat-amaranth bran in amounts of 5, 10 and 15 % has been developed.

### For citation

Kandrov, R. H. et al. 2023. The influence of the wheat-amaranth bran content on the pan bread quality. *Vestnik of MSTU*, 26(4), pp. 503–510. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2023-26-4-503-510>.

## Введение

Зерно амаранта обладает сбалансированным химическим составом, повышенной пищевой и биологической ценностью, широким спектром функциональных пищевых веществ, в том числе антиоксидантного действия, что определяют перспективы его использования в технологии пищевых производств (Cai et al., 2003; Шмалько, 2004; Дергаусов, 2006; Железнов и др., 2009; Жаркова и др., 2019).

Исследования по использованию амаранта в пищевой промышленности в России касаются в основном способов применения амарантовой муки в хлебопекарном производстве. Биохимический состав, физические и технологические свойства зерна амаранта обуславливают возможность его применения для повышения потребительских свойств и пищевой ценности молочных, хлебобулочных, мучных кондитерских, мясных и других изделий (Ключкин, 1997; Кретов и др., 2006).

Данное сырье находит применение в качестве источника высококачественного белка, крахмала и масла (Офицеров, 2002; Росляков и др., 2004; Gorinstein et al., 2007; 2008).

Амарант и продукты его переработки по содержанию белка, аминокислот, витаминов, макро- и микроэлементов, биологически активных веществ и жира превосходит многие традиционные культуры (Gins et al., 2002; Gamel et al., 2006; Kelawala et al., 2004; Khandaker et al., 2008). Амарант, как сельскохозяйственная культура, отличается неприхотливостью к условиям внешней среды и повышенной урожайностью, сбалансированностью белка, пектинов, микро- и макроэлементов. В семенах амаранта содержится высоконасыщенное масло, в составе которого присутствует сквален (до 8 %). Сквален повышает силы иммунной системы человека и тем самым увеличивает устойчивость организма к опухолевым заболеваниям (Prakash et al., 1995; Sala et al., 1998; Kalac et al., 2000; Verma et al., 2002; Kamal, 2007; Zeashan et al., 2008).

Среди нетрадиционных для хлебопекарного производства видов сырья продукты переработки помольных зерновых смесей на основе амаранта занимают особое место, так как обладают высокой пищевой и биологической ценностью, а также технологическими свойствами, отличными от традиционных в хлебопечении видов муки (Способ получения..., 2021a).

В настоящее время актуальность приобретают разработки современных технологий производства хлебобулочных изделий и мучных кондитерских изделий с добавлением пшенично-амарантовых отрубей. Пшенично-амарантовые отруби изготавливаются при совместной переработке зерна пшеницы и амаранта в пшенично-амарантовую муку и пшенично-амарантовые отруби (Способ получения..., 2021б).

Целями исследования являлись определение влияния содержания пшенично-амарантовых отрубей на свойства и качество пшеничного хлеба, разработка технологии приготовления обогащенного пшеничного формового хлеба с добавлением пшенично-амарантовых отрубей в количестве 5–15 %.

## Материалы и методы

В качестве объекта исследования использованы амарантовые отруби – продукт, полученный при переработке зерна амаранта (или амарантового жмыха), сбалансированный по содержанию всех незаменимых аминокислот (Способ получения..., 2021a).

Амарантовые отруби превосходят отруби исходных видов по количеству белка в два раза, а клетчатки – в три раза, что обусловлено химическим составом анатомических частей зародыша и эндосперма зерна амаранта. Сравнительная характеристика содержания основных компонентов в зерне амаранта и пшеницы представлена в табл. 1.

Таблица 1. Сравнительный химический состав зерна амаранта и пшеницы  
Table 1. Comparative chemical composition of amaranth and wheat grains

Культура	Белок, %	Жиры, %	Углеводы, %	Клетчатка, %	Зола, %	Вода, %
Амарант	17,6	6,8	56,2	6,2	2,6	10,6
Пшеница	12,3	1,7	68,4	2,0	1,6	14

На кафедре зерна, хлебопекарных и кондитерских технологий Российского биотехнологического университета проведена переработка пшенично-амарантовой помольной смеси соотношением 70/30 % по разработанной и запатентованной технологической схеме (Способ получения..., 2021б) с использованием мельницы лабораторного помола МЛП-4 с нарезными вальцами. В результате были получены пшенично-амарантовая мука (79,3 %) и пшенично-амарантовые отруби (20,7 %).

Полученные при лабораторном помолу отруби использовались в процессе приготовления формового пшеничного хлеба с различным содержанием пшенично-амарантовых отрубей и пшеничной муки высшего сорта. Физико-химические и органолептические показатели образцов хлеба с пшенично-амарантовыми отрубями сравнивались с показателями контрольного образца хлеба с добавлением пшеничных отрубей.

Определение физико-химических и органолептических показателей осуществлялось в соответствии с ГОСТ 5667-65 "Хлеб и хлебобулочные изделия. Правила приемки, методы отбора образцов, методы

определения органолептических показателей и массы изделий"<sup>1</sup> и ГОСТ 25832-89 "Изделия хлебобулочные диетические"<sup>2</sup>.

### Результаты и обсуждение

Процесс тестоведения проведен по разработанной нами рецептуре (табл. 2). Первый этап приготовления пшеничного хлеба – замес с добавлением 5, 10 и 15 % пшенично-амарантовых отрубей в течение 10 мин (5 мин – при использовании 1-й скорости лабораторной тестомесилки до образования схваченных кусков теста, последующие 5 мин – 2-й скорости тестомесилки до получения целого комка теста). Начальная температура теста до брожения с содержанием отрубей 5 % составила 29,5 °С; 10 % – 29,6; 15 % – 29 °С.

После замеса готовое тесто отправлено на брожение; продолжительность брожения – 60–80 мин при комнатной температуре (20 °С), которая способствует формированию необходимого баланса кислых ароматов. Температура теста после брожения с содержанием отрубей 5 % составила 27,3 °С; 10 % – 27,1; 15 % – 27,4 °С.

После измерения температуры определены показатели влажности с помощью прибора Чижовой. При добавлении 5 % отрубей влажность теста составила 43,4 %; 10 % – 41,8; 15 % – 43,6 %. Влажность контрольного образца с 5%-м содержанием пшеничных отрубей равна 43,8 %.

Кислотность определена посредством титрования: при добавлении 5 % отрубей – 2,8 град; 10 % – 3,8; 15 % – 4,0 град; контрольный образец с добавлением пшеничных отрубей (5 %) – 3,4 град.

Полученные показатели соответствовали нормативам, указанным в стандарте (ГОСТ 5667-65).

После брожения каждый образец отправлен на расстойку (50 мин) при температуре 35 °С.

Таблица 2. Рецептура приготовления формового пшеничного хлеба с добавлением пшенично-амарантовых отрубей на 100 кг муки  
Table 2. Recipe for preparing pan wheat bread with the addition of wheat-amaranth bran

Сырье, кг	Рецептура приготовления хлеба с добавлением			
	пшеничных отрубей (контрольный образец)	пшенично-амарантовых отрубей		
	5 %	5 %	10 %	15 %
Мука пшеничная высшего сорта	0,481	0,481	0,454	0,400
Отруби	0,027	0,027	0,053	0,107
Мезофильная закваска	0,053	0,053	0,053	0,053
Соль пищевая	0,010	0,010	0,010	0,010
Вода	0,270	0,270	0,270	0,270
Сахар белый	0,005	0,005	0,005	0,005
Масло сливочное (82,5 %)	0,005	0,005	0,005	0,005

На втором этапе исследований проведена лабораторная выпечка пшеничного формового хлеба из муки высшего сорта с добавлением 5–15 % (интервал варьирования 5 %) пшенично-амарантовых отрубей и контрольного образца пшеничного хлеба с добавлением 5 % пшеничных отрубей. Определение физико-химических и органолептических показателей осуществлялось в течение установленных стандартом сроков (ГОСТ 5667-65), но не ранее чем через три часа.

Технологический процесс производства пшеничного формового хлеба с добавлением пшенично-амарантовых отрубей предусматривал внесение мезофильной закваски 100%-й градации и включал следующие операции. Замес каждого опытного образца теста с различным количественным содержанием пшенично-амарантовых отрубей и контрольного пшеничного с добавлением пшеничных отрубей был сокращен до 6 мин при использовании 2-го скоростного режима лабораторной тестомесилки. Начальная температура теста до брожения с 5%-м содержанием пшенично-амарантовых отрубей составила 29,5 °С, 10%-м – 29,6, 15%-м – 29,0 °С. Технологический процесс проводился по ускоренному методу тестоведения, т. е. было сокращено не только время замеса, но и время брожения с 60 до 30 мин при соблюдении комнатной температуры 25 °С (при комнатной температуре дрожжевое тесто начинает активно бродить). Температура теста после брожения с 5%-м содержанием пшенично-амарантовых отрубей составила 27,3 °С, 10%-м – 27,1, 15%-м – 27,4 °С.

После измерения температуры определены показатели влажности и кислотности пшеничного теста. При добавлении 5 % пшенично-амарантовых отрубей влажность теста составила 43,4 %; 10 % – 43,8; 15 % – 43,6 %; 5 % пшеничных отрубей (контрольный образец) – 43,8 %. Титрованием установили

<sup>1</sup> ГОСТ 5667-65. Хлеб и хлебобулочные изделия. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий. Введен 01.01.1966. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200022321>.

<sup>2</sup> ГОСТ 25832-89. Изделия хлебобулочные диетические. Технические условия. Введен 1990-07-01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200006139>.

кислотность тестовых заготовок: при внесении 5 % пшенично-амарантовых отрубей – 2,8 град; 10 % отрубей – 3,8; 15 % – 4,0 град; 5 % пшеничных отрубей (контрольный образец) – 3,4 град. Полученные экспериментальные результаты кислотности пшеничного теста с пшенично-амарантовыми отрубями и контрольного образца пшеничного теста с добавлением 5 % пшеничных отрубей соответствуют показателям, указанным в ГОСТ 25832-89.

Тесто каждого опытного образца после разделки и формования массой 200 г было отправлено на расстойку продолжительностью 50 мин при температуре 35 °С. После расстойки произведены лабораторные выпечки при температуре 220 °С в течение 25–30 мин.

После выпечки и полного остывания хлеба с содержанием пшенично-амарантовых отрубей и контрольного образца определены их органолептические и физико-химические свойства (табл. 3, 4).

Таблица 3. Органолептические показатели качества пшеничного хлеба с различным содержанием пшенично-амарантовых отрубей и контрольного пшеничного образца с добавлением 5 % пшеничных отрубей  
Table 3. Organoleptic quality indicators of bread with different content of wheat-amaranth bran and a control wheat sample with the addition of wheat bran (5 %)

Показатель	Контрольный образец	Хлеб с добавлением пшенично-амарантовых отрубей		
		5 %	10 %	15 %
Внешний вид	Правильная форма с выпуклой верхней коркой, недеформированная	Правильная форма с выпуклой верхней коркой, недеформированная	Правильная форма с выпуклой верхней коркой, недеформированная	Правильная форма с выпуклой верхней коркой, недеформированная
Поверхность	Гладкая, без вмятин на боках	Гладкая, без вмятин на боках от деформации	Гладкая, без крупных трещин	Гладкая, с небольшими вмятинами по бокам
Состояние мякиша	Мягкий, невлажный, эластичный, без комочков, равномерная тонкостенная пористость	Мягкий, хорошо пропеченный, без комочков, равномерная тонкостенная пористость	Нелипкий, невлажный, равномерная тонкостенная пористость	Невлажный, эластичный, равномерная тонкостенная пористость
Вкус и аромат	Приятный вкус, без постороннего привкуса; аромат, свойственный данному виду; без постороннего запаха	Наименее выраженный вкус; без постороннего привкуса; аромат, свойственный данному виду; без постороннего запаха	Приятный вкус; без постороннего привкуса; аромат, свойственный данному виду; без постороннего запаха	Наиболее выраженный вкус; без постороннего привкуса; аромат, свойственный данному виду; без постороннего запаха

На основе данных табл. 3 можно сделать следующие выводы. В опытных образцах с содержанием 5–15 % пшенично-амарантовых отрубей не выявлены отклонения от контрольного образца с содержанием 5 % пшеничных отрубей. Полученный хлеб с пшенично-амарантовыми отрубями имеет гладкую поверхность без особых деформаций; мягкий, эластичный мякиш с равномерной тонкостенной пористостью (без разрывов); вкус и запах, соответствующие данному виду. Экспертами дегустационной оценки особо выделен пшеничный хлеб с 15%-м содержанием пшенично-амарантовых отрубей, отличающийся наиболее выраженным вкусом и запахом.

Таблица 4. Физико-химические показатели качества пшеничного хлеба с различным содержанием пшенично-амарантовых отрубей и контрольного образца пшеничного хлеба с добавлением 5 % пшеничных отрубей  
Table 4. Physical and chemical parameters of bread with different content of wheat-amaranth bran and a control wheat sample with the addition of wheat bran (5 %)

Показатель	Контрольный образец	Хлеб с добавлением пшенично-амарантовых отрубей		
		5 %	10 %	15 %
Влажность, %	46,6	45,1	44,9	44,3
Кислотность, град	4,2	3,6	3,4	3,2
Пористость, %	63,0	65,0	67,0	66,0

Данные, указанные в табл. 4, свидетельствуют о том, что показатели опытных образцов с различным количественным содержанием пшенично-амарантовых отрубей соответствуют характеристикам контрольного

пшеничного образца с 5%-м содержанием пшеничных отрубей. Однако показатели влажности и кислотности отличаются от показателей контрольного пшеничного образца. Этот факт объясняется тем, что отруби обладают значительной водопоглотительной способностью и, соответственно, впитывают большое количество влаги, поэтому влажность с увеличением содержания отрубей уменьшалась по сравнению с контрольным образцом. Пониженная кислотность пшеничного хлеба с пшенично-амарантовыми отрубями также связана с поглощением большого количества влаги отрубями. С увеличением содержания отрубей тесто разжижалось при брожении и не успевало накопить определенное количество кислот.

Внешний вид хлеба с добавлением пшенично-амарантовых отрубей показан на рисунке.

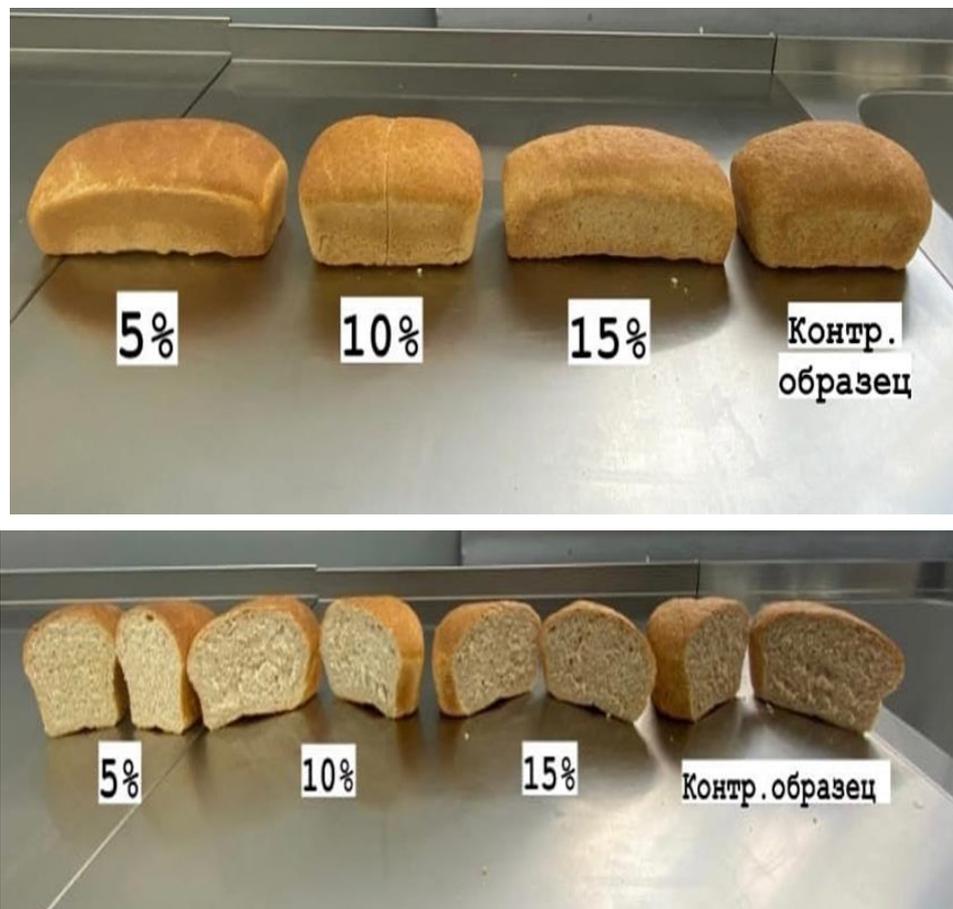


Рисунок. Внешний вид хлеба с добавлением пшенично-амарантовых отрубей  
Figure. Appearance of bread with the addition of wheat-amaranth bran of various ratios

### Заключение

В результате проведенных исследований установлено влияние содержания пшенично-амарантовых отрубей на хлебопекарные свойства формового пшеничного хлеба. При добавлении 5 % пшенично-амарантовых отрубей влажность теста составила 43,4 %; 10 % отрубей – 43,8; 15 % – 43,6; 5 % пшеничных отрубей (контрольный образец теста) – 43,8 %. Посредством титрования установлены значения кислотности тестовых заготовок с различным добавлением отрубей: при добавлении 5 % пшенично-амарантовых отрубей – 2,8 град; 10 % отрубей – 3,8; 15 % – 4,0 град; кислотность контрольного образца с 5%-м содержанием пшеничных отрубей – 3,4 град. Полученные экспериментальные результаты кислотности и влажности образцов тестовых заготовок с пшенично-амарантовыми отрубями и контрольный образец пшеничного теста с добавлением 5 % пшеничных отрубей соответствуют нормативным значениям, указанным в стандартах.

Добавление пшенично-амарантовых отрубей не меняет структуры и свойств хлеба. Полученные образцы формового хлеба с содержанием 5–15 % пшенично-амарантовых отрубей имеют гладкую поверхность без особых деформаций, мягкий, эластичный мякиш с равномерной, тонкостенной пористостью (без разрывов); вкус и запах, соответствующие данному виду. Наиболее выраженные вкус и запах по сравнению с хлебом с 5%-м содержанием пшеничных отрубей имеет формовой хлеб с добавлением 15 % пшенично-амарантовых отрубей. Физико-химические показатели пшенично-амарантовых опытных образцов (за исключением влажности и кислотности) не превышают показатели контрольного образца.

По результатам проведенных исследований разработана технология приготовления обогащенного пшеничного формового хлеба с добавлением пшенично-амарантовых отрубей в количестве 5–15 %.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Библиографический список

- Жаркова И. М., Лавров С. В., Самохвалов А. А., Гребенщиков А. В. [и др.]. Разработка функциональных пищевых продуктов для безглютенового и геродического питания, в том числе для профилактики остеопороза // Хлебопродукты. 2019. № 12. С. 53–55. DOI: 10.32462/0235-2508-2019-28-12-53-55. EDN: THRYGZ.
- Железнов А. В., Железнова Н. Б., Бурмакина Н. В., Юдина Р. С. Амарант: научные основы интродукции. Новосибирск : Гео, 2009. 236 с.
- Дергаусов В. И. Амарант – культура перспективная // Масла и жиры. 2006. № 2. С. 7–9.
- Кретов И. Т., Соболев С. Н., Мирошниченко Л. А., Жаркова И. М. Масло из семян амаранта // Масложировая промышленность. 2006. № 1. С. 22–23.
- Ключкин В. В. Основные направления переработки и использования пищевых продуктов из семян люпина и амаранта // Хранение и переработка сельхозсырья. 1997. № 9. С. 30–33.
- Способ получения амарантовой муки из амарантового жмыха : пат. 2745669 Рос. Федерация / Р. Х. Кандроков, Н. В. Лабутина ; № 2020106874 ; заявл. 14.02.20 ; опубл. 30.03.2021а, Бюл. № 10.
- Способ получения пшенично-амарантовой муки : пат. 2760494 Рос. Федерация / Р. Х. Кандроков, С. А. Катин ; № 2021114272 ; заявл. 20.05.21 ; опубл. 25.11.2021б, Бюл. № 33.
- Росляков Ю. Ф., Шмалько Н. А., Бочкова Л. А. Перспективы использования амаранта в пищевой индустрии // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические Науки. 2004. № 4. С. 92–95. EDN: NTOINR.
- Офицеров Е. Н. Амарант – перспективное сырье для пищевой и фармацевтической промышленности // Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. 2001. Т. 2, № 5. С. 1–4. EDN: WPGSZV.
- Шмалько Н. А., Уварова И. И., Росляков Ю. Ф. Амарантовая мука – антиоксидантная добавка для макаронных изделий, обогащенных бета-каротином // Известия вузов. Пищевая технология. 2004. № 5–6 (282–283). С. 39–41. EDN: PZMWUZ.
- Kelawala N. S., Ananthanarayan L. Antioxidant activity of selected foodstuffs // International Journal of Food Sciences and Nutrition. 2004. Vol. 55, Iss. 6. P. 511–516. DOI: <https://doi.org/10.1080/09637480400015794>.
- Khandaker L., Ali Md. B., Oba S. Total polyphenol and antioxidant activity of red amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) as affected by different sunlight level // Journal of the Japanese Society for Horticultural Science. 2008. Vol. 77, Iss. 4. P. 395–401. DOI: <https://doi.org/10.2503/jjshs1.77.395>.
- Gins M. S., Gins V. K., Kononkov P. F. Change in the biochemical composition of amaranth leaves during selection for increased amaranthine content // Applied Biochemistry and Microbiology. 2002. Vol. 38, N 5. P. 474–479. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1019980821313>.
- Gorinstein S., Vargas O. J. M., Jaramillo N. O., Salas I. A. [et al.]. The total polyphenols and the antioxidant potentials of some selected cereals and pseudocereals // European Food Research and Technology. 2007. Vol. 225, Iss. 3–4. P. 321–328. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-006-0417-7>.
- Gorinstein S., Lojek A., Číž M., Pawelzik E. [et al.]. Comparison of composition and antioxidant capacity of some cereals and pseudocereals // International Journal of Food Science & Technology. 2008. Vol. 43, Iss. 4. P. 629–637. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01498.x>.
- Cai Y., Sun M., Corke H. Antioxidant activity of betalains from plants of the Amaranthaceae // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2003. Vol. 51, Iss. 8. P. 2288–2294. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf030045u>.
- Gamel T. H., Linssen J. P. H. Nutritional and medical aspects of amaranth // Recent progress in Medicinal Plants / ed.: J. N. Govil. Studium Press LLC, 2006. P. 346–362.
- Sala M., Berardi S., Bondioli P. Amaranth seed: le potenzialità // Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse. 1998. Vol. 75, Iss. 11. P. 503–506.
- Kalač P., Moudrý J. Composition and nutritional value of amaranth seeds // Czech Journal of Food Sciences. 2000. Vol. 18, Iss. 5. P. 201–206. DOI: <https://doi.org/10.17221/9651-cjfs>.
- Kamal R. Radio-protective role of *Amaranthus paniculatus* L. on the sensitivity of mouse spermatogonia after exposure to gamma radiation // Himalayan J. Envir. Zool. 2007. Vol. 21, N 2. P. 315–318.
- Prakash D., Joshi B. D., Pal M. Vitamin C in leaves and seed oil composition of the *Amaranthus* species // International Journal of Food Sciences and Nutrition. 1995. Vol. 46, Iss. 1. P. 47–51. DOI: <https://doi.org/10.3109/09637489509003385>.
- Zeashan H., Amresh G., Singh S., Rao C. V. Hepatoprotective activity of *Amaranthus spinosus* in experimental animals // Food and Chemical Toxicology. 2008. Vol. 46, Iss. 11. P. 3417–3421. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2008.08.013>.
- Verma R. K., Sisodia R., Bhatia A. L. Radioprotective role of *Amaranthus gangeticus* Linn.: A biochemical study on mouse brain // Journal of Medicinal Food. 2002. Vol. 5, Iss. 4. P. 189–195. DOI: <http://doi.org/10.1089/109662002763003339>.

## References

- Zharkova, I. M., Lavrov, S. V., Samokhvalov, A. A., Grebenshchikov, A. V. et al. 2019. Development of functional food products for gluten-free and heroic nutrition, including for the prevention of osteoporosis. *Khleboproducty*, 12, pp. 53–55. DOI: 10.32462/0235-2508-2019-28-12-53-55. EDN: THRYGZ. (In Russ.)
- Zheleznov, A. V., Zheleznova, N. B., Burmakina, N. V., Yudina, R. S. 2009. Amaranth: Scientific basis of introduction. Novosibirsk. (In Russ.)
- Dergausov, V. I. 2006. Amaranth – a promising culture. *OILS&FATS*, 2, pp. 7–9. (In Russ.)
- Kretov, I. T., Sobolev, S. N., Miroshnichenko, L. A., Zharkova, I. M. 2006. Oil from amaranth seeds. *Maslozhirovaya Promyshlennost'*, 1, pp. 22–23. (In Russ.)
- Klyuchkin, V. V. 1997. The main directions of processing and use of food products from the seeds of lupine and amaranth. *Khranenie I Pererabotka Selkhozsyriya*, 9, pp. 30–33. (In Russ.)
- Kandrokov, R. Kh., Labutina, N. V. 2021a. Method for producing amaranth flour from amaranth cake, Russian Federation, Pat. 2745669. (In Russ.)
- Kandrokov, R. Kh., Katin, S. A. 2021b. Method for producing wheat-amaranth flour, Russian Federation, Pat. 2760494. (In Russ.)
- Roslyakov, Yu. F., Shmalko, N. A., Bochkova, L. A. 2004. Prospects for the use of amaranth in the food industry. *Bulletin of Higher Educational Institutions. North Caucasus Region. Technical Sciences*, 4, pp. 92–95. EDN: NTOINR. (In Russ.)
- Ofitserov, E. N. 2001. Amaranth as a promising raw material for food and pharmaceutical industries. *Khimiya i komp'yuternoye modelirovaniye. Butlerovskiye soobshcheniya*, 2(5), pp. 1–4. EDN: WPGSZV. (In Russ.)
- Shmalko, N. A., Uvarova, I. I., Roslyakov, Yu. F. 2004. Amaranth flour – an antioxidant additive for pasta enriched with beta-carotene. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*, 5–6(282–283), pp. 39–41. EDN: PZMWUZ. (In Russ.)
- Kelawala, N. S., Ananthanarayan, L. 2004. Antioxidant activity of selected foodstuffs. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 55(6), pp. 511–516. DOI: <https://doi.org/10.1080/09637480400015794>.
- Khandaker, L., Ali, Md. B., Oba, S. 2008. Total polyphenol and antioxidant activity of red amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) as affected by different sunlight level. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 77(4), pp. 395–401. DOI: <https://doi.org/10.2503/jjshs1.77.395>.
- Gins, M. S., Gins, V. K., Kononkov, P. F. 2002. Change in the biochemical composition of amaranth leaves during selection for increased amaranthine content. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 38(5), pp. 474–479. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1019980821313>.
- Gorinstein, S., Vargas, O. J. M., Jaramillo, N. O., Salas, I. A. et al. 2007. The total polyphenols and the antioxidant potentials of some selected cereals and pseudocereals. *European Food Research and Technology*, 225(3–4), pp. 321–328. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-006-0417-7>.
- Gorinstein, S., Lojek, A., Číž, M., Pawelzik, E. et al. 2008. Comparison of composition and antioxidant capacity of some cereals and pseudocereals. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(4), pp. 629–637. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01498.x>.
- Cai, Y., Sun, M., Corke, H. 2003. Antioxidant activity of betalains from plants of the Amaranthaceae. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(8), pp. 2288–2294. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf030045u>.
- Gamel, T. H., Linssen, J. P. H. 2006. Nutritional and medical aspects of amaranth. In *Recent progress in Medicinal Plants*. Ed.: J. N. Govil. Studium Press LLC, pp. 346–362.
- Sala, M., Berardi, S., Bondioli, P. 1998. Amaranth seed: le potenzialità. *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, 75(11), pp. 503–506.
- Kalač, P., Moudrý, J. 2000. Composition and nutritional value of amaranth seeds. *Czech Journal of Food Sciences*, 18(5), pp. 201–206. DOI: <https://doi.org/10.17221/9651-cjfs>.
- Kamal, R. 2007. Radio-protective role of *Amaranthus paniculatus* L. on the sensitivity of mouse spermatogonia after exposure to gamma radiation. *Himalayan J. Envir. Zool.*, 21(2), pp. 315–318.
- Prakash, D., Joshi, B. D., Pal, M. 1995. Vitamin C in leaves and seed oil composition of the *Amaranthus* species. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 46(1), pp. 47–51. DOI: <https://doi.org/10.3109/09637489509003385>.
- Zeashan, H., Amresh, G., Singh, S., Rao, C. V. 2008. Hepatoprotective activity of *Amaranthus spinosus* in experimental animals. *Food and Chemical Toxicology*, 46(11), pp. 3417–3421. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2008.08.013>.
- Verma, R. K., Sisodia, R., Bhatia, A. L. 2002. Radioprotective role of *Amaranthus gangeticus* Linn.: A biochemical study on mouse brain. *Journal of Medicinal Food*, 5(4), pp. 189–195. DOI: <http://doi.org/10.1089/109662002763003339>.

#### Сведения об авторах

**Кандроков Роман Хажсетович** – ул. Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, Россия, 125080;  
Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), канд. техн. наук, доцент;  
e-mail: nart132007@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2003-2918>

**Roman Kh. Kandrov** – 11 Volokolamskoe shosse Str., Moscow, Russia, 125080;  
Russian Biotechnological University (BIOTECH University), Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor;  
e-mail: nart132007@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2003-2918>

**Ерина Юлия Сергеевна** – ул. Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, Россия, 125080;  
Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), студент;  
e-mail: july.erina2016@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0727-626X>

**Julia S. Erina** – 11 Volokolamskoe shosse Str., Moscow, Russia, 125080;  
Russian Biotechnological University (BIOTECH University), Student;  
e-mail: july.erina2016@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0727-626X>

**Бурматов Валерий Вячеславович** – ул. Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, Россия, 125080;  
Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), студент,  
e-mail: burmatnovvv@mgupp.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9501-6002>

**Valery V. Burmatnov** – 11 Volokolamskoe shosse Str., Moscow, Russia, 125080;  
Russian Biotechnological University (BIOTECH University), Student;  
e-mail: burmatnovvv@mgupp.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9501-6002>