УДК 664.66:633.39

Разработка рецептуры хлебобулочного изделия с добавлением муки амаранта

Чибирева А.В., Фролов Д.И.

Аннотация. Изучено влияние амарантовой муки на биотехнологические свойства хлебопекарных дрожжей, качество клейковины пшеничной муки, газоудерживающую способность и кислотность теста, а также на качество готовых изделий. Установлено, что с увеличением дозировки амарантовой муки подъёмная сила прессованных дрожжей улучшается на 11–40 %, содержание сырой клейковины незначительно снижается, а её упруго-эластичные свойства усиливаются. Внесение амарантовой муки интенсифицирует процесс созревания теста и сокращает продолжительность брожения. Определено оптимальное содержание амарантовой муки в рецептуре – 7 % от массы пшеничной муки. Показано, что при внесении 10 % амарантовой муки содержание белка в изделии возрастает на 8,5 %, лизин-скор увеличивается с 45,1 до 93,3 %, что свидетельствует о повышении биологической ценности продукта. Разработаны рецептура, технологическая схема производства и технико-технологическая карта изделия. Новизна работы заключается в теоретическом и экспериментальном обосновании применения амарантовой муки в хлебопечении, выявлении её положительного влияния на качество клейковины, структурно-механические свойства теста и потребительские свойства хлеба.

Ключевые слова: хлебобулочное изделие, амарантовая мука, обогащение, рецептура, аминокислотный скор, биологическая ценность.

Для цитирования: Чибирева А.В., Фролов Д.И. Разработка рецептуры хлебобулочного изделия с добавлением муки амаранта // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 3. С. 108–112.

Development of a bakery product formulation with the addition of amaranth flour

Chibireva A.V., Frolov D.I.

Abstract. The influence of amaranth flour on the biotechnological properties of baking yeast, the quality of wheat gluten, the gas-retaining capacity and acidity of dough, as well as on the quality of finished products, has been studied. It has been established that with an increase in the dosage of amaranth flour, the lifting force of pressed yeast improves by 11–40 %, the content of raw gluten slightly decreases, and its elastic properties are enhanced. The introduction of amaranth flour intensifies the dough ripening process and shortens the fermentation duration. The optimal content of amaranth flour in the formulation has been determined – 7 % by weight of wheat flour. It is shown that with the introduction of 10 % amaranth flour, the protein content in the product increases by 8,5 %, the lysine score increases from 45,1 to 93,3 %, which indicates an increase in the biological value of the product. The formulation, technological scheme of production and technical-technological map of the product have been developed. The novelty of the work lies in the theoretical and experimental substantiation of the use of amaranth flour in baking, the identification of its positive effect on gluten quality, structural and mechanical properties of dough and consumer properties of bread.

Keywords: bakery product, amaranth flour, enrichment, formulation, amino acid score, biological value.

For citation: Chibireva A.V., Frolov D.I. Development of a bakery product formulation with the addition of amaranth flour. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 3. pp. 108–112. (In Russ.).

Введение

Развитие хлебопекарной промышленности осуществляется на базе внедрения новой техники, прогрессивной технологии, увеличения выработки хлеба и булочных изделий с различными добавками и улучшителями, повышающими их биологическую ценность и качество. В последние годы значительно увеличилась доля хлебопекарной продукции, вырабатываемой предприятиями малой мощности, по сравнению с долей продукции, вырабатываемой хлебозаводами. При этом ведётся активная работа по разработке ассортимента хлебобулочных изделий повышенной пищевой и биологической ценности с применением нетрадиционного сырья [1].

Концепция государственной политики в области здорового питания населения Российской Федерации определяет основные подходы и первоочередные задачи по созданию индустрии здорового (функционального, позитивного) питания. Анализ основных тенденций потребления пищевых продуктов показывает, что решение части проблем возможно путём обогащения хлебобулочных изделий физиологически ценными питательными веществами. При наличии их дисбаланса повышается риск возникновения заболеваний взрослого населения: онкологических, сердечно-сосудистых, нарушений функций желудочно-кишечного тракта, остеопороза, ожирения [2].

Хлебобулочные изделия занимают особое положение в питании населения: они входят в пищевой рацион подавляющего большинства потребителей, а введение в рецептуру ингредиентов, придающих продукту функциональные свойства, позволяет решать задачи профилактики заболеваний, связанных с дефицитом тех или иных веществ. Перспективным является применение нового сырья для хлебопечения – амарантовой белковой муки, получаемой из крупки амарантовой полуобезжиренной, являющейся вторичным продуктом при производстве амарантового масла [3].

Целью данной работы является разработка хлебобулочных изделий с добавлением муки амаранта для повышения биологической ценности. Для достижения поставленной цели решались задачи анализа сырья, применяемого при производстве хлебобулочных изделий, изучения влияния амарантовой муки на биотехнологические свойства дрожжей, качество клейковины, процессы созревания теста и качество готовой продукции, разработки оптимальной рецептуры и расчёта пищевой и биологической ценности полученного продукта.

Объекты и методы исследования

Объектами исследований являлись пшеничная мука первого сорта (ГОСТ Р 52189-2003), дрожжи хлебопекарные прессованные (ГОСТ Р 54731-2011), масло подсолнечное (ГОСТ 1129-2013), соль поваренная пищевая (ГОСТ Р 51574-2000) и мука амаранта (ТУ 9293-353-0334534-2003). Исследования проводились в лабораторных условиях кафедры «Пищевые производства» ПензГТУ.

Качество клейковины пшеничной муки определяли по ГОСТ 27839-2013, влажность хлеба – по ГОСТ 21094-75, пористость – по ГОСТ 5669-96. Подъёмную силу дрожжей оценивали ускоренным методом всплывания шарика теста, газоудерживающую способность теста – по количеству диоксида углерода, выделившегося за 5 ч брожения при 30 °С. Кислотность теста определяли по водно-мучной смеси и по водному экстракту. Органолептические показатели готовых изделий оценивали в соответствии с ГОСТ 31986-2012.

Таблица 1 - Рецептуры но хлеба с добавлением 3, 5, 7, 10 % но муки амаранта

Наименование сырья	Дозировка амарантовой муки, %			
	3%	5%	7%	10%
Мука пшеничная первого сорта	970	950	930	900
Мука амаранта	30	50	70	100
Соль поваренная пищевая	13	13	13	13
Дрожжи прессованные	5	5	5	5
Масло растительное	1,5	1,5	1,5	1,5
Итого сырья	1019,5	1019,5	1019,5	1019,5

Таблица 2 - Влияние но амарантовой муки но (АМ) на но качество активации но прессованных дрожжей (АПД)

Образец ПД	Подъемная сила, мин					Кислотность, град					Влажность ,%
	Продолжительность активации, мин										
	0	30	60	90	120	0	30	60	90	120	
Контроль	18	16	13	12	11	1,4	2,9	3	3,2	3,2	76,3
3% АМ	16	14	12	11	10	1,9	4,3	4,4	4,5	4,5	75,3
5% АМ	14	13	11	11	10	2,1	5,6	5,8	5,9	5,9	75
7% АМ	14	12	11	10	9	3,2	5,9	6,7	6,7	6,9	74,8
10% АМ	13	12	10	10	9	4	6,1	6,9	6,9	7	74,9

Таблица 3 – Влияние но амарантовой муки но на содержание и но качество клейковины

Показатели	Контроль	Дозировка амарантовой муки, %			
		3	5	7	10
Содержание сырой клейковины, %	28,4	27,3	26,4	25,8	25,2
Способность клейковины оказывать сопротивление деформирующей нагрузке сжатия	85,6	87,9	88,6	95,4	104,2

Таблица 4 - Влияние но амарантовой муки но на качество но хлеба, приготовленного но на жидкой но опаре

Показатели качества	Контроль	Дозировка амарантовой муки, %			
		3	5	7	10
Объем формованного хлеба, см³	900	990	1060	1110	1113
Удельный объем формованного хлеба. см³/100г	244	267	287	303	310
Формоустойчивость подовых изделий, H:D	0,44	0,45	0,45	0,46	0,46
Кислотность мякиша, %	1,12	1,44	1,6	1,76	2,1
Пористость, %	72	75	75	76	76
Содержание ароматических веществ (мл 0,1 моль дм³ р-р йода)	10,8	15,7	17,6	22,9	26,2

Структурная схема эксперимента включала анализ научно-технической литературы, научное обоснование применения амарантовой муки, изучение её потребительских свойств, исследование влияния на свойства основного сырья, оптимизацию рецептурных компонентов, определение пищевой и биологической ценности разработанных изделий, организацию процесса производства и разработку системы обеспечения качества и безопасности.

Результаты и их обсуждение

Для обогащения пшеничного хлеба из муки первого сорта была выбрана мука амаранта, которую вносили в количестве 3, 5, 7 и 10 % от массы пшеничной муки. Рецептуры опытных образцов приведены в таблице 1.

Изучение влияния амарантовой муки на биотехнологические свойства хлебопекарных дрожжей показало, что с увеличением её дозировки подъёмная сила прессованных дрожжей улучшается на 11–40 %, что, очевидно, обусловлено наличием в муке химических соединений, активирующих дрожжевые клетки. Влияние амарантовой муки на кислотность и влажность полуфабриката представлено в таблице 2.

Установлено, что содержание сырой клейковины при внесении амарантовой муки уменьшается, однако её структурно-механические свойства изменяются в сторону укрепления: показатель сопротивления нагрузке увеличивается по сравнению с контролем на 0,9; 2,7; 3,5; 11,5 и 14,2 % соответственно (таблица 3).

Газоудерживающая способность теста исследовалась по количеству диоксида углерода, выделившегося за 5 ч брожения. Наилучшей газоудерживающей способностью обладала белковая амарантовая мука, что, вероятно, связано с оптимальным содержанием в ней минеральных и сахарообразующих веществ, необходимых для дрожжей.

Влияние амарантовой муки на качество хлеба, приготовленного опарным способом с внесением муки непосредственно в опару, представлено в таблице 4.

Объём формового хлеба при внесении амарантовой муки увеличивается по сравнению с контролем на 4,4–23,7 %, удельный объём – на 4,9–27,0 %, формоустойчивость изделий – на 2,3–4,5 %, пористость – на 1,4–5,5 %, содержание ароматических веществ – в 1,2–2,4 раза соответственно. Наилучшими показателями отличается хлеб с 10 % амарантовой муки. Однако с учётом органолептических показателей оптимальным признано использование 7 % амарантовой муки.

Расчёт пищевой и энергетической ценности показал, что при замене 10 % пшеничной муки на амарантовую содержание белков возрастает на 8,5 %, при этом энергетическая ценность изделия несколько снижается за счёт уменьшения содержания углеводов (таблица 5).

Расчёт аминокислотного скора показал, что амарантовая мука позволяет существенно улучшить аминокислотный состав изделия. Лимитирующей аминокислотой пшеничного хлеба является лизин, скор которого возрастает с 45,1 % в контроле до 93,3 % в образце с 10 % амарантовой муки (таблица 6).

Технологический процесс приготовления хлеба с добавлением амарантовой муки состоит из следующих стадий: замес и брожение опары, замес и брожение теста, разделка теста, окончательная расстойка тестовых заготовок, выпечка, охлаждение и хранение готовых изделий. Начальная температура опары составляет 30 °С, продолжительность брожения жидкой опары – 210–300 мин. Тесто замешивают из всего количества жидкой опары с добавлением оставшегося количества муки, соли, амарантовой муки, раствора сахара и масла. Начальная температура теста – 27–33 °С, продолжительность брожения – 60–90 мин. Окончательная расстойка тестовых заготовок проводится при температуре 35–40 °С и относительной влажности воздуха 80–85 % в течение 20–120 мин. Выпечка осу-

Таблица 5 – Сводная таблица энергетической ценности образцов

Образец	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Энергетическая ценность, ккал
Контрольный образец	10,5	1,4	65	314,6
Образец № 1 (3 % АМ)	10,7	1,5	64,8	315,5
Образец № 2 (5 % АМ)	10,9	1,5	64,7	315,9
Образец № 3 (7 % АМ)	11,2	1,6	64,5	317,2
Образец № 4 (10 % АМ)	11,4	1,6	64,2	316,8

Таблица 6 – Сводная таблица аминокислотного скора

Наименование	Исходный	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4
Валин	94,5	100,8	104,9	108,8	114,4
Изолейцин	122,8	127,3	130,2	132,9	136,9
Лейцин	107,5	110,4	112,3	114,1	116,7
Лизин	45,1	60	70,7	80,4	93,3
Метионин + цистин	105,7	111,6	115,4	119,1	124,4
Треонин	73,9	82,2	88,5	93,9	101,9
Триптофан	111,3	134,3	149,1	163,3	183,9
Фенилаланин + тирозин	135,9	143,4	148,2	152,8	159,5

ществляется при температуре 220–240 °С в течение 30–35 мин.

Полученные результаты согласуются с данными ранее опубликованных исследований о положительном влиянии нетрадиционного растительного сырья на качество хлебобулочных изделий. В работах авторов показано, что амарантовая мука обладает высокой биологической ценностью и может использоваться в хлебопечении для балансирования аминокислотного состава пшеничной муки [4]. Установленное в настоящей работе укрепление клейковины при внесении амарантовой муки объясняется протеканием окислительно-восстановительных реакций и образованием дополнительных дисульфидных связей в белковых молекулах, что согласуется с известными представлениями о механизмах действия обогащающих добавок на структурно-механические свойства теста [5].

Выявленное увеличение газоудерживающей способности теста и интенсификация процесса созревания при внесении амарантовой муки подтверждают данные о том, что минеральные вещества и моносахариды, содержащиеся в растительных добавках, стимулируют размножение дрожжевых клеток и активизируют бродильную активность [6]. Это позволяет сократить продолжительность брожения и получить тесто с требуемыми технологическими свойствами за более короткое время.

Следует отметить, что внесение амарантовой муки в количестве более 10 % технологически нецелесообразно, поскольку амарантовая мука не содержит клейковины, и её избыток препятствует формированию полноценного белкового каркаса теста. Полученные данные о том, что оптимальной дозировкой является 7 % от массы пшеничной муки, согласуются с результатами исследований других авторов, отмечающих, что рациональные дозировки растительных добавок обычно не превышают 10–15 % [7].

Таким образом, результаты проведённого исследования развивают существующие представления о роли амарантовой муки в формировании качества хлебобулочных изделий и подтверждают перспективность её применения для создания продуктов с повышенной пищевой и биологической ценностью.

Выводы

Выполненные теоретические и экспериментальные исследования подтвердили целесообразность применения амарантовой муки в производстве хлебобулочных изделий. Научно обосновано использование амарантовой муки для повышения качества и биологической ценности продукции, а также для придания изделиям функциональных свойств. Выявлено, что наиболее эффективной дозировкой амарантовой муки является 7 % от массы пшеничной муки.

Установлено положительное влияние амарантовой муки на свойства основного сырья: с увеличением дозировки подъёмная сила прессованных дрожжей улучшается на 11–40 %, содержание сырой клейковины незначительно снижается, а её упруго-эластичные свойства усиливаются. Внесение амарантовой муки повышает кислотность теста в среднем на 2,2–3 градуса по сравнению с контролем и интенсифицирует процесс созревания теста. При внесении 10 % амарантовой муки содержание белка в изделии возрастает на 8,5 %, лизин-скор увеличивается с 45,1 до 93,3 %, что свидетельствует о повышении биологической ценности продукта и эффективности применения амарантовой муки в хлебопечении.

Литература

[1] Росляков Ю. Ф., Вершинина О. Л., Гончар В. В. Научные разработки для хлебопекарной и кондитерской отраслей //Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК– продукты здорового питания. – 2016. – №. 6 (14). – С. 42-47.

[2] Соловьева Е. А., Сьянов Д. А. Разработка технологии хлебобулочных изделий функционального назначения с использованием нетрадиционного сырья //Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2017. – Т. 79. – №. 3 (73). – С. 104-108.

[3] Попов В. Г., Хайруллина Н. Г., Садыкова Х. Н. Тенденции использования безглютеновых видов муки в производстве продукции функционального назначения //Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2021. – Т. 83. – №. 1 (87). – С. 121-128.

[4] Жаркова И. М. и др. Амарантовая мука: характеристика, сравнительный анализ, возможности применения //Вопросы питания. – 2014. – Т. 83. – №. 1. – С. 67-73.

[5] Урубков С. А., Хованская С. С., Смирнов С. О. Сравнительное содержание минеральных веществ в безглютеновых культурах // Индустрия питания / Food Industry. – 2020. – Т. 5. – №. 4. – С. 60-67.

[6] Вознюк Е. В. и др. Исследование хлебопекарных свойств амарантовой муки //Вестник Казанского технологического университета. – 2016. – Т. 19. – №. 22. – С. 150-153.

[7] Никонорова Ю. Ю., Волкова А. В., Казарина А. В. Изучение потребительских свойств хлеба из пшеничной муки высшего и первого сортов с добавлением амарантовой муки //Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2020. – №. 12 (165). – С. 165-171.

References

[1] Roslyakov Yu. F., Vershinina O. L., Gonchar V. V. Scientific developments for the baking and confectionery industries // Technologies of the Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex – Healthy Food Products. – 2016. – No. 6 (14). – P. 42-47.

[2] Solovyeva E. A., Syanov D. A. Development of technology for functional bakery products using non-traditional raw materials // Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies. – 2017. – Vol. 79. – No. 3 (73). – P. 104-108.

[3] Popov V. G., Khayrullina N. G., Sadykova Kh. N. Trends in the use of gluten-free flours in the production of functional foods // Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies. – 2021. – Vol. 83. – No. 1 (87). – P. 121-128.

[4] Zharkova I. M. et al. Amaranth flour: characteristics, comparative analysis, and application potential // Problems of Nutrition (Voprosy Pitaniya). – 2014. – Vol. 83. – No. 1. – P. 67-73.

[5] Urubkov S. A., Khovanskaya S. S., Smirnov S. O. Comparative mineral content in gluten-free crops // Food Industry. – 2020. – Vol. 5. – No. 4. – P. 60-67.

[6] Voznyuk E. V. et al. Study of the baking properties of amaranth flour // Bulletin of Kazan Technological University. – 2016. – Vol. 19. – No. 22. – P. 150-153.

[7] Nikonorova Yu. Yu., Volkova A. V., Kazarina A. V. Study of consumer properties of bread made from top- and first-grade wheat flour with the addition of amaranth flour // Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University. – 2020. – No. 12 (165). – P. 165-171.

Сведения об авторах	**Information about the authors**
Чибирева Анастасия Витальевна магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 **E-mail:**	**Chibireva Anastasia Vitalievna** undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University **E-mail:**
Фролов Дмитрий Иванович кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 **Тел.:** +7(937) 408-35-28 **E-mail:** surr@bk.ru	**Frolov Dmitriy Ivanovich** PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University **Phone:** +7(937) 408-35-28 **E-mail:** surr@bk.ru