

Разработка рецептуры безглютенового бисквитного полуфабриката

Екатерина В. Пашкович¹ e.pashkovich@mgutm.ru  0000-0002-2394-4560
Кристина В. Власова¹ k.vlasova@mgutm.ru  0000-0002-0434-9686

¹ Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ), Москва, Россия

Аннотация. Целью исследования является научное обоснование и практическая разработка рецептуры безглютенового бисквитного полуфабриката, позволяющей одновременно исключить риск воздействия глютена у чувствительных групп населения, а также восполнить дефицит растительного белка благодаря содержанию и соотношению незаменимых аминокислот в нутовой, кунжутной, конопляной и льняной муке. Объектом исследования выступает безглютеновый бисквитный полуфабрикат, разработанный на основе различных соотношений нутовой, кунжутной, конопляной и льняной муки. Контрольный образец изготовлен из меланжа, сахара, пшеничной муки, эссенции и картофельного крахмала по сборнику рецептов Могильного Н.П. В результате использования метода имитационного подбора рецептурного состава в программе «НутриМон» было разработано семь опытных рецептур полуфабриката с различным соотношением альтернативных видов муки. Оптимальной является рецептура с соотношением нутовой, кунжутной, конопляной и льняной муки 42:31:19:8. Данный бисквитный полуфабрикат содержит 14,8 г белка на 100 г продукта, что на 88% выше, чем в контрольном образце на пшеничной муке. Аминокислотный скор по большинству незаменимых аминокислот превышает 100%. Он существенно обогащен такими незаменимыми аминокислотами, как фенилаланин и тирозин, треонин, изолейцин, гистидин, валин, лейцин, лизин. Органолептическая оценка подтвердила высокие показатели качества образца (средний балл $4,75 \pm 0,12$), он лишен выраженной горечи, которую может дать кунжутная мука и травянистого привкуса конопляной муки, характерных для других опытных рецептур.

Ключевые слова: глютен, бисквитный полуфабрикат, альтернативные виды муки, белок, аминокислотный скор.

Development of a gluten-free bisquit semi-finished product recipe

Ekaterina V. Pashkovich¹ e.pashkovich@mgutm.ru  0000-0002-2394-4560
Kristina V. Vlasova¹ k.vlasova@mgutm.ru  0000-0002-0434-9686

¹ Moscow State University of Technology and Management K.G. Razumovsky (PKU), Moscow, Russia

Abstract. The aim of the study is to scientifically substantiate and practically develop the recipe for a gluten-free biscuit semi-finished product, which would simultaneously eliminate the risk of gluten exposure in sensitive groups of the population, as well as to compensate for the deficiency of vegetable protein due to the content and ratio of essential amino acids in chickpea, sesame, hemp and flax flour. The object of the study is a gluten-free biscuit semi-finished product developed on the basis of different ratios of chickpea, sesame, hemp and flax flour. The control sample is made from melange, sugar, wheat flour, essence, and potato starch according to the recipe book by N.P. Mogilny. As a result of using the method of imitation selection of the formulation composition in the NutriMon program, seven experimental formulations of the semi-finished product with different ratios of alternative types of flour were developed. The optimal formulation is the one with a ratio of chickpea, sesame, hemp, and flax flour of 42:31:19:8. This biscuit semi-finished product contains 14.8 g of protein per 100 g of product, which is 88% higher than in the control sample made with wheat flour. The amino acid score for most essential amino acids exceeds 100%. The gluten-free biscuit semi-finished product is significantly enriched with essential amino acids such as phenylalanine and tyrosine, threonine, isoleucine, histidine, valine, leucine, and lysine. The organoleptic evaluation confirmed the high quality of the sample (average score of 4.75 ± 0.12), which lacks the pronounced bitterness caused by sesame flour and the grassy flavor associated with hemp flour, which are characteristic of other experimental formulations.

Keywords: gluten, biscuit semi-finished product, alternative types of flour, protein, and amino acid score.

Введение

На сегодняшний день во всем мире прослеживается устойчивый рост потребительского спроса на продукты питания без содержания глютена. В большей степени это связано с повышением внимания населения к вопросам поддержания здоровья, а также с увеличением распространения непереносимости глютена среди населения.

В современной медицине к аутоиммунным патологиям, в основе которых лежит непереносимость глютена, относятся целиакия, аллергия на глютен и нецелиакичная непереносимость глютена. Известно, что с каждым годом растет количество людей с выявленной глютенопереносимостью. В настоящее время от этого заболевания страдает от 0,7 до 2,9% населения планеты [1].

Для цитирования

Пашкович Е.В., Власова К.В. Разработка рецептуры безглютенового бисквитного полуфабриката // Вестник ВГУИТ. 2026. Т. 88. № 3. С. 70–79. doi:10.20914/2310-1202-2026-3-70-79

For citation

Pashkovich E.V., Vlasova K.V. Development of a gluten-free bisquit semi-finished product recipe. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2026. vol. 88. no. 3. pp. 70–79. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2026-3-70-79

В условиях увеличения спроса на безглютеновые изделия доля России в мировом объеме рынка в 2024 году составила 1,77%. Прогнозируется, что Россия покажет самые высокие темпы прироста в Европейском регионе, а к 2033 году рынок вырастет до 258,71 млн долл. США [2]. Следовательно, появление на рынке новых видов безглютеновой продукции является актуальным и коммерчески оправданным на сегодняшний день.

Людям с целиакией и другими формами непереносимости глютена показано пожизненное соблюдение аглиадиновой диеты, подразумевающей полное исключение из рациона продуктов, содержащих белки проламины и глютенины.

Глиадин – один из основных белковых компонентов глютена. Данный белок содержится преимущественно в пшенице, которая является основой для значительной доли зерновых продуктов. Согласно данным за 2024 год, на сегмент хлебобулочных изделий и готовых завтраков, традиционно содержащих пшеницу, приходится около 73% мирового рынка зерновых продуктов [3].

Согласно принципам рационального питания, энергетическая доля белка в суточном рационе взрослого здорового человека должна составлять 12–15% от общей калорийности рациона. В количественном выражении это соответствует нормам физиологической потребности – 0,8–1,0 грамма белка на 1 килограмм массы тела в сутки. Причем 50% от общего количества белка должны составлять белки животного происхождения и 50% – растительного. При этом белок животного происхождения обладает полным набором незаменимых аминокислот и характеризуется высоким коэффициентом усвояемости (90–95%), а растительный белок имеет лимитирующие аминокислоты, что влияет на его низкое усвоение из продукта.

Для определения полноценности белка, поступающего в организм человека, существуют данные «идеального» белка, который по эталону 2013 года ФАО/ВОЗ должен содержать определенное количество незаменимых аминокислот (таблица 1).

Таким образом, сложившаяся ситуация характеризуется двумя взаимосвязанными проблемами: с одной стороны, существует значительная часть населения, вынужденная исключать традиционные источники растительного белка (в частности, пшеницу, рожь, ячмень и т. д.) из-за непереносимости глютена, а с другой – широко распространена общая белковая

недостаточность в рационе. Это формирует очевидную потребность в разработке новых подходов в пищевой промышленности, а именно продуктов, которые были бы безопасны для людей, чувствительных к глютену, и одновременно обладали хорошей усвояемостью, благодаря оптимальному соотношению незаменимых аминокислот.

Таблица 1.

Аминокислотный состав «идеального» белка по шкале ФАО/ВОЗ

Table 1.

Amino acid composition of an «ideal» protein according to the FAO/WHO scale

Незаменимые аминокислоты Amino acid	Содержание, г/100г белка Content
Val	4,0
Iso	3,0
Leu	6,1
Lys	4,8
Met+ Cys	2,3
Phe+ Tyr	4,1
Thr	2,5
Try	0,66
His	1,6

К основным продуктам с высоким содержанием глютена относятся мучные кондитерские изделия. Данная продукция имеет высокую энергетическую ценность при низкой пищевой ценности, а также низкое содержание полноценного белка.

Согласно «Стратегии повышения качества пищевой продукции в РФ до 2030 года» основной проблемой является потребление пищевой продукции с низкими потребительскими свойствами, которая является причиной снижения качества жизни и развития ряда заболеваний населения, в том числе за счет необоснованно высокой калорийности пищевой продукции, сниженной пищевой ценности, избыточного потребления насыщенных жиров, дефицита микронутриентов и пищевых волокон.

Цель работы – научное обоснование и практическая разработка рецептуры безглютенового бисквитного полуфабриката, позволяющей одновременно исключить риск воздействия глютена у чувствительных групп населения, а также восполнить дефицит растительного белка благодаря содержанию и соотношению незаменимых аминокислот в альтернативных видах муки (нутовой, кунжутной, конопляной, льняной).

Материалы и методы.

В рамках настоящего исследования объектом исследования являлся безглютеновый бисквитный полуфабрикат.

В качестве рецептурных компонентов полуфабриката были использованы четыре вида муки (нутовая, кунжутная, конопляная и льняная мука), приобретенных в торговых сетях г. Москва, отвечающих требованиям качества и безопасности: нутовая, кунжутная, конопляная мука – ТУ 9293–009–89751414–10, льняная мука – ТУ-10.41.42–004–2311233040.

При разработке бисквитного полуфабриката использовали следующие методы исследования:

- разработка рецептур осуществлялась с помощью компьютерной программы «НутриМон» путем варьирования массовых долей рецептурных компонентов (нутовой, кунжутной, конопляной и льняной муки) с целью увеличения содержания белка в готовом бисквитном полуфабрикате и оптимизации аминокислотного сора относительно эталона ФАО/ВОЗ;

- органолептические показатели бисквитного полуфабриката определяли по ГОСТ 5897–90;

- содержание незаменимых аминокислот в бисквитном полуфабрикате анализировали по ГОСТ 32195–2013, ГОСТ 32201–2013 методом ионообменной хроматографии с постколоночной дериватизацией нингидрином на жидкостном хроматографе Shimadzu LC-20 Prominence.

В данном исследовании для разработки рецептур безглютенового бисквитного полуфабриката с оптимальным соотношением незаменимых аминокислот был применен метод компьютерного имитационного моделирования с использованием специализированного программного обеспечения «Нутримон» [4]. За основу была взята классическая рецептура бисквитного полуфабриката, в которой пшеничная мука, являющаяся источником глютена, была полностью заменена на композиции из альтернативных видов муки: нутовой, кунжутной, конопляной и льняной.

В качестве основных факторов, подлежащих варьированию, были выбраны массовые доли каждого вида альтернативной муки в композиции (ω , %). Целью варьирования являлась оптимизация аминокислотного профиля готового продукта. На первом этапе для каждого вида муки был составлен подробный аминокислотный профиль, послуживший базой данных для моделирования.

Параметрами оптимизации на этапе моделирования были выбраны:

- общее содержание белка (г / 100 г) в готовом полуфабрикате.

- аминокислотный скор по незаменимым аминокислотам в сравнении с эталонным белком по шкале ФАО/ВОЗ.

На втором этапе исследования для выбора оптимального образца полуфабриката из разработанных вариантов был использован дескрипторно-профильный метод и бальная система органолептической оценки качества (ГОСТ 5897–90). Оценка проводилась по пятибалльной шкале по следующим дескрипторам: внешний вид (ровность формы, равномерность пропечения), цвет (интенсивность, однородность, наличие нехарактерных оттенков), запах (выраженность, наличие посторонних тонов: травянистого, орехового, маслянистого), вкус (степень горечи, сладости, «мучного» привкуса, посторонних нот), консистенция (пористость, влажность, эластичность, наличие липкости), вид в разрезе (равномерность пор, отсутствие уплотнений).

Выбор показателей для оценки влияния альтернативных видов муки (внешний вид и форма, поверхность, цвет, вид в разрезе, вкус, запах) обоснован следующим. Бисквитный полуфабрикат не имеет строго стандартизированного перечня органолептических показателей в отличие от готового изделия (например, бисквитного торта или рулета). В связи с этим в настоящем исследовании использована система дескрипторов, наиболее часто применяемая в научных работах по технологии мучных кондитерских изделий. Показатель «вид в разрезе» (включающий пористость, равномерность пор, наличие уплотнений, цвет структуры) является критическим для бисквитного полуфабриката, поскольку характеризует его технологическое качество и пригодность для дальнейшей переработки (пропитки, прослойки кремом). Показатель «поверхность» важен для оценки равномерности пропечения и отсутствия дефектов выпечки. Цвет оценивался с учётом внесения какао-порошка, маскирующего нежелательные оттенки конопляной муки. Вкус и запах являются интегральными потребительскими характеристиками, определяющими приемлемость продукта. Таким образом, выбранные показатели полностью охватывают как технологические, так и сенсорные аспекты качества безглютенового бисквитного полуфабриката.

Экспериментальное определение содержания аминокислот в опытном образце бисквитного полуфабриката, получившего максимальные баллы при органолептической оценке, осуществляли методом ионообменной хроматографии с постколоночной дериватизацией

нингидрином, который основан на разделении аминокислот за счет их различного электростатического взаимодействия с катионообменной смолой (сульфированный полистирол-дивинилбензол) при градиентном элюировании буферными растворами с возрастающими значениями pH и ионной силы. После разделения аминокислоты реагируют с нингидрином в реакционной капиллярной колонке при температуре 130 °C с образованием окрашенных производных (фиолетово-синих для первичных аминокислот и желтых для вторичных – пролина). Детекцию проводили фотометрически при двух длинах волн 570 и 440 нм в режиме реального времени.

Экспериментальные исследования были проведены в лаборатории кафедры цифровой нутрициологии, гостиничного и ресторанного сервиса ФГБОУ ВО «Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)», а также в испытательном центре ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий».

Результаты и обсуждение

В научной литературе известны случаи применения указанных видов муки в технологии бисквитного полуфабриката,

В ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» на кафедре технологии питания разработан рецептурный состав бисквитного полуфабриката, предусматривающий замещение пшеничной муки мукой из нута в количестве от 5 до 25%. Установлено, что введение нутовой муки оказывает влияние на органолептические характеристики опытных образцов: изделия отличались равномерной пористостью, мягкой и нежной консистенцией, а также приятным ореховым привкусом. Оптимальной признана доля нутовой муки, составляющая 10%. Данный образец бисквитного полуфабриката характеризовался повышенным содержанием значимых нутриентов: белка – на 16,2%, жиров – на 0,9%, пищевых волокон – на 110,9% по сравнению с контролем. Энергетическая ценность продукта возросла на 3,5% [6].

В ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» использовали конопляную муку при производстве кексов. При замене пшеничной муки на конопляную на 10–15% улучшается структура и вид в изломе, снижается плотность изделий, повышается содержание витамина B₁, минеральных веществ (K, Ca, Mg, Fe). Соотношение белков, жиров и углеводов

в кексах с конопляной мукой близко к рекомендуемому (МР 2.3.1.0253–21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации») [7].

Исследована возможность использования льняной муки в технологии изделий из бисквитного теста. К контрольной рецептуре осуществлялась замена меланжа льняной мукой до 100%. Разработаны маффины с шоколадом, маффины с изюмом, маффины медовые и маффины с шоколадной серединкой. Благодаря внесению льняной муки содержание масла в рецептуре может быть снижено до 30%. Разработанные маффины являются источниками полноценных белков, полиненасыщенных жирных кислот, пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ [8].

В статье Л.М. Кононенко рассматривается целесообразность применения семян кунжута и порошка из них в технологии производства бисквита с целью повышения его пищевой ценности и улучшения органолептических характеристик. Обосновано, что семена кунжута обладают высоким содержанием белков, жиров, углеводов, а также значительным количеством кальция, витамина E и других микронутриентов, что обуславливает их диетические и профилактические свойства. Экспериментально установлено, что оптимальной дозировкой подсушенных семян кунжута является 7% к массе муки, а порошка из семян кунжута – 10%, что позволяет получить бисквит с равномерной пористостью, мягкой консистенцией, выраженным ореховым вкусом и ароматом. Выявлено, что внесение порошка из семян кунжута способствует повышению упругости структуры в разрезе, снижению его влажности, уменьшению деформации при резке и сокращению времени выстойки полуфабриката [9].

На основе представленных данных исследований установлено, что внесение в рецептуру бисквитного полуфабриката нутовой, кунжутной, конопляной и льняной муки положительно сказывается на органолептических, физико-химических, структурно-механических показателях изделия, а также пищевой ценности. Однако, полученные изделия не являются безглютеновыми ввиду того, что альтернативная мука используется лишь для частичной замены пшеничной муки.

Для моделирования рецептур безглютенового бисквитного полуфабриката был составлен аминокислотный профиль пшеничной и альтернативных видов муки (таблица 2) [10].

Таблица 2.

Аминокислотный состав муки (мг/100 г)

Table 2.

Amino acid composition of flour (100 g)

Аминок-ты Amino acid	Пшеничн ая мука Wheat flour	Нутова я мука Chickp ea flour	Кунжутн ая мука Sesame flour	Коноплян ая мука Hemp flour	Льняная я мука Flaxseed meal
Val	101,4	139,7	68,8	159,9	21,4
Iso	85,0	112,2	53,0	115,7	17,9
Leu	163,0	207,9	94,3	194,7	24,7
Lys	67,6	189,2	39,5	114,8	17,2
Met+ Cys	39,0	56,1	40,6	112,1	14,2
Phe+ Tyr	136,7	223,3	116,9	243,9	29
Thr	68,6	105,6	51,1	114,2	15,3
Try	29,4	24,2	27,0	33,2	5,9
His	51,2	78,1	36,2	87,2	9,4

Сравнительный анализ аминокислотного профиля различных видов муки выявил, что конопляная мука характеризуется максимальным содержанием большинства незаменимых аминокислот, значительно превосходя другие виды муки. Далее следует нутовая мука, обеспечивая высокий уровень лизина, который является дефицитной аминокислотой в растительных белках. Минимальное содержание всех незаменимых аминокислот зафиксированы в льняной муке. Пшеничная и кунжутная мука находятся в среднем диапазоне по содержанию аминокислот; при этом пшеничная мука уступает конопляной и нутовой практически по всем рассматриваемым веществам.

С учетом этих данных для создания наилучшего аминокислотного профиля в компьютерной программе «Нутримон» было смоделировано 7 рецептов безглютенового бисквитного полуфабриката (таблица 3).

Основной упор при разработке рецептов был сделан на количество белка в 100 г готового изделия, а также на аминокислотный состав и органолептические показатели [11].

Таблица 3.

Содержание белка в бисквитном полуфабрикate

Table 3.

The protein content of the biscuit semi-finished product

Рецептура Recipe	Соотношение муки (Н:К: Кон: Л) **, % Flour ratio (H:C:A:L) **, %	Кол-во белка, г/100г Amount of protein, g/100g
Контроль Control	100*	7,9
№ 1	42:31:19:8	12,7
№ 2	23:38:23:16	12,6
№ 3	31:58:4:7	13,0
№ 4	69:15:8:8	12,2
№ 5	27:15:50:8	13,0
№ 6	42:15:35:8	12,7
№ 7	27:15:8:50	12,4

* – пшеничная мука

** – Н (нутовая), К (кунжутная), Кон (конопляная), Л (льняная)

По данным таблицы 3 видно, что максимальное количества белка имеют опытные образцы № 3 и № 5 с повышенным содержанием кунжутной и конопляной муки (до 58 и 50% от общего количества муки, соответственно), минимальное количество – образцы № 4 и № 7.

Рабочие рецепты бисквитного полуфабриката представлены в таблице 4.

В представленных опытных рецептурах была произведена замена пшеничной муки, являющейся источником глютена, на нуттовую, кунжутную, конопляную и льняную. Для улучшения органолептических показателей было снижено на 8% содержание сахара за счет внесения какао.

Таблица 4.

Рецептуры бисквитного полуфабриката

Table 4.

Semi-finished biscuit recipes

Сырье Raw material	Контроль Control	Расход сырья на 100 г, г Raw material consumption per 100 g, g							
		Соотношение нутовой, кунжутной, конопляной и льняной муки Ratio of chickpea, sesame, hemp and flaxseed flour							
		42:31:19:8	23:38:23:16	31:58:4:7	69:15:8:8	27:15:50:8	42:15:35:8	27:15:8:50	
Меланж Melange	42,7	43	43	43	43	43	43	43	
Сахар Sugar	26	24	24	24	24	24	24	24	
Картофельный крахмал Potato starch	5	5	5	5	5	5	5	5	
Какао порошок Cocoa Powder	-	2	2	2	2	2	2	2	
Пшеничная мука Wheat flour	26	-	-	-	-	-	-	-	
Мука нуттовая Chickpea flour	-	11	6	8	18	7	11	7	
Кунжутная мука Sesame flour	-	8	10	15	4	4	4	4	
Мука конопляная Hemp flour	-	5	6	1	2	13	9	2	
Льняная мука Flaxseed meal	-	2	4	2	2	2	2	13	
Ванильная эссенция Vanilla Essence	0,3	-	-	-	-	-	-	-	
Итого: Total:	100	100	100	100	100	100	100	100	

Таблица 5.

Аминокислотный профиль бисквитного полуфабриката

Table 5.

Amino acid profile of a biscuit semi-finished product

Аминокислота Amino acid	Идеальный белок (ФАО/ВОЗ), г/100 г белка Ideal protein (FAO/WHO), g/100 g protein	Контроль Control	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7
Try	4	1,28	2,41	2,39	2,43	2,39	2,40	2,40	2,39
Thr	3	0,82	6,71	6,71	6,72	6,69	6,72	6,71	6,67
Iso	6,1	0,99	7,26	7,26	7,27	7,24	7,26	7,25	7,22
Leu	4,8	1,71	12,19	12,19	12,21	12,17	12,20	12,19	12,09
Lys	2,3	4,58	8,21	8,24	8,18	8,26	8,21	8,23	8,16
Met	4,1	2,07	3,87	3,87	3,90	3,82	3,90	3,87	3,83
Cys		1,16	1,80	1,83	1,76	1,79	1,84	1,82	1,81
Phe	2,5	3,94	8,37	8,36	8,39	8,35	8,37	8,36	8,31
Tyr		2,48	5,92	5,92	5,94	5,88	5,94	5,92	5,85
Val	0,66	4,68	9,51	9,51	9,52	9,47	9,53	9,51	9,45
His	1,6	1,83	4,43	4,43	4,43	4,41	4,44	4,43	4,39

После подбора альтернативных видов муки в рецептурах безглютенового бисквитного полуфабриката и определения в них количества белка был сформирован аминокислотный профиль образцов (таблица 5).

Проведенный сравнительный анализ демонстрирует, что разработанные рецептуры № 1–7 наиболее рациональны по аминокислотному составу относительно контрольного образца. Они характеризуются повышенным и сбалансированным между собой содержанием ключевых незаменимых аминокислот, таких как треонин, изолейцин, лейцин, валин, фенилаланин и лизин, уровень которых в несколько раз превышает показатели контроля.

После разработки аминокислотного профиля безглютенового бисквитного полуфабриката было выявлено, что в рецептурах № 4 и № 7 содержится наименьшее количество белка и незаменимых аминокислот по сравнению с другими образцами. Следовательно, данные рецептуры не использовались в дальнейшем исследовании.

Далее бисквитный полуфабрикат выпекли и провели органолептическую оценку по основным показателям, результаты которой представлены на рисунке 1.

По диаграмме рисунка 1 видно, что для образца № 1 (оптимальное соотношение 42:31:19:8) средний балл составил $4,75 \pm 0,12$; для контрольного образца – $4,85 \pm 0,10$. Минимальные баллы отмечены у образца № 5 ($3,92 \pm 0,18$) и № 3 ($4,02 \pm 0,15$) из-за выраженной горечи и травянистого привкуса. Различия между образцом № 1 и контрольным образцом по большинству дескрипторов признаны статистически незначимыми ($p > 0,05$), за исключением цвета (более темный оттенок опытного образца за счет какао) и консистенции

(незначительно более плотная структура опытного образца). Полученные данные подтверждают высокие потребительские свойства разработанного безглютенового бисквитного полуфабриката.

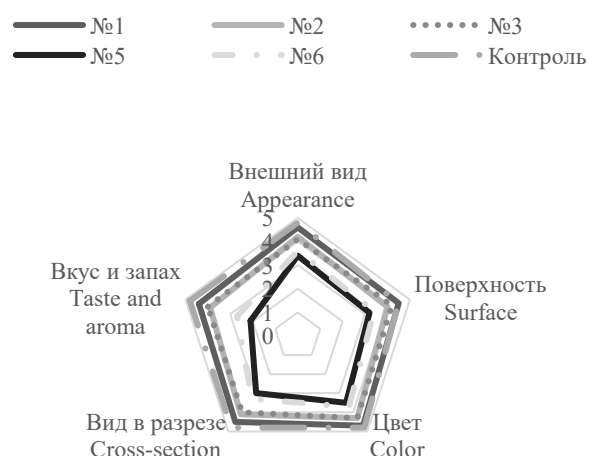


Рисунок 1. Органолептическая оценка бисквитного полуфабриката

Figure 1. Organoleptic evaluation of semi-finished biscuit product

Стоит отметить, что внесение в рецептуру альтернативных видов муки оказывает значительное влияние на органолептические показатели готового изделия.

В таблице 6 представлено влияние используемых видов муки на готовый бисквитный полуфабрикат

Разработанный бисквитный полуфабрикат с соотношением нутовой, кунжутной, конопляной, льняной муки 42:31:19:8 является оптимальным для потребителя согласно органолептическим показателям качества.

Таблица 6.

Влияние альтернативных видов муки на органолептические показатели бисквитного полуфабриката

Table 6.

Influence of alternative flour on the organoleptic characteristics of sponge cake semi-finished products

Вид муки Type	Внешний вид и форма Appearance and shape	Поверхность Surface	Цвет Color	Вид в разрезе Sectional view	Вкус Taste	Запах Smell
Нутовая Chickpea	Изделие имеет ровную, слегка округлую форму. Подъем может быть несколько ниже, чем у пшеничного бисквита. The product has an even, slightly rounded shape. The rise can be slightly lower than that of a wheat sponge cake	Поверхность гладкая, ровная, с равномерной тонкой корочкой. The surface is smooth, even, with a uniform thin crust	От светло-желтого до золотисто-кремового, насыщенный. Light yellow to golden cream, rich	Структура в разрезе равномерно пористая, но поры могут быть мельче и плотнее. Структура достаточно эластичная, слегка влажная. The structure in the section is evenly porous, but the pores can be smaller and denser. The structure is quite elastic, slightly damp	Нейтральный, с легкими орехово-зерновыми нотами. Не обладает выраженной горечью, хорошо сочетается с другими ингредиентами. Neutral, with light nutty-grain notes. Does not have a pronounced bitterness, goes well with other ingredients	Легкий, приятный, характерный зерновой или ореховый аромат. Light, pleasant, characteristic grain or nutty aroma
Кунжутная Sesame	Бисквит хорошо поднимается, форма устойчивая. The sponge cake rises well, the shape is stable.	Поверхность может быть слегка маслянистой на ощупь из-за высокого содержания жира. Цвет однородный. The surface may be slightly oily to the touch due to its high fat content. The color is uniform.	От кремового до насыщенного бежево-коричневого (зависит от степени обжарки муки). From cream to rich beige and brown (depending on the degree of roasting of the flour).	Структура в разрезе плотная, равномерная, но может быть менее воздушной. Пористость умеренная. Придает структуре в разрезе ощутимо более плотную и слегка маслянистую текстуру. The structure in the section is dense, uniform, but can be less airy. Porosity is moderate. It gives the structure a noticeably denser and slightly oily texture in the cut.	Ярко выраженный ореховый вкус с характерными тонами кунжута. В высокой концентрации (> 30–40% в мучной смеси) может давать заметную горьковатую ноту. A pronounced nutty taste with characteristic tones of sesame. In high concentrations (> 30-40% in a flour mixture), it can produce a noticeable bitter note.	Интенсивный, узнаваемый аромат жареного кунжута, который доминирует над другими запахами. An intense, recognizable aroma of roasted sesame that dominates other scents.
Конопляная Hemp	Изделие хорошо сохраняет форму, но может не давать сильного подъема. The product retains its shape well, but may not give a strong rise.	Поверхность слегка шероховатая, матовая. Цвет очень темный. The surface is slightly rough, matte. The color is very dark.	От темно-зеленоватого до серо-коричневого, очень интенсивный. Dark greenish to gray-brown, very intense.	Структура в разрезе плотная, влажная, пористость низкая. Структура может быть слегка зернистой. Цвет в разрезе неравномерный, с вкраплениями. The structure in the section is dense, moist, and the porosity is low. The structure can be slightly grainy. The color in the cut is uneven, interspersed.	Землистый, травянистый, «зеленый» вкус. В значительной доле (> 25–30%) придает выраженный специфический привкус, который может восприниматься как непривычный. Earthy, herbaceous, "green" taste. In a significant proportion (> 25-30%) it gives a pronounced specific taste, which can be perceived as unusual.	Сильный, травяной, землистый аромат, напоминающий семена или зелень. A strong, herbal, earthy aroma reminiscent of seeds or greens.
Льняная Linen	Бисквит может быть более плоским и плотным, так как мука обладает высокой гигроскопичностью и связывает много влаги. The sponge cake can be flatter and denser, as the flour is highly hygroscopic and binds a lot of moisture.	Поверхность ровная, но более темная. Может быть слегка липкой при переизбытке. The surface is flat, but darker. It can be slightly sticky when overloaded.	Темно-коричневый с характерным рыжеватым оттенком. Dark brown with a characteristic reddish tint.	Структура в разрезе очень плотная, влажная, липковатая. Практически не имеет выраженной пористой структуры, может быть слегка жевательным. The structure in the section is very dense, moist, sticky. It has practically no pronounced porous structure, it can be slightly chewing.	Слегка ореховый, с легкой горчинкой и терпкостью. Может оставлять ощущение легкой вязкости во рту. Slightly nutty, with a slight bitterness and tartness. May leave a slight viscosity feeling in the mouth.	Слабый, специфический маслянисто-ореховый запах, может быть не очень выраженным на фоне других ингредиентов. A faint, specific oily-nutty smell may not be very pronounced against the background of other ingredients.

Изменение данного соотношения не лучшим образом оказывает влияние на потребительские характеристики. Нутовая мука меньше всего из представленных видов муки ухудшает органолептические показатели изделия, так по данным таблицы 7 она имеет нейтральный вкус с ореховыми нотками. Благодаря этому в рецептуре бисквитного полуфабриката данного вида муки содержится больше. Кунжутная мука при увеличении массовой доли в соотношении оказывает влияние на вкус, так как готовое изделие приобретает горечь в послевкусии. Это происходит из-за того, что в кунжуте содержатся сезамоллин и сезамин. Конопляная мука достаточно специфичный вид муки, который влияет на все органолептические показатели готового изделия. При внесении конопляной муки в рецептуру полуфабриката приобретает серо-зеленый оттенок. Поэтому в рецептуру для улучшения показателя «цвет» было добавлено какао. Избыточное содержание хлорофилла в составе конопляной муки придает продукту травянистый вкус и запах. Льняная мука оказывает влияние на внешний вид изделия, увеличение ее массовой доли в оптимальном соотношении снижает подъем и пористость бисквитного полуфабриката, а способность муки к гелеобразованию придает изделиям вязкость и липкость, что снижает потребительский спрос. Поэтому в рецептуре содержится минимальное ее количество.

Проанализировав все характеристики альтернативных видов муки и результаты органолептические оценки, можно сделать вывод, что соотношение нутовой, кунжутной, конопляной, льняной муки 42:31:19:8 является оптимальным для производства безглютенового бисквитного полуфабриката.

Далее исследовали содержание аминокислот в лучшем образце бисквитного полуфабриката и провели сравнение с эталонным белком по шкале ФАО/ВОЗ. Результаты представлены в таблице 7.

Исходя из данных таблицы 7 видно, большинство незаменимых аминокислот в опытном образце присутствуют в избытке относительно идеального белка. Отмечено высокое содержание ароматических аминокислот (фенилаланин + тирозин), их количество более чем в 2 раза выше нормы. Немного ниже содержание треонина, валина, изолейцина и гистидина.

Единственной лимитирующей аминокислотой в исследуемом образце бисквитного полуфабриката является триптофан (скор 71%). Это означает, что белок в исследованном продукте имеет неполноценный профиль именно по триптофану.

Таблица 7.

Содержание аминокислот в безглютеновом бисквитном полуфабрикате

Table 7.

Amino acid content in gluten-free sponge cake

Незаменимая аминокислота Amino Acid	Идеальный белок (ФАО/ВОЗ), г/100г белка Ideal protein (FAO/WHO), g/100g protein	Образец, г/100 г белка Sample, g/100 g protein	Δ	Амин. скор Amino acid score
Val	4,0	5,73	+1,73	143%
Iso	3,0	4,79	+1,79	160%
Leu	6,1	7,96	+1,86	131%
Lys	4,8	5,40	+0,60	113%
Met + Cys	2,3	2,36	+0,06	103%
Phe+ Tyr	4,1	8,92	+4,82	218%
Thr	2,5	4,45	+1,95	178%
Try	0,66	0,47	-0,19	71%
His	1,6	2,56	+0,96	160%

Для повышения содержания данной аминокислоты в бисквите и приближения белка к идеальному следует сократить количество крахмала в рецептуре полуфабриката за счет увеличения количества конопляной и кунжутной муки, а также использовать источники триптофана в отделочных полуфабрикатах для мучных кондитерских изделий.

Заключение

В результате проведенного исследования с использованием метода компьютерного имитационного подбора рецептов в программе «НутриМон» на основе анализа аминокислотного состава нутовой, кунжутной, конопляной и льняной муки было смоделировано 7 рецептурных композиций безглютенового бисквитного полуфабриката. Сравнительный анализ аминокислотного профиля показал, что конопляная мука характеризуется максимальным содержанием большинства незаменимых аминокислот, нутовая мука обеспечивает высокий уровень лизина (189,2 мг / 100 г), а льняная мука содержит минимальное количество всех незаменимых аминокислот. Оптимальной признана рецептура № 1 с соотношением нутовой, кунжутной, конопляной и льняной муки 42:31:19:8. Данный бисквитный полуфабрикат содержит 14,8 г белка на 100 г продукта, что на 88% выше контрольного образца на пшеничной муке. Аминокислотный профиль образца № 1 существенно обогащен по треонину (4,45 г/100 г белка), изолейцину (4,79 г/100 г белка), лейцину (7,96 г/100 г белка), валину (5,73 г/100 г белка), фенилаланину и лизину (8,92 г/100 г белка), уровень которых в несколько раз превышает показатели контроля и обеспечивает аминокислотный скор: валин – 143%, изолейцин – 160%, лейцин – 131%,

лизин – 113%, метионин + цистеин – 103%, фенилаланин + тирозин – 218%, треонин – 178%, гистидин – 160%. Единственной лимитирующей аминокислотой является триптофан (скор 71%). Органолептическая оценка, проведенная дегустационной комиссией из 100 экспертов по шести дескрипторам (внешний вид, цвет, запах, вкус, консистенция, вид в разрезе) с использованием пятибалльной шкалы показала, что образец № 1 получил средний балл $4,75 \pm 0,12$, максимально приближенный к контрольному образцу ($4,85 \pm 0,10$). Образцы с повышенным содержанием кунжутной муки (№ 3, доля 58%) и конопляной муки (№ 5, доля 50%) получили минимальные баллы ($3,92 \pm 0,18$

и $4,02 \pm 0,15$ соответственно) из-за выраженной горечи и травянистого привкуса. Таким образом, подбор соотношений альтернативных видов муки с помощью компьютерной программы «НутриМон» позволил разработать рецептуру безглютенового бисквитного полуфабриката с повышенной пищевой ценностью и приближенным к идеальному аминокислотным профилем. Разработанный безглютеновый бисквитный полуфабрикат с соотношением муки 42:31:19:8 рекомендуется для использования в производстве мучных кондитерских изделий функциональной направленности, в том числе для людей с целиакией и другими формами непереносимости глютена.

Литература

- 1 Gatti S., Rubio-Tapia A., Makharia G. et al. Patient and community health global burden in a world with more celiac disease // *Gastroenterology*. 2024. V. 167. № 1. P. 23–33.
- 2 Крохалев В.А. Использование муки нута в рецептурном составе бисквитного полуфабриката // *Вестник КрасГАУ*. 2022. № 8. С. 165–172.
- 3 Козубаева Л.А. Применение конопляной муки при производстве кексов // *Ползуновский вестник*. 2021. № 1. С. 27–33.
- 4 Портнов Н.М., Преображенская Э.Н. Мониторинг физического развития и нутритивного статуса: руководство пользователя компьютерной программы. М.: Центр Эйдос, 2019. 163 с.
- 5 Кононенко Л.М. Исследование возможности применения семян кунжута при производстве бисквита // *Научные труды КубГТУ*. 2019. № 9. С. 90–96.
- 6 Кабылда А.И., Мыктабаева М.С., Серикбай Г.С. и др. Изучение аминокислотного состава различных видов безглютеновой муки // *Известия НВ АУК*. 2022. № 3 (67). С. 153–161.
- 7 Ботбаева Ж.Т., Коптлеуова Т.М., Тажина С. и др. Технология производства сухих мучных смесей для производства безглютеновых кондитерских изделий // *Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки*. 2020. № 4 (92). С. 265–269.
- 8 Ammar I. et al. Optimization of gluten-free sponge cake fortified with whey protein concentrate using mixture design methodology // *Food Chemistry*. 2021. V. 343. P. 128457. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.128457
- 9 Ammar I., Sebi H., Aloui T. et al. Optimization of a novel, gluten-free bread's formulation based on chickpea, carob and rice flours using response surface design // *Heliyon*. 2022. V. 8. № 12. P. e12164. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e12164
- 10 Carboni A.D., Puppo M.C., Ferrero C. Gluten-free lentil cakes with optimal technological and nutritional characteristics // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2024. V. 104. № 10. P. 6298–6310. doi: 10.1002/jsfa.13459
- 11 Mendes B.A.B. et al. Physical, textural, and sensory characteristics of gluten-free cupcakes developed with native and modified by hydrothermal treatment green plantain flours // *Journal of Food Science*. 2024. V. 89. № 11. P. 7437–7451. doi: 10.1111/1750-3841.17455
- 12 Hayit F., Balıkcı E., Yazıcı L., Bescanlar S. Investigation of the Usability of Hemp Flour in the Production of Gluten-Free Cakes // *Journal of Culinary Science & Technology*. 2025. V. 23. № 4. P. 919–935. doi: 10.1080/15428052.2024.2357282
- 13 Culetu A., Susman I.E., Duta D.E., Belc N. Nutritional and Functional Properties of Gluten-Free Flours // *Applied Sciences*. 2021. V. 11. № 14. P. 6283. doi: 10.3390/app11146283
- 14 Mashanova N., Satayeva Z., Smagulova M., Kundzybayeva N., Karimova G. Nutritional and Structural Evaluation of Gluten-Free Flour Mixtures Incorporating Various Oilseed Cakes // *Processes*. 2024. V. 12. № 8. P. 1616. doi: 10.3390/pr12081616
- 15 Vinod B.R., Asrey R., Rudra S.G. et al. Chickpea as a promising ingredient substitute in gluten-free bread making: an overview of technological and nutritional benefits // *Food Chemistry Advances*. 2023. V. 3. P. 100473. doi: 10.1016/j.focha.2023.100473
- 16 Foschia M. et al. Legumes as functional ingredients in gluten-free bakery and pasta products // *Annual Review of Food Science and Technology*. 2017. V. 8. P. 75–96. doi: 10.1146/annurev-food-030216-030045
- 17 Gularte M.A. Impact of legume flours on quality and in vitro digestibility of starch and protein from gluten-free cakes // *Food and Bioprocess Technology*. 2012. V. 5. P. 3142–3150. doi: 10.1007/s11947-011-0642-3
- 18 Burbano J.J., et al. Gluten-free cakes with walnut flour: a technological, sensory, and microstructural approach // *International Journal of Food Science and Technology*. 2022. V. 57. P. 4772–4781. doi: 10.1111/ijfs.15752
- 19 Tomić J. et al. Gluten-Free Crackers Based on Chickpea and Pumpkin Seed Press Cake Flour: Nutritional, Functional and Sensory Properties // *Food Technology and Biotechnology*. 2022. V. 60. № 4. P. 488–498. doi: 10.17113/ftb.60.04.22.7655
- 20 Deora N.S., Deswal A., Mishra H.N. Functionality of alternative protein in gluten-free product development // *Food Science and Technology International*. 2015. doi: 10.1177/1082013214538984

References

- 1 Gatti S., Rubio-Tapia A., Makharia G. et al. Patient and community health global burden in a world with more celiac disease. *Gastroenterology*. 2024. vol. 167. no. 1. pp. 23–33.
- 2 Krokhaev V.A. The use of chickpea flour in the recipe of a sponge semi-finished product. *Bulletin of KrasGAU*. 2022. no. 8. pp. 165–172. (in Russian).
- 3 Kozubaeva L.A. The use of hemp flour in the production of muffins. *Polzunovsky Bulletin*. 2021. no. 1. pp. 27–33. (in Russian).
- 4 Portnov N.M., Preobrazhenskaya E.N. Monitoring of physical development and nutritional status: user manual of the computer program. Moscow: Center Eidos, 2019. 163 p. (in Russian).
- 5 Kononenko L.M. Study of the possibility of using sesame seeds in the production of sponge cake. *Scientific Works of KubSTU*. 2019. no. 9. pp. 90–96. (in Russian).
- 6 Kabydla A.I., Myktabaeva M.S., Serikbay G.S. et al. Study of the amino acid composition of various types of gluten-free flour. *News of NV AUK*. 2022. no. 3 (67). pp. 153–161. (in Russian).
- 7 Botbaeva Zh.T. et al. Technology for the production of dry flour mixtures for the production of gluten-free confectionery products. *Bulletin of Shakhmar University. Technical Sciences Series*. 2020. no. 4 (92). pp. 265–269. (in Russian).
- 8 Ammar I., Gharsallah H., Ben Brahim A. et al. Optimization of gluten-free sponge cake fortified with whey protein concentrate using mixture design methodology. *Food Chemistry*. 2021. vol. 343. article 128457. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.128457.
- 9 Ammar I., Sebii H., Aloui T. et al. Optimization of a novel, gluten-free bread's formulation based on chickpea, carob and rice flours using response surface design. *Heliyon*. 2022. vol. 8. no. 12. article e12164. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e12164.
- 10 Carboni A.D., Puppo M.C., Ferrero C. Gluten-free lentil cakes with optimal technological and nutritional characteristics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2024. vol. 104. no. 10. pp. 6298–6310. doi: 10.1002/jsfa.13459.
- 11 Mendes B.A.B. et al. Physical, textural, and sensory characteristics of gluten-free cupcakes developed with native and modified by hydrothermal treatment green plantain flours. *Journal of Food Science*. 2024. vol. 89. no. 11. pp. 7437–7451. doi: 10.1111/1750-3841.17455.
- 12 Hayit F., Balıkcı E., Yazıcı L., Bescanlar S. Investigation of the Usability of Hemp Flour in the Production of Gluten-Free Cakes. *Journal of Culinary Science & Technology*. 2025. vol. 23. no. 4. pp. 919–935. doi: 10.1080/15428052.2024.2357282.
- 13 Culetu A., Susman I.E., Duta D.E., Belc N. Nutritional and Functional Properties of Gluten-Free Flours. *Applied Sciences*. 2021. vol. 11. no. 14. article 6283. doi: 10.3390/app11146283.
- 14 Mashanova N., Satayeva Z., Smagulova M., Kundzybayeva N., Karimova G. Nutritional and Structural Evaluation of Gluten-Free Flour Mixtures Incorporating Various Oilseed Cakes. *Processes*. 2024. vol. 12. no. 8. article 1616. doi: 10.3390/pr12081616.
- 15 Vinod B.R., Asrey R., Rudra S.G. et al. Chickpea as a promising ingredient substitute in gluten-free bread making: an overview of technological and nutritional benefits. *Food Chemistry Advances*. 2023. vol. 3. article 100473. doi: 10.1016/j.focha.2023.100473.
- 16 Foschia M., Horstmann S.W., Arendt E.K., Zannini E. Legumes as functional ingredients in gluten-free bakery and pasta products. *Annual Review of Food Science and Technology*. 2017. vol. 8. pp. 75–96. doi: 10.1146/annurev-food-030216-030045.
- 17 Gulate M.A., Gómez M., Rosell C.M. Impact of legume flours on quality and in vitro digestibility of starch and protein from gluten-free cakes. *Food and Bioprocess Technology*. 2012. vol. 5. pp. 3142–3150. doi: 10.1007/s11947-011-0642-3.
- 18 Burbano J.J., Cabezas D.M., Correa M.J. Gluten-free cakes with walnut flour: a technological, sensory, and microstructural approach. *International Journal of Food Science and Technology*. 2022. vol. 57. pp. 4772–4781. doi: 10.1111/ijfs.15752.
- 19 Tomić J. et al. Gluten-Free Crackers Based on Chickpea and Pumpkin Seed Press Cake Flour: Nutritional, Functional and Sensory Properties. *Food Technology and Biotechnology*. 2022. vol. 60. no. 4. pp. 488–498. doi: 10.17113/ftb.60.04.22.7655.
- 20 Deora N.S., Deswal A., Mishra H.N. Functionality of alternative protein in gluten-free product development. *Food Science and Technology International*. 2015. [Online first]. doi: 10.1177/1082013214538984.

Сведения об авторах

Екатерина В. Пашкович Старший преподаватель, Кафедра цифровой нутрициологии, гостиничного и ресторанного сервиса, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского, Москва, Россия, e.pashkovich@mgutm.ru  <https://orcid.org/0000-0002-2394-4560>

Кристина В. Власова к.т.н., доцент, Кафедра цифровой нутрициологии, гостиничного и ресторанного сервиса, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского, Москва, Россия, k.vlasova@mgutm.ru  <https://orcid.org/0000-0002-0434-9686>

Вклад авторов

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Ekaterina V. Pashkovich Senior lecturer, Department of Digital Nutrition, Hotel and Restaurant Service, Moscow State University of Technology and Management K.G. Razumovsky, Moscow, Russia, e.pashkovich@mgutm.ru  <https://orcid.org/0000-0002-2394-4560>

Kristina V. Vlasova Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, Department of Digital Nutrition, Hotel and Restaurant Service, Moscow State University of Technology and Management K.G. Razumovsky, Moscow, Russia, k.vlasova@mgutm.ru  <https://orcid.org/0000-0002-0434-9686>

Contribution

Authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 01/05/2026

После редакции 18/05/2026

Принята в печать 20/06/2026

Received 01/05/2026

Accepted in revised 18/05/2026

Accepted 20/06/2026