

УДК 641.1

## Обоснование применения композиций безглютеновых видов муки и отходов сокового производства в технологии бельгийских вафель

В. Е. ГРИШИНА<sup>1</sup>, канд. техн. наук О. В. АНИСТРАТОВА<sup>1,2\*</sup>,  
канд. техн. наук М. Н. АЛЬШЕВСКАЯ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Калининградский государственный технический университет

<sup>2</sup>Западный филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации

\*E-mail: oksana.anistratova@klgtu.ru

*В современных условиях актуальной задачей пищевой промышленности является разработка безглютеновых мучных смесей функционального назначения, отвечающих требованиям здорового питания и диетического рациона. В рамках исследования были разработаны рецептурные композиции бельгийских вафель на основе рисовой, кукурузной и амарантовой муки с учетом нормирования содержания пищевых волокон, минеральных веществ и аминокислотного баланса. Методом линейного программирования по критериям максимального содержания белка, пищевых волокон и магния были оптимизированы три мучные композиции на основе рисовой, кукурузной и амарантовой муки (55:25:20; 25:55:20; 40:40:20, соответственно). Оценка аминокислотного состава показала, что все три проектируемые безглютеновые мучные композиции превосходят пшеничную муку по сбалансированности незаменимых аминокислот (увеличивается содержание лимитированных аминокислот (лизина с 56 до 69–78%, метионина с 67% до 71–78%), избыток триптофана снижается с 176% до 136–159%). Установлено, что рецептурная композиция с соотношением рисовой, кукурузной и амарантовой мукой 55:25:20 соответственно обладает лучшим аминокислотным профилем, I классом белка и превосходит остальные образцы по коэффициенту жирнокислотной сбалансированности (0,460 при I=3 и 0,243 при I=5) и коэффициенту биологической эффективности (0,268). С точки зрения жирнокислотного состава у всех безглютеновых мучных смесей зафиксировано повышение НЖК (с 68% до 70–85%) и МНЖК (с 21% до 52–56%). Значение сора ПНЖК (483–574%) во всех образцах значительно превышал эталон (100%). На основе смоделированных смесей разработаны рецептуры бельгийских вафель. Наилучшей органолептической оценкой обладали образцы бельгийских вафель с соотношением рисовой, кукурузной и амарантовой муки в рецептуре 40:40:20 соответственно. Разработанные рецептуры расширяют возможности использования нехлебопекарных видов муки и вторичного сырья растительного происхождения (жмыха моркови) в технологии бельгийских вафель с повышенной пищевой ценностью и потребительскими свойствами.*

**Ключевые слова:** безглютеновые компоненты, мучное кондитерское изделия, бельгийские вафли, мучные композиции, пшеничная мука, рисовая мука, кукурузная мука, амарантовая мука, пищевая ценность, органолептическая оценка.

### Информация о статье:

Поступила в редакцию 27.05.2025, одобрена после рецензирования 15.07.2025, принята к печати 22.07.2025

DOI: 10.17586/1606-4313-2025-24-3-66-75

Язык статьи — русский

### Для цитирования:

Гришина В. Е., Анистратова О. В., Альшевская М. Н. Обоснование применения композиций безглютеновых видов муки и отходов сокового производства в технологии бельгийских вафель. // Вестник Международной академии холода. 2025. № 3. С. 66–75. DOI: 10.17586/1606-4313-2025-24-3-66-75

## Justifying the use of gluten-free flour compositions in Belgian waffle technology

V. Y. GRISHINA<sup>1</sup>, Ph. D. O. V. ANISTRATOVA<sup>1,2\*</sup>, Ph. D. M. N. ALSHEVSKAYA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kaliningrad State Technical University

<sup>2</sup>Western branch of the Russian President Academy of National Economy and Public Administration

\*E-mail: oksana.anistratova@klgtu.ru

*In modern conditions, an urgent task of the food industry is the development of gluten-free flour mixtures for functional purposes, which meet the requirements of a healthy diet and dietary intake. As part of the study, the formulation compositions of Belgian waffles based on rice, corn and amaranth flour were developed, taking into account the rationing of dietary fiber,*

minerals, and amino acid balance. Three flour compositions based on rice, corn, and amaranth flour were optimized using linear programming based on the criteria of maximum protein, dietary fiber, and magnesium content (55:25:20; 25:55:20; 40:40:20, respectively). The evaluation of the amino acid composition showed that all three projected gluten-free flour compositions are superior to wheat flour in terms of the balance of essential amino acids (the content of limited amino acids increases (lysine — from 56 to 69–78 %, methionine — from 67 % to 71–78 %); excess tryptophan decreases from 176 % to 136–159 %). It was found that the formulation with a ratio of rice, corn, and amaranth flour of 55:25:20, respectively, has the best amino acid profile, protein class I, and surpasses the other samples in terms of fatty acid balance (0.460 at I=3 and 0.243 at I=5) and biological efficiency coefficient (0.268). In terms of fatty acid composition, all gluten-free flour mixtures showed an increase in NLC (from 68 % to 70–85 %) and MNFA (from 21 % to 52–56 %). The PUFA score (483–574 %) in all samples significantly exceeded the standard (100 %). Based on the simulated mixtures, formulations for Belgian waffles have been developed. The samples of Belgian waffles with a ratio of rice, corn, and amaranth flour in the 40:40:20 formulation, respectively, had the best organoleptic assessment. The developed formulations expand the possibilities of using non-bakery types of flour and secondary raw materials of vegetable origin (carrot cake) in the technology of Belgian waffles with increased nutritional value and consumer properties.

**Keywords:** gluten-free ingredients, flour confectionery, Belgian waffles, flour compositions, wheat flour, rice flour, corn flour, amaranth flour, nutritional value, organoleptic evaluation.

#### Article info:

Received 27/05/2025, approved after reviewing 15/07/2025, accepted 22/07/2025

DOI: 10.17586/1606-4313-2025-24-3-66-75

Article in Russian

#### For citation:

Grishina V. Y., Anistratova O. V., Alshevskaya M. N. Justifying the use of gluten-free flour compositions in Belgian waffle technology. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2025. No 3. p. 66–75. DOI: 10.17586/1606-4313-2025-24-3-66-75

## Введение

Статистика эпидемиологических исследований показывает существенный рост случаев диагностики целиакии за последние два десятилетия, при этом считается, что количество недиагностированных случаев превалирует над выявленными случаями заболевания.

Общемировая распространенность целиакии составляет 1 % мирового населения, но широко варьирует между странами [1]. Предполагаемая частота заболевания в России может составлять 1:100–1:250 человек, однако крупных эпидемиологических исследований до настоящего времени в нашей стране не проводилось [2].

Лечение целиакии в настоящее время заключается в соблюдении пожизненной строгой безглютеновой диеты, которая подразумевает под собой исключение из рациона продуктов питания, содержащих глютен [1]–[5]. Согласно ТР ТС 027/2012, уровень глютена в специализированной безглютеновой пищевой продукции должен составлять не более 20 мг/кг, для продукции с низким содержанием глютена — от 20 до 100 мг/кг.

При соблюдении безглютеновой диеты к разрешенным злаковым культурам относятся рис (все сорта), гречиха, кукуруза, пшено, овсяная крупа (с подтвержденным отсутствием глютена) и льняная, а также мука из бобовых (гороховая, нутовая, соевая), орехов (миндальная), крахмал из картофеля, маниоки, батата и др [2].

Мучные кондитерские изделия, изготовленные на основе одного вида безглютеновой муки, зачастую могут обладать неудовлетворительными органолептическими свойствами и пониженной пищевой ценностью, в связи с чем становится актуальной разработка композитных мучных смесей, которые сочетают в себе преимущества разных видов сырья, для создания пищевых продуктов, идентичных по качеству традиционным.

Известны исследования в области производства безглютеновых мучных кондитерских изделий. Для замены пшеничной муки в рецептурах используют рисовую, льняную, конопляную, пшеничную, нуттовую, кукурузную, гречневую, овсяную, амарантовую и др. муку, из которой составляют различные комбинации мучных смесей [6]–[13].

Помимо использования безглютеновых мучных смесей в рецептурный состав изделий, для увеличения их пищевой ценности и органолептических характеристик, вносят продукты переработки овощных или плодовых культур: порошки, шрот, жмых и др. [14, 15].

Одним из перспективных направлений в пищевой промышленности является использование вторичных ресурсов растительного происхождения в рецептурах продуктов питания. Морковный жмых — побочный продукт, образующийся на этапе отжима соковой продукции, содержит значительное количество пищевых волокон и клетчатки. Кроме того, в его состав входят термостабильные каротиноиды, витамины группы С, D, РР и В-комплекса, а также минеральные компоненты, такие как кальций, магний и фосфор. Благодаря такому химическому составу, морковный жмых может служить не только источником питательных веществ, но и натуральным красителем, сохраняющим свои свойства даже после тепловой обработки [15].

Поэтому повышение пищевой ценности мучных изделий за счет внесения вторичных ресурсов растительного происхождения является перспективным направлением исследований, направленных на расширение ассортимента безглютеновых кондитерских изделий

## Цели и задачи исследования

Цель работы — обоснование применения мучных смесей из безглютеновых видов муки и отходов сокового производства в технологии бельгийских вафель.

Задачи, необходимые решить в процессе исследования:

- моделирование мучной композиции по выбранным критериям;
- анализ аминокислотного и жирнокислотного состава мучных композиций;
- разработка рецептуры бельгийских вафель;
- исследование органолептических показателей готовых изделий.

### Материалы и методы исследования

Объектами исследований являлись следующие виды используемого сырья: мука пшеничная высшего сорта (ТР ТС 021/2011, ГОСТ 26574–2017), мука амарантовая (ТР ТС 021/2011, ГОСТ Р 71907–2024), мука кукурузная (ТР ТС 021/2011, ГОСТ 14176–2022), мука рисовая (ТР ТС 021/2011, ГОСТ 31645–2012), жмых моркови (м. д. в. 61 %, ТР ТС 021/2011), разрыхлитель теста (ТР ТС 029/2011, ТУ), сахар-песок (ТР ТС 021/2011, ГОСТ 33222–2015), соль поваренная (ТР ТС 021/2011, ГОСТ Р 51574–2018), молоко ультрапастеризованное (м. д. ж. 2,5 %, ТР ТС 033/2011, ГОСТ 31450–2013), масло сливочное (м. д. ж. 82,5 %, ТР ТС 033/2011, ГОСТ 32261–2013) и меланж яичный пастеризованный (ТР ТС 021/2011, ГОСТ 30363–2013).

Все используемое сырье и полуфабрикаты в ходе проведения эксперимента соответствовали требованиям нормативной документации.

Моделирование рецептурного состава мучной композиции осуществлялось симплекс-методом решения

задач линейного программирования с использованием MS Excel.

Расчет биологической ценности, коэффициента биологической эффективности и критерия сбалансированности жирнокислотного состава липидов определяли по методике Н. Н. Липатова.

В полученных образцах бельгийских вафель определяли органолептические показатели. Оценка готового продукта проводилась по разработанной пятибалльной шкале.

Исследования проводились на кафедре технологии продуктов питания КГТУ. Обработка данных проводилась при помощи программного обеспечения Microsoft Office 2024.

### Результаты и их обсуждение

На первом этапе работы было произведено моделирование рецептурного состава мучной композиции. Была поставлена задача разработать три варианта мучной смеси — по максимальному значению белка, пищевых волокон и магния. Были установлены критерии моделирования — расчет белков, жиров, углеводов, пищевых волокон и магния в 100 г продукта; расчет энергетической ценности; расчет себестоимости в рублях на 100 г продукта.

В табл. 1, 2, 3 представлены ингредиенты, используемые в качестве компонентов проектируемой мучной смеси, и система линейных балансовых уравнений и ограничений. Решение систем уравнений определило рецептурные составы проектируемых мучных смесей (табл. 4).

Таблица 1

**Информационная матрица данных с уравнениями и ограничениями для рецептурного расчета мучной композиции по максимальному значению белка**

Table 1

**An information matrix of data with equations and constraints for the formulation of the flour composition based on the maximum protein value**

Ингредиенты	$X_i$	Масса, г	Массовая доля, %					Цена, руб/кг	Содержание компонентов, г					ЭЦ
			белка	жира	углеводов	пищевых волокон	магния		белка	жира	углеводов	пищевых волокон	магния	
Мука рисовая	$X_1$	55,0	7,4	0,6	80,2	2,3	30,0	224	4,1	0,3	44,1	1,3	16,5	195,7
Мука кукурузная	$X_2$	25,0	7,2	1,5	76,5	4,4	30,0	149,8	1,8	0,4	19,1	1,1	7,5	87,1
Мука амарантовая	$X_3$	20,0	20,0	4,0	65,0	6,7	238,0	557,5	4,0	0,8	13,0	1,3	47,6	75,2
Масса, г		100,0	Себестоимость, руб/100г					27,22	Энергетическая ценность, ккал					358,0
Функция цели			9,9						Энергетическая ценность, кДж					1496,3
Ввод балансовых уравнений				1,5	76,2	3,7	71,6							
Баланс	Уравнения, ограничения													
Белок	$F(x) = \max$													
	$0,074X_1 + 0,072X_2 + 0,200X_3 \geq 3,75$													
Мука рисовая	$X_1 \leq 55$													
Мука кукурузная	$25 \leq X_2 \leq 45$													
Мука амарантовая	$10 \leq X_3 \leq 20$													
Масса, г	$X_1 + X_2 + X_3 = 100$													

Таблица 2

**Информационная матрица данных с уравнениями и ограничениями для рецептурного расчета мучной композиции по максимальному значению пищевых волокон**

Table 2

**An information matrix of data with equations and constraints for the formulation of a flour composition based on the maximum value of dietary fiber**

Ингредиенты	X <sub>i</sub>	Масса, г	Массовая доля, %					Цена, руб/кг	Содержание компонентов, г					ЭЦ
			белка	жира	углевод	пищевых волокон	магния		белка	жира	углевод	пищевых волокон	магния	
Мука рисовая	X <sub>1</sub>	25,0	7,4	0,6	80,2	2,3	30,0	224	1,9	0,2	20,1	0,6	7,5	89,0
Мука кукурузная	X <sub>2</sub>	55,0	7,2	1,5	76,5	4,4	30,0	149,8	4,0	0,8	42,1	2,4	16,5	191,6
Мука амарантовая	X <sub>3</sub>	20,0	20,0	4,0	65,0	6,7	238,0	557,5	4,0	0,8	13,0	1,3	47,6	75,2
Масса, г		100,0	Себестоимость, руб/100г					24,99	Энергетическая ценность, ккал					355,7
Функция цели						4,3			Энергетическая ценность, кДж					1486,9
Ввод балансовых уравнений			9,8	1,8	75,1		71,6							
Баланс	Уравнения, ограничения													
Пищевые волокна	F (x)=max													
	0,023X <sub>1</sub> +0,044X <sub>2</sub> +0,067X <sub>3</sub> ≥ 3													
Мука рисовая	25 ≤ X <sub>1</sub> ≤ 45													
Мука кукурузная	X <sub>2</sub> ≤ 55													
Мука амарантовая	10 ≤ X <sub>3</sub> ≤ 20													
Масса, г	X <sub>1</sub> +X <sub>2</sub> +X <sub>3</sub> =100													

Таблица 3

**Информационная матрица данных с уравнениями и ограничениями для рецептурного расчета мучной композиции по максимальному значению магния**

Table 3

**An information matrix of data with equations and constraints for the formulation of the flour composition based on the maximum value of magnesium**

Ингредиенты	X <sub>i</sub>	Масса, г	Массовая доля, %					Цена, руб/кг	Содержание компонентов, г					ЭЦ
			белка	жира	углевод	пищевых волокон	магния		белка	жира	углевод	пищевых волокон	магния	
Мука рисовая	X <sub>1</sub>	40,0	7,4	0,6	80,2	2,3	30,0	224	3,0	0,2	32,1	0,9	12,0	142,3
Мука кукурузная	X <sub>2</sub>	40,0	7,2	1,5	76,5	4,4	30,0	149,8	2,9	0,6	30,6	1,8	12,0	139,3
Мука амарантовая	X <sub>3</sub>	20,0	20,0	4,0	65,0	6,7	238,0	557,5	4,0	0,8	13,0	1,3	47,6	75,2
Масса, кг		100,0	Себестоимость, руб/100г					26,10	Энергетическая ценность, ккал					356,8
Функция цели							71,6		Энергетическая ценность, кДж					1491,6
Ввод балансовых уравнений			9,8	1,6	75,7	4,0								
Баланс	Уравнения, ограничения													
Магний	F (x)=max													
	0,300X <sub>1</sub> +0,300X <sub>2</sub> +2,380X <sub>3</sub> ≥ 60													
Мука рисовая	25 ≤ X <sub>1</sub> ≤ 45													
Мука кукурузная	X <sub>2</sub> ≤ 55													
Мука амарантовая	10 ≤ X <sub>3</sub> ≤ 20													
Масса, г	X <sub>1</sub> +X <sub>2</sub> +X <sub>3</sub> =100													

Таблица 4

## Варианты рецептур мучных композиций

Table 4

## Formulation options for flour compositions

Ингредиент	Индекс, $X_i$	Варианты рецептур мучной композиции, расход сырья, г на 100 г (без учета потерь)			
		Контроль	№ 1	№ 2	№ 3
Пшеничная мука	$X_0$	100	—	—	—
Рисовая мука	$X_1$	—	55	25	40
Кукурузная мука	$X_2$	—	25	55	40
Амарантовая мука	$X_3$	—	20	20	20
Химический состав рецептур, %					
Белок		9,71	9,9	9,8	9,8
Жир		1,48	1,5	1,8	1,6
Углеводы		76,2	76,2	75,1	75,7
Вода		12,0	11,4	10,9	11,1
Энергетическая ценность, ккал		366,0	358,0	355,7	356,8
Себестоимость рецептуры, руб		6,79	27,22	24,99	26,10

$$F(x) = \max \{0,074X_1 + 0,072X_2 + 0,200X_3\}.$$

Результаты расчета программы:

$X_1 = 55,0$  — содержание рисовой муки;

$X_2 = 25,0$  — содержание кукурузной муки;

$X_3 = 20,0$  — содержание амарантовой муки.

$$F(x) = \max \{0,023X_1 + 0,044X_2 + 0,067X_3\}.$$

Результаты расчета программы:

$X_1 = 25,0$  — содержание рисовой муки;

$X_2 = 55,0$  — содержание кукурузной муки;

$X_3 = 20,0$  — содержание амарантовой муки.

$$F(x) = \max \{0,300X_1 + 0,300X_2 + 2,380X_3\}.$$

Результаты расчета программы:

$X_1 = 40,0$  — содержание рисовой муки;

$X_2 = 40,0$  — содержание кукурузной муки;

$X_3 = 20,0$  — содержание амарантовой муки.

Для прогнозирования пищевой ценности бельгийских вафель на основе предложенных композиций из рисовой, кукурузной и амарантовой муки был проведена

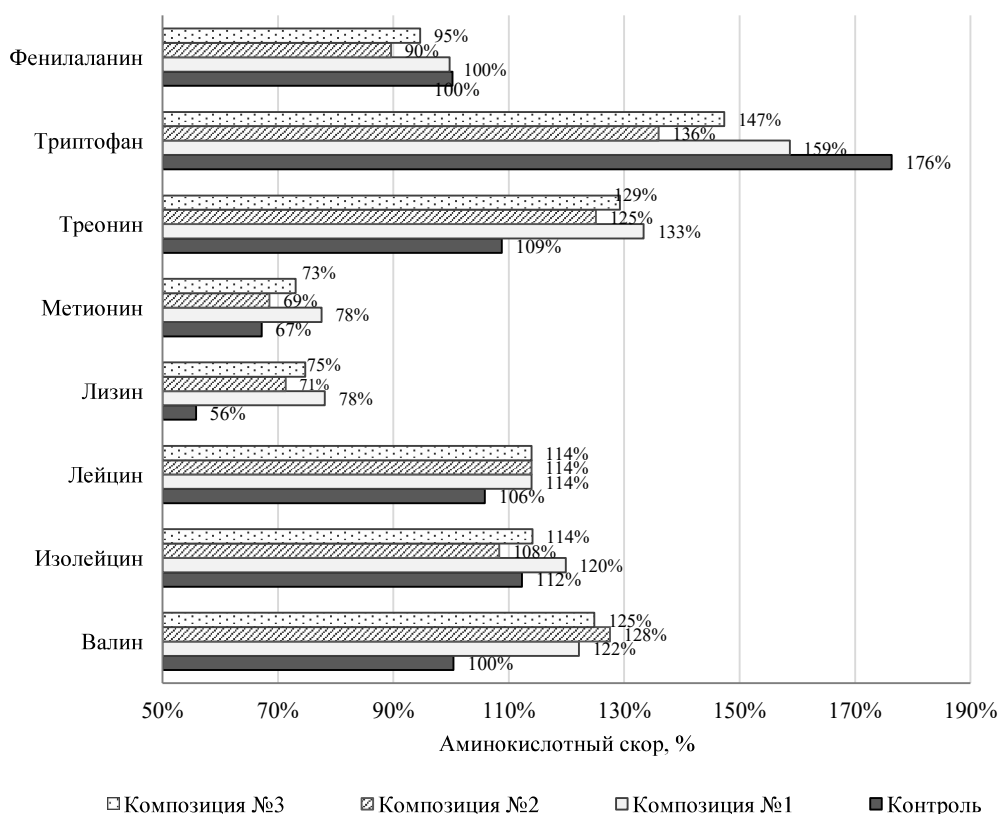


Рис. 1. Аминокислотный скор мучных композиций

Fig. 1. Amino acid score of flour compositions

Таблица 5

## Анализ аминокислотного состава мучных композиций

Table 5

## Amino acid composition of flour compositions

Показатель	Варианты композиций мучных смесей			
	Контроль	№ 1	№ 2	№ 3
Коэффициент утилитарности аминокислотного состава	0,588	0,723	0,672	0,698
Коэффициент различия аминокислотного сора (КРАС), %	36%	35%	37%	36%
Биологическая ценность (БЦ), %	64%	65%	63%	64%
Показатель сопоставимой избыточности аминокислот (ПСИ), г/100г белка	12,181	8,406	9,576	8,989
Коэффициент отклонения аминокислотного состава от эталонных значений (КОАС)	0,268	1,034	0,403	0,719
Индекс незаменимых аминокислот (ИНАК)	0,981	1,099	1,020	1,060
Класс белка	II	I	II	I
Характеристика белка	Класс I — белок с хорошим балансом аминокислот Класс II — белок с алиментарной специфичностью			

оценка биологической ценности, коэффициента биологической эффективности и критерия сбалансированности жирнокислотного состава липидов.

Путем проведения сравнительного анализа аминокислотного сора (рис. 1) безглютеновых мучных композиций и контрольного образца из пшеничной муки были выявлены различия в их аминокислотных профилях. Исследованные смеси, различающиеся соотношением рисовой, кукурузной и амарантовой муки, продемонстрировали различную степень сбалансированности незаменимых аминокислот.

Контрольный образец (пшеничная мука) по аминокислотному сору показал выраженный дефицит лизина (56%) и метионина (67%), при этом был отмечен значительный избыток триптофана (176%). Все безглютеновые мучные смеси превосходят контроль по содержанию лизина (№ 1 — 78%, № 2 — 69% и № 3 — 73%, соответственно), что объясняется включением амарантовой муки, богатой этой аминокислотой. Увеличенный показатель аминокислотного сора метионина в мучных композициях (№ 1 — 78%, № 2 — 71% и № 3 — 75%) в сравнении с контролем на пшеничной муке объясняется добавлением рисовой муки. Введение в мучную смесь кукурузной муки позволило снизить избыток триптофана (№ 1 — 159%, № 2 — 136% и № 3 — 147%).

По следующим критериям осуществлялось присвоение класса белка: по биологической ценности, коэффициенту утилитарности и показателю сопоставимой избыточности (табл. 5). Показатель биологической ценности по всем образцам мучных композиций соответствует II классу белка (50–70%); коэффициент утилитарности у контроля и композиции № 2 относятся ко II классу белка (0,490–0,640), у композиции № 1 и № 3 — к I классу белка (0,690–0,770); по показателю сопоставимой избыточности всем образцам был присвоен I класс белка (менее 17 г/100 г белка).

Таким образом, в результате анализа аминокислотного состава мучных композиций были установлены классы белков для каждой композиции с описанием характеристики — контролю и композиции № 2 присвоен II класс белка, который характеризуется как белок с алиментарной специфичностью, а композициям № 1 и № 3

присвоен I класс белка, характеризующийся как белок с хорошим балансом аминокислот. Композиция № 1 отличается от композиции № 3 наибольшими значениями коэффициента утилитарности аминокислотного состава (0,723) и биологической ценности (65%), высоким индексом незаменимых кислот (1,099) и минимальным показателем сопоставимой избыточности аминокислот (8,406 г/100г белка).

При исследовании сора фракций липидов (рис. 2) было установлено, что показатели по НЖК и МНЖК у всех безглютеновых мучных смесей было выше (№ 1 — 85%, № 2 — 70%, № 3 — 77% и № 1 — 56%, № 2 — 52%, № 3 — 54%, соответственно), чем у контрольного образца из пшеничной муки (68% и 21%). По ПНЖК во всех образцах отмечено значительное превышение по сравнению с эталоном, при этом замена пшеничной муки на безглютеновую смесь способствовала снижению сора на 72–89%.

Все безглютеновые композиции превосходили контроль по коэффициенту жирнокислотной сбалансированности и коэффициенту биологической эффективности (табл. 6). Отношение  $\omega_6/\omega_3$  превышало оптимальное значение во всех образцах, но все безглютеновые мучные смеси получили значения, наиболее приближенные к эталону по сравнению с контролем.

Сравнивая безглютеновые композиции независимо от контрольного образца, можно сделать вывод о том, что наилучшие показатели демонстрирует мучная смесь № 1, что выражается в максимальном коэффициенте жирнокислотной сбалансированности (0,460 при I=3 и 0,243 при I=5), коэффициенте биологической эффективности (0,268), оптимальном соотношении  $\omega_6/\omega_3$  (19,6) и высоком содержании НЖК и МНЖК. При этом следует отметить, что смеси № 2 и № 3 незначительно отличаются по всем перечисленным показателям в сравнении с № 1.

Морковь является одной из важных овощных культур, выращиваемых в России. В ее составе содержится порядка 12% сахаров. Морковь особенно богата  $\beta$ -каротином: красная содержит 9,0 мг  $\beta$ -каротина, тогда как в желтой его количество достигает около 1,1 мг. Помимо этого, морковь является источником важных минераль-

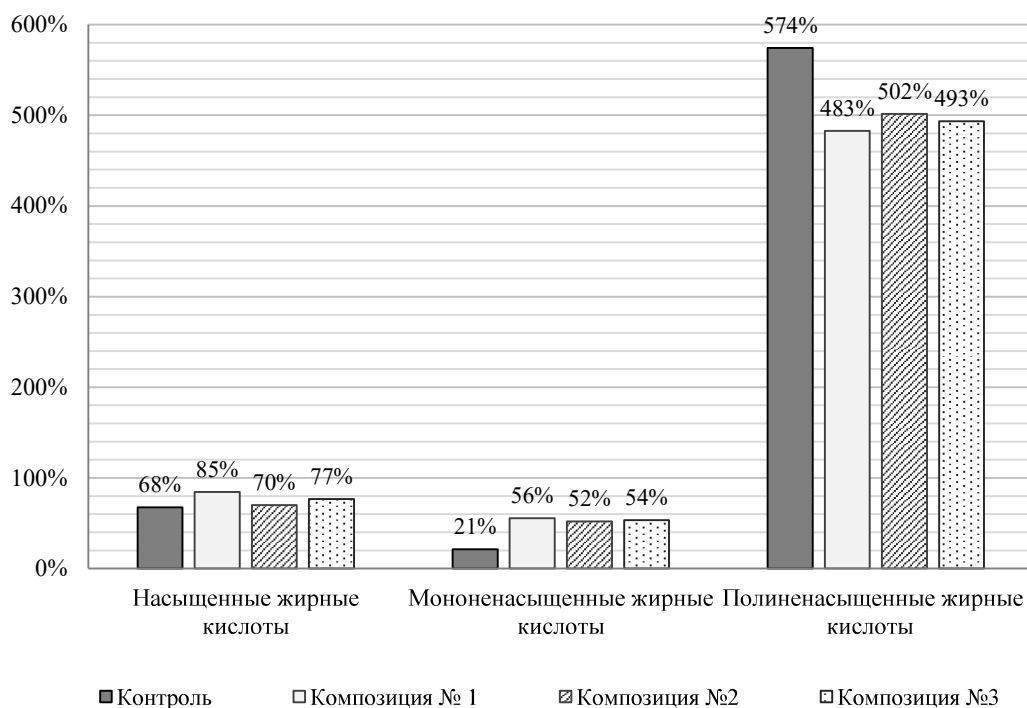


Рис. 2. Скор фракций липидов мучных композиций

Fig. 2. The score for lipid fractions of flour compositions

Таблица 6

**Определение коэффициента биологической эффективности и критерия сбалансированности жирнокислотного состава липидов**

Table 6

**Determination of the coefficient of biological efficiency and the criterion of the balance of fatty acid composition of lipids**

Показатель	Эталон, г/100г липидов	Варианты композиций мучных смесей			
		Контроль	№ 1	№ 2	№ 3
$\Sigma$ НЖК	30	20,3	25,4	21,1	23,0
$\Sigma$ МНЖК	60	12,8	33,3	31,1	32,1
$\Sigma$ ПНЖК	10	57,4	48,3	50,2	49,3
Линолевая кислота	7,5	0,8	1,1	1,5	1,3
Линоленовая кислота	1	0,0	0,1	0,1	0,1
Коэффициент жирнокислотной сбалансированности	I=3	0,293	0,460	0,417	0,436
	I=5	0,141	0,243	0,238	0,240
Отношение $\omega 6/\omega 3$	7,5	41,5	19,6	28,9	24,0
Коэффициент биологической эффективности	—	0,097	0,268	0,250	0,258

ных веществ, витаминов и аминокислот — заменимых и незаменимых. Например, содержание аминокислот в 100 г красной моркови равняется 900 мг. Содержащиеся растительные пигменты в моркови играют важную роль в поддержании иммунитета, способствуют улучшению зрительных функций и укреплению сосудистой системы.

Для исследования возможности применения вторичного сырья растительного происхождения (жмыха моркови) в технологии бельгийских вафель были изготовлены 9 опытных образцов, в которых часть мучной смеси было заменено на выжимки из моркови в количестве 10–20%. В табл. 7 представлены рецептуры опытных образцов вафель.

Для исследования влияния состава композиций муки на органолептические характеристики готовых изделий

была проведена дегустационная оценка по 5-балльной шкале по внешнему виду, цвету, вкусу, запаху и консистенции. На рис. 3 представлены изучаемые образцы.

При внесении в рецептуру морковных выжимок было отмечено, что с увеличением концентрации цвет вафель приобретает более насыщенный оранжевый цвет, а консистенция становится мягче. В процессе выпечки изделий было отмечено наличие характерного приятного аромата амарантовой муки. Органолептическая оценка образцов представлена в табл. 8.

В образцах 1–3 с наибольшим количеством рисовой муки (55%) в рецептуре цвет изделий был более светлый по сравнению с остальными образцами. Дегустаторы также отметили выраженный привкус риса, что отрицательно отразилось на органолептической оценке образцов.

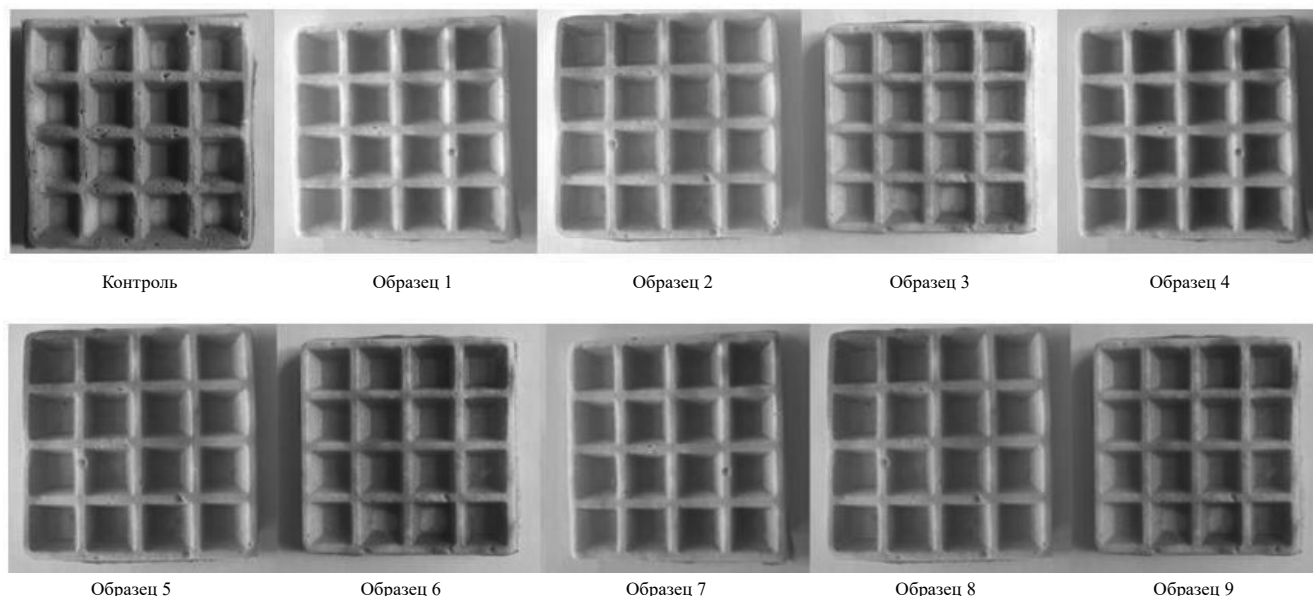


Рис. 3. Вид готовых бельгийских вафель  
Fig. 3. Finished Belgian waffles

Таблица 7

Рецептура бельгийских вафель

Table 7

Formulation of Belgian waffles

Сырье и полуфабрикаты	Варианты композиций мучных смесей									
	Контроль	№ 1			№ 2			№ 3		
		Варианты бельгийских вафель								
		Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5	Образец 6	Образец 9	Образец 8	Образец 9
Мука пшеничная	333,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Мука рисовая	—	165,0	155,8	146,7	75,0	70,8	66,7	120,0	113,3	106,7
Мука кукурузная	—	75,0	70,8	66,7	165,0	155,8	146,7	120,0	113,3	106,7
Мука амарантовая	—	60,0	56,7	53,3	60,0	56,7	53,3	60,0	56,7	53,3
Разрыхлитель теста	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6
Сахар-песок	49,4	49,4	49,4	49,4	49,4	49,4	49,4	49,4	49,4	49,4
Соль поваренная	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
Молоко пастеризованное 2,5% жирности	370,4	370,4	370,4	370,4	370,4	370,4	370,4	370,4	370,4	370,4
Меланж яичный	185,2	185,2	185,2	185,2	185,2	185,2	185,2	185,2	185,2	185,2
Масло сливочное 82,5% жирности	49,4	49,4	49,4	49,4	49,4	49,4	49,4	49,4	49,4	49,4
Жмых морковный	—	33,3	50,0	66,7	33,3	50,0	66,7	33,3	50,0	66,7
Выход теста, г	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0

Таблица 8

Оценка по органолептическим показателям, средний балл

Table 8

Organoleptic assessment, average score

	Наименование образцов бельгийских вафель									
	Контроль	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9
Средний балл	4,51±0,05	4,40±0,04	4,52±0,05	4,46±0,04	4,61±0,05	4,58±0,05	4,67±0,05	4,67±0,05	4,69±0,05	4,73±0,05

Образцы вафель 4–6 отличались более желтоватым оттенком за счет внесения большего количества кукурузной муки (55%). Дегустаторы зафиксировали наиболее выраженный сладкий вкус.

Образцы 7–9 имели наиболее приближенный к контрольному образцу из пшеничной муки светло-коричневый оттенок. Дегустаторами был отмечен нейтральный вкус вафель, благодаря которому данный вид образцов

можно употреблять с различными видами начинок. В результате дегустационного анализа самую высокую оценку получил образец № 9 с  $4,73 \pm 0,05$  баллами с содержанием морковных выжимок в количестве 20%.

### Выводы

На основании проведенного моделирования получены мучные композиции на основе рисовой, кукурузной и амарантовой муки с повышенным содержанием магния, белка и пищевых волокон.

Установлено, что мучная композиция № 1 (55:25:20) отличается максимальным значением биологической ценности (65%), коэффициента утилитарности (0,723), индекса незаменимых кислот (1,099) и минимальной сопоставимой избыточности (8,406 г/100 г белка). По совокупности перечисленных показателей мучной композиции был присвоен I класс белка, который характеризу-

ется хорошим балансом аминокислот. Этой же композиции характерны высокие показатели жирнокислотной сбалансированности (0,460 при I=3 и 0,243 при I=5), биологической эффективности (0,268) и наиболее оптимальное соотношение  $\omega 6/\omega 3$  (19,6) в сравнении с остальными образцами.

Введение в рецептуру бельгийских вафель выжимок из моркови в количестве 20% позволило получить безглютеновое кондитерское изделие с высокими органолептическими характеристиками.

Результаты исследования подтверждают перспективность использования разработанных безглютеновых мучных композиций и отходов сокового производства в технологии бельгийских вафель с улучшенной пищевой ценностью и биологической ценностью и органолептическими свойствами для расширения линейки пищевых продуктов, не содержащих глютен.

### Литература

1. Симонова Ж. Г. Синдром мальабсорбции: вопросы диагностики и лечения: учебное пособие. Киров: Кировский ГМУ, 2023. 107 с.
2. Шуматова Т. А. Нарушения кишечного всасывания у детей раннего возраста: учебное пособие / Т. А. Шуматова, С. Н. Шишацкая, Е. С. Зернова. Владивосток: ТГМУ, 2020. 116 с.
3. Малышенко О. С., Королева М. В., Летаева М. В., Протасова Т. В. Основные клинические синдромы и заболевания желудочно-кишечного тракта: учебное пособие. Кемерово: КемГМУ, 2023. 96 с.
4. Болезни обычные и необычные: справочник/составители В. В. Думцев и др. Волгоград: ВолгГМУ, 2020.
5. Юткина О. С., Романцова Е. Б. Медицинская генетика в схемах и таблицах: учебное пособие. Благовещенск: Амурская ГМА Минздрава России, 2022. 181 с.
6. Kılıç A., Boz H. The Quality Characteristics of Gluten-Free Cake Produced from Maize Starch, Chia and Lentil Flours // *Plant Foods for Human Nutrition*. 2025. No. 80:118.
7. Aussenasuwannakul A., Puntaburt K., Pantoa T. Enhancing Gluten-Free Crispy Waffles with Soybean Residue (Okara) Flour: Rheological, Nutritional, and Sensory Impacts // *Foods*. 2024. No. 3 (18):2951.
8. The study of the influence of plant additives on increasing the food and biological value of soft waffles/A. S. Burlyeva, Yu. G. Pronina, Zh. S. Nabiyeva, A. I. Samadun // *Вестник Алматинского технологического университета*. 2023. No. 1. P. 55–62. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2023-1-55-62>
9. Зимичев А. В. Исследование влияния сорговой муки на качество вафель/A. В. Зимичев, О. Е. Темникова, Д. М. Ушакова // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2023. № 1 (391). С. 48–50. DOI: 10.26297/0579–3009.2023.1.6
10. Альшевская М. Н. Научное обоснование и разработка рецептуры бисквитного полуфабриката на основе нехлебопекарных видов муки с сахарозаменителем/М. Н. Альшевская, О. В. Анистратова, Е. П. Бедо // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК — продукты здорового питания*. 2022. № 3. С. 101–109. DOI: 10.24412/2311-6447-2022-3-101-109.

### References

1. Simonova J. G. Malabsorption syndrome: issues of diagnosis and treatment: a textbook. Kirov: Kirov State Medical University, 2023. 107 p. (in Russian)
2. Shumatova T. A. Intestinal absorption disorders in young children: a textbook/T. A. Shumatova, S. N. Shishatskaya, E. S. Zernova. Vladivostok: TSMU, 2020, 116 p. (in Russian)
3. Malyschenko O. S., Koroleva M. V., Letaeva M. V., Protasova T. V. Basic clinical syndromes and diseases of the gastrointestinal tract: a textbook/Kemerovo: KemSMU, 2023. 96 p. (in Russian)
4. Common and unusual diseases: a handbook/compiled by V. V. Dumtsev et al. Volgograd: VolgSMU, 2020. (in Russian)
5. Yutkina O. S., Romantsova E. B. Medical genetics in diagrams and tables: a textbook. Blagoveshchensk: Amur State Medical Academy of the Ministry of Health of Russia, 2022. 181 p. (in Russian)
6. Kılıç A., Boz H. The Quality Characteristics of Gluten-Free Cake Produced from Maize Starch, Chia and Lentil Flours. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2025. No. 80:118.
7. Aussenasuwannakul A., Puntaburt K., Pantoa T. Enhancing Gluten-Free Crispy Waffles with Soybean Residue (Okara) Flour: Rheological, Nutritional, and Sensory Impacts. *Foods*. 2024. No. 3 (18):2951.
8. The study of the influence of plant additives on increasing the food and biological value of soft waffles/A. S. Burlyeva, Yu. G. Pronina, Z. S. Nabiyeva, A. I. Samadun. *Bulletin of the Almaty Technological University*. 2023. No. 1. P. 55–62. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2023-1-55-62>
9. Zimichev A. V. Investigation of the effect of sorghum flour on the quality of wafers/A. V. Zimichev, O. E. Temnikova, D. M. Ushakova. *News of higher educational institutions. Food technology*. 2023. no 1 (391). P. 48–50. DOI: 10.26297/0579–3009.2023.1.6 (in Russian)
10. Alshevskaya M. N. Scientific substantiation and formulation of a biscuit semi — finished product based on non-bakery types of flour with sweetener/M. N. Alshevskaya, Anistratova O. V., Bedo E. P. *Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex — healthy food products*. 2022. No. 3. P. 101–109. DOI: 10.24412/2311-6447-2022-3-101-109. (in Russian)

11. Санжаровская Н. С., Храпко О. П., Коломиец В. И. Разработка безглютенового печенья с улучшенными потребительскими свойствами // Ползуновский вестник. 2021. № 3. DOI: 10.25712/ASTU. 2072–8921.2021.03.008
12. Меренкова С. П., Щевьева К. В. Технологические аспекты применения безглютеновых многокомпонентных мучных смесей // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2022. № 3. С. 35–45. DOI: 10.14529/food220304
13. Нелюбина Е. Г., Пятаева А. И. Овощные безглютеновые вафли как биопродукт. // Парадигма. 2024. № 1. С. 15–18.
14. Анистратова О. В. Разработка рецептуры бельгийских вафель с использованием вторичного растительного сырья/О. В. Анистратова, В. Е. Гришина, М. Н. Альшевская // Journal of Agriculture and Environment. 2024. № 6 (46). <https://doi.org/10.60797/JAE. 2024.46.6>
15. Альшевская М. Н. Оптимизация рецептуры печенья вида крекеры с использованием вторичного сырья растительного происхождения. // Journal of Agriculture and Environment. 2025. № 3 (55). <https://doi.org/10.60797/JAE. 2025.55.9>
11. Sanzharovskaya N. S., Khrapko O. P., Kolomiets V. I. Development of gluten-free cookies with improved consumer properties. *Polzunovsky bulletin*. 2021. No. 3. DOI: 10.25712/ASTU. 2072–8921.2021.03.008 (in Russian)
12. Merenkova S. P., Shchevyeva K. V. Technological aspects of the use of gluten-free multicomponent flour mixtures. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and biotechnology*. 2022. No 3. p. 35–45. DOI: 10.14529/food220304 (in Russian)
13. Nelyubina E. G., Pyataeva A. I. Vegetable gluten-free waffles as a biological product. *Paradigm*. 2024. No. 1. P. 15–18. (in Russian)
14. Anistratova O. V. Formulation development of Belgian wafers using recycled vegetable raw materials/O. V. Anistratova, V. E. Grishina, M. N. Alshevskaya. *Journal of Agriculture and Environment*. 2024. no 6 (46). <https://doi.org/10.60797/JAE. 2024.46.6> (in Russian)
15. Alshevskaya M. N. Optimisation of cracker biscuit recipe with the use of secondary raw materials of vegetable origin/M. N. Alshevskaya. *Journal of Agriculture and Environment*. 2025. No 3 (55). <https://doi.org/10.60797/JAE. 2025.55.9> (in Russian)

### Сведения об авторах

#### Гришина Влада Евгеньевна

Магистрант кафедры технологии продуктов питания Калининградского государственного технического университета, 236022, Россия, Калининград, Советский проспект, 1, [gr1sh1na.v.e@yandex.ru](mailto:gr1sh1na.v.e@yandex.ru).  
ORCID: 0009-0005-0243-9898

#### Анистратова Оксана Вячеславовна

К. т. н., доцент, преподаватель Западного филиала Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, 236016, Россия, Калининград, ул. Артиллерийская, 62; доцент кафедры технологии продуктов питания Калининградского государственного технического университета, 236022, Россия, Калининград, Советский проспект, 1, [oksana.anistratova@klgtu.ru](mailto:oksana.anistratova@klgtu.ru).  
ORCID: 0000-0002-6278-0861

#### Альшевская Марина Николаевна

К. т. н., доцент, доцент кафедры технологии продуктов питания, заместитель директора по основной образовательной деятельности Калининградского государственного технического университета, 236022, Россия, Калининград, Советский проспект, 1, [marina.alshevskaya@klgtu.ru](mailto:marina.alshevskaya@klgtu.ru).  
ORCID: 0000-0002-0632-9013

### Information about authors

#### Grishina Vlada Y.

Master's student of the Department of Food Technology, Kaliningrad State Technical University, Sovetsky Prospekt, 1, Kaliningrad, 236022, Russia, [gr1sh1na.v.e@yandex.ru](mailto:gr1sh1na.v.e@yandex.ru).  
ORCID: 0009-0005-0243-9898

#### Anistratova Oksana V.

Ph. D, Lecturer of Western branch of the Russian President Academy of National Economy and Public Administration, Russia, Kaliningrad, st. Artillery, 62; Associate Professor at the Department of Food Technology Kaliningrad State Technical University, 236022, Russia, Kaliningrad, Sovetsky Prospekt, 1, [oksana.anistratova@klgtu.ru](mailto:oksana.anistratova@klgtu.ru).  
ORCID: 0000-0002-6278-0861

#### Alshevskaya Marina N.

Ph. D, Associate Professor at the Department of Food Technology, Deputy Director for Basic Educational activities Kaliningrad State Technical University, 236022, Russia, Kaliningrad, Sovetsky Prospekt, 1, [marina.alshevskaya@klgtu.ru](mailto:marina.alshevskaya@klgtu.ru).  
ORCID: 0000-0002-0632-9013



Статья доступна по лицензии  
Creative Commons «Attribution-NonCommercial»