

## СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПИЩЕВОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ АНАЛОГА МЯСНОГО ПОЛУФАБРИКАТА ИЗ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ СОИ

**А.А. Макарова**<sup>1</sup>, makarova\_aaa@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3189-4057>

**Е.В. Крюкова**<sup>2</sup>, katepat@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2512-2587>

**Е.В. Пастушкова**<sup>2</sup>, pas-ekaterina@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6992-1201>

**О.В. Пасько**<sup>3</sup>, pasko-olga@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5477-4608>

<sup>1</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

<sup>2</sup> Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>3</sup> ООО «Независимый центр сертификации и экспертизы «ХорекаЭкспертГрупп», Москва, Россия

**Аннотация.** В последнее десятилетие в производстве аналогов и заменителей мяса активно внедряются современные технологии, которые позволяют имитировать вкус, текстуру, внешний вид и функциональные свойства традиционных мясных продуктов. Несмотря на значительные улучшения вкуса и текстуры аналогов мяса на растительной основе, пищевая промышленность по-прежнему испытывает трудности с обеспечением правильного сенсорного восприятия, и растет спрос на экологически чистые, питательные ингредиенты с чистой этикеткой. Аналоги мяса должны отвечать ряду требований, одним из которых является сбалансированность по содержанию пищевых ингредиентов. Проведен системный анализ пищевой и биологической ценности и установлены частные индексы сбалансированности подструктурных элементов аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои: сбалансированности рецептурного состава ( $U_p$ ) = 0,049; витаминного состава ( $U_v$ ) = 0,052; минерального состава ( $U_m$ ) = 0,267; аминокислотного состава ( $U_a$ ) = 0,42 и энергетической ценности ( $U_э$ ) = 0,044. Значение коэффициента утилитарности аминокислотного состава (КУАС) составляет 0,871, а показателя сопоставимой избыточности (ПСИ) – 5,04 %. Обобщенный критерий Харрингтона (обобщенная функция сбалансированности) составляет 0,105 и идентичен контролю (0,101). Биологическая ценность спроектированного полуфабриката – 19,45 %. Установлено, что максимально приближены к контролю критерий Харрингтона и биологическая ценность образца 2 проектируемого полуфабриката, а также КУАС (0,871), а значит, разрабатываемая продукция максимально приближена к мясо-растительному полуфабрикату по пищевой ценности.

**Ключевые слова:** аналоги мяса, растительные полуфабрикаты, соя, сбалансированность, пищевая ценность, биологическая ценность, аминокислотный состав, нутриенты, подструктурные элементы

**Для цитирования:** Системный анализ пищевой и биологической ценности аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои / А.А. Макарова, Е.В. Крюкова, Е.В. Пастушкова, О.В. Пасько // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2022. Т. 10, № 4. С. 68–79. DOI: 10.14529/food220407

Original article  
DOI: 10.14529/food220407

## SYSTEMATIC ANALYSIS OF THE NUTRITIONAL AND BIOLOGICAL VALUE OF AN ANALOGUE OF MEAT SEMI-FINISHED PRODUCT FROM SOYBEAN PROCESSING PRODUCTS

A.A. Makarova<sup>1</sup>, makarova\_aaa@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3189-4057>

E.V. Kryukova<sup>2</sup>, katepat@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2512-2587>

E.V. Pastushkova<sup>2</sup>, pas-ekaterina@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6992-1201>

O.V. Pasko<sup>3</sup>, pasko-olga@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5477-4608>

<sup>1</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia

<sup>3</sup> LLC “Independent Center for Certification and Expertise “HorecaExpertGroup”, Moscow, Russia

**Abstract.** In the last decade, modern technologies have been actively introduced in the production of analogues and meat substitutes, which make it possible to imitate the taste, texture, appearance and functional properties of traditional meat products. Despite significant improvements in the taste and texture of plant-based meat counterparts, the food industry continues to struggle with providing the right sensory experience, and there is a growing demand for clean-label, sustainable, nutritious ingredients. Meat analogues must meet a number of requirements, one of which is the balance in the content of food ingredients. A systematic analysis of the nutritional and biological value was carried out and partial indices of the balance of substructural elements of the analogue of the meat semi-finished product from soybean processing products were established: the balance of the recipe composition ( $U_p$ ) = 0.049; vitamin composition ( $U_v$ ) = 0.052; mineral composition ( $U_m$ ) = 0.267; amino acid composition ( $U_a$ ) = 0.42 and energy value ( $U_e$ ) = 0.044. The value of the utility coefficient of the amino acid composition (AMC) is 0.871, and the indicator of comparable redundancy (RSI) is 5.04 %. The generalized Harrington criterion (generalized balance function) is 0.105 and is identical to the control (0.101). The biological value of the designed semi-finished product is 19.4 %. It has been established that the Harrington criterion and the biological value of sample 2 of the designed semi-finished product, as well as the AMC (0.871), are as close as possible to the control, which means that the developed products are as close as possible to the meat and vegetable semi-finished product in terms of nutritional value.

**Keywords:** meat analogues, vegetable semi-finished products, soybeans, balance, nutritional value, biological value, amino acid composition, nutrients, structural elements

**For citation:** Makarova A.A., Kryukova E.V., Pastushkova E.V., Pasko O.V. Systematic analysis of the nutritional and biological value of an analogue of meat semi-finished product from soybean processing products. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2022, vol. 10, no. 4, pp. 68–79. (In Russ.) DOI: 10.14529/food220407

### Введение

В современной пищевой промышленности происходят быстрые преобразования: важными трендами стали локальность и качество продуктов, что в совокупности оказывает непосредственное влияние на рынок. Наблюдается рост фермерских и натуральных продуктов, появляются продукты с «чистой этикеткой» (Clean Label), без генно-модифицированных организмов (ГМО) и искусственных добавок, также производители пищевой про-

дукции стали сосредотачиваться на создании растительных альтернатив [1–4].

В процессе создания продуктов на растительной основе целесообразно применять принцип пищевой комбинаторики, подразумевающий проектирование новых рецептур путем тщательного отбора сырья и ингредиентов для обеспечения необходимых сенсорных и физико-химических свойств, а также пищевой и биологической ценности [5–7]. Важными факторами для получения аналогов

мясных продуктов заданного качества являются вкус, аромат и консистенция. Наряду с этим, важно предлагать потребителям разнообразные продукты растительного происхождения с высокой питательной ценностью, что обеспечит более широкий выбор продуктов питания, доступных на рынке [8, 9].

В исследованиях по вопросам моделирования продуктов питания отмечается, что достижение уровня сбалансированности состава пищевых продуктов может быть достигнуто только за счет их многокомпонентности, что продиктовано возможностью регулирования химического состава продуктов в соответствии с современными требованиями науки о питании [10, 11]. При этом моделируемые продукты должны характеризоваться максимально приближенным к эталону нутриентным составом, сбалансированным по всем основным веществам (белкам, жирам, углеводам, минеральным веществам и витаминам), употребление которых обеспечит необходимую суточную калорийность и будет способствовать профилактике алиментарных заболеваний [12–14].

В последние годы индустрия аналогов мяса успешно сформировала растущий мировой рынок. Однако перед производителями и исследователями стоят задачи, включающие поиск новых технологий и ингредиентов для получения наилучшего соотношения между составом, текстурой и сенсорными свойствами [15]. Поэтому при разработке растительных продуктов, имитирующих продукты животного происхождения, необходимо обеспечить не только вкусовые характеристики, но и большое количество белка с полноценным и легкоусвояемым содержанием незаменимых аминокислот [16].

**Цель исследования** – критериальная оценка и системный анализ сбалансированности рецептурного состава модельных образцов аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои, спроектированных матричным методом рецептурных расчетов.

#### **Объекты и методы исследований**

Контрольным образцом выступал мясорастительный полуфабрикат охлажденный из мяса птицы рубленый формованный с заменой хлеба пшеничного на овсяные хлопья [17]. Объектами исследования являлись модельные образцы аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои с овсяными хлопьями и пюре из тыквы в дозировке

5; 10 и 15 % от массы продукта, спроектированные с использованием табличного процессора Microsoft Excel (Microsoft, США), с надстройкой «Поиск решения» [18]. Замена и подбор компонентов осуществлялись так, чтобы обеспечить имитацию «мяса» и максимальное приближение массовых долей нутриентов к контролю: белка – 17,0 %, жира – не более 2,0 %, углеводов – не менее 6,5 %, сухих веществ – не менее 27,0 %. В результате вычислений получили следующие рецептуры модельных образцов аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои (табл. 1).

Системный анализ – универсальный научный метод, подразумевающий разделение общей единой математической модели на блоки, взаимодействующие между собой [19]; для анализа применялись критерии для оценки аминокислотного состава и его сбалансированность в проектируемом полуфабрикате, предложенные академиком Н.Н. Липатовым и И.А. Роговым.

Коэффициент утилитарности  $j$ -й незаменимой аминокислоты (КУНА,  $\alpha_j$ , доли ед.) рассчитывается по формуле

$$\alpha_j = \frac{C_{\min}}{C_j}, \quad (1)$$

где  $C_{\min}$  – минимальный скор незаменимых аминокислот оцениваемого белка по отношению к физиологически необходимой норме (эталону), % или доли ед.;  $C_j$  – скор  $j$ -й незаменимой аминокислоты по отношению к физиологически необходимой норме (эталону), % или доли ед.

Коэффициент утилитарности аминокислотного состава (КУАС,  $U$ , доли ед.), численно характеризующий сбалансированность незаменимых аминокислот  $A_j$  по отношению к физиологически необходимой норме (эталону)  $A_{aj}$ , рассчитывается по формуле

$$U = C_{\min} \times \frac{\sum_{i=1}^n A_{aj}}{\sum_{i=1}^n A_j}. \quad (2)$$

Показатель сопоставимой избыточности (ПСИ,  $\sigma$ ) – содержание незаменимых аминокислот, характеризующее суммарную массу незаменимых аминокислот, не используемых на анаболические цели, в таком количестве белка оцениваемого продукта, которое эквивалентно по их потенциально утилизируемо-

Таблица 1  
Рецептуры контрольного образца и модельных образцов аналога мясного полуфабриката  
из продуктов переработки сои

Ингредиенты	Контроль	Варианты рецептур образцов, расход ингредиентов, кг на 100 кг (без учета потерь)		
		образец 1	образец 2	образец 3
Мука соевая текстурированная (в сухом виде)	–	19,70	19,70	19,70
Филе без кожи охлажденное из мяса цыплят-бройлеров	66,00	–	–	–
Хлопья овсяные «Геркулес»	5,00	5,00	10,00	15,00
Изолят соевого белка	–	6,10	5,40	4,80
Яйцо куриное пищевое	1,50	–	–	–
Пюре из тыквы	–	15,00	10,00	5,00
Вода питьевая	16,50	42,70	43,40	44,00
Лук репчатый свежий	6,00	5,00	5,00	5,00
Сухари панировочные	3,00	–	–	–
Отруби овсяные хрустящие	–	4,00	4,00	4,00
Соль поваренная пищевая	1,00	1,00	1,00	1,00
Перец черный молотый	0,50	0,50	0,50	0,50
Чеснок сушеный молотый	0,50	0,50	0,50	0,50
Паприка копченая молотая	–	0,50	0,50	0,50
<b>Масса, кг</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

му содержанию 100 г белка-эталоны, рассчитывается по формуле

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^n (A_j - C_{\min} \times A_{3j})}{C_{\min}}. \quad (3)$$

Идеальные значения показателей, приближенных к эталонному значению, должны быть равны:  $\alpha_j = 1$ ,  $U = 1$ ,  $\sigma = 0$ .

Коэффициент различия аминокислотных скоров (КРАС, %) показывает среднюю величину избытка аминокислотного скоры незаменимых аминокислот по сравнению с наименьшим уровнем скоры какой-либо незаменимой аминокислоты и рассчитывается по формуле

$$\text{КРАС} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta \text{РАС}_i}{n} \times 100 \%, \quad (4)$$

где  $n$  – количество незаменимых аминокислот ( $n = 8$ );  $\Delta \text{РАС}_i$  – разность между значением аминокислотного скоры  $i$ -й незаменимой аминокислоты и аминокислотным скором первой

лимитирующей аминокислоты, рассчитываемая по формуле

$$\Delta \text{РАС}_i = \Delta \text{АКС}_i + \text{АКС}_{\min}, \quad (5)$$

где  $\Delta \text{АКС}_i$  – избыток скоры  $i$ -й аминокислоты, %, рассчитываемый по формуле

$$\Delta \text{АКС}_i = \text{АКС}_i - 100, \quad (6)$$

где  $\text{АКС}_i$  – аминокислотный скор для  $i$ -й незаменимой кислоты);  $\text{АКС}_{\min}$  – скор лимитирующей кислоты, %.

Биологическую ценность белка (БЦ, %) определяют по формуле

$$\text{БЦ} = 100 - \text{КРАС}. \quad (7)$$

Для оценки уровня сбалансированности подструктурных элементов продукта использовались следующие безразмерные индексы [20]: сбалансированности рецептурного состава (ИСРС,  $U_p$ ), витаминного состава (ИСВС,  $U_b$ ), минерального состава (ИСМС,  $U_m$ ), аминокислотного состава (ИСАС,  $U_a$ ) и энергетической ценности (ИСЭЦ,  $U_3$ ).

Частные индексы сбалансированности рассчитываются как среднее геометрическое

значение. Например, формула для расчета ИСПС запишется в виде

$$U_p = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n \frac{P_j}{P_{sj}}}, \quad (8)$$

где  $P_j$  – массовая доля  $j$ -го рецептурного элемента (жира, белка, углевода) в продукте, мг/%;  $P_{sj}$  – массовая доля  $j$ -го рецептурного элемента (жира, белка, углевода), соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), мг/%;  $n$  – количество исследуемых рецептурных элементов в продукте ( $n = 3$ ).

Частный индекс сбалансированности энергетической ценности определяется по формуле

$$U_3 = \frac{\mathcal{E}_j}{\mathcal{E}_{sj}}, \quad (9)$$

где  $\mathcal{E}_j$  – энергетическая ценность продукта, кДж;  $\mathcal{E}_{sj}$  – энергетическая ценность продукта, соответствующая физиологически необходимой норме (эталону), кДж.

Обобщенная функция сбалансированности – критерий Харрингтона ( $D_i$ ) – определяется как среднее геометрическое значение от частных индексов сбалансированности и рассчитывается по формуле

$$D_i = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n U_i} = \sqrt[n]{U_p \cdot U_v \cdot U_m \cdot U_j \cdot U_a \cdot U_3}. \quad (10)$$

Идеальная сбалансированность продукта будет достигнута тогда, когда частные критерии желательности будут равны единице. Идеальная сбалансированность продукта оценивается при безразмерном критерии Харрингтона, равном  $D_i = 1$ .

#### Результаты исследования и их обсуждение

При разработке рецептуры аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои была проведена комплексная оценка сбалансированности продукта по рецептурному, витаминному, минеральному и аминокислотному составу, энергетической ценности и стоимости смоделированной фаршевой системы. Количественное содержание основных питательных веществ было определено по справочным данным о химическом составе сырья. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах определяли на основании МР 2.3.1.0253-21. Принимали следующие усредненные значения для взрослого человека физиологических потребностей

в энергии – 3000 ккал/сут, белках – 80 г/сут, жирах – 80 г/сут, углеводах – 400 г/сут.

Интегральная оценка индекса сбалансированности рецептурного состава опытных образцов проектируемого полуфабриката в сравнении с контролем приведена в табл. 2.

После оптимизации рецептуры аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои получаем продукты с массовой долей белка 17 %, идентичной контрольному образцу. С увеличением дозы овсяных хлопьев увеличиваются энергетическая ценность и массовая доля углеводов, что обусловлено высоким содержанием углеводов в овсе (61,8 % от массы продукта).

В модельных образцах проектируемого полуфабриката из продуктов переработки сои наблюдается пониженное содержание жира – от 1,1 до 1,7 % в сравнении с контролем, однако с более высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот (табл. 3).

Образцы 2 и 3 обладают наиболее высокими индексами ИСПС ( $U_p$ ) и ИСЭЦ ( $U_3$ ). Стоимость самой дорогой из предложенных рецептур аналога мясной продукции в 1,8 раза меньше стоимости полуфабрикатов из мяса птицы (контрольного образца).

Интегральная оценка частных индексов сбалансированности витаминного, минерального и аминокислотного состава опытных образцов разрабатываемого полуфабриката из продуктов переработки сои в сравнении с контролем приведена в табл. 4 и 5.

Проведенный анализ витаминного и минерального состава модельных образцов проектируемого полуфабриката позволил установить повышение содержания макро- и микроэлементов и увеличение индекса сбалансированности минерального состава ( $U_m$ ) в два раза в сравнении с контролем на примере образца 1. Увеличилось содержание витаминов А, В<sub>1</sub>, В<sub>9</sub>, К, однако уменьшилось содержание витаминов В<sub>4</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub>, которые в большом количестве содержались в продуктах животного происхождения (яйца, мясо птицы), предусмотренных рецептурой контрольного образца.

На основании проведенных исследований сбалансированности пищевой и биологической ценности проектируемого продукта определена оптимальная рецептура аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои с содержанием овсяных хлопьев и пюре из тыквы в равном количестве по 10 % от массы продукта (образец 2).

Таблица 2

Сравнительная оценка сбалансированности рецептурного состава в контроле  
и модельных образцах проектируемого полуфабриката

Показатель	Контроль	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Массовая доля, %:				
– жира	2,0	1,1	1,4	1,7
– белка	17,0	17,0	17,0	17,0
– углеводов	6,5	10,0	12,9	15,8
– сухих веществ	27,0	29,8	33,1	36,3
Соотношение Ж:Б:У	1:8,5:3,25	1:17:29,8	1:12,1:9,2	1:10:9,3
Стандарт соотношения Ж:Б:У	1:1:4			
<b>ИСРС (<math>U_p</math>)</b>	<b>0,044</b>	<b>0,042</b>	<b>0,049</b>	<b>0,056</b>
Энергетическая ценность, ккал/кДж	111,98/468,08	118,0/493,3	131,9/551,6	146,21/596,5
<b>ИСЭЦ (<math>U_s</math>)</b>	<b>0,037</b>	<b>0,039</b>	<b>0,044</b>	<b>0,049</b>
Стоимость рецептурной смеси, р./100 кг	21 233,25	11 981,65	11 412,00	10 892,30

Таблица 3

Сравнительная оценка содержания липидов в контроле и модельных образцах  
проектируемого полуфабриката

Липидный состав	Содержание липидов, мг/г			
	контроль	образец 1	образец 2	образец 3
Массовая доля жира, %	2,0	1,1	1,4	1,7
МНЖК	0,7	0,3	0,4	0,5
ПНЖК	0,4	0,5	0,6	0,7
НЖК	0,5	0,2	0,3	0,3
Соотношение МНЖК:ПНЖК:НЖК	1:0,6:0,7	1:1,6:0,7	1:1,5:0,7	1:1,4:0,7

Таблица 4

Сравнительная оценка содержания витаминов, макро- и микроэлементов и частных индексов  
сбалансированности в контроле и модельных образцах проектируемого полуфабриката

Витамины	Контроль	Образец 1	Образец 2	Образец 3
<b>Содержание витаминов в рецептурах, мг/%</b>				
Ретинол (А)	0,011	0,029	0,019	0,010
Токоферол (Е)	0,480	0,211	0,274	0,338
Тиамин (В <sub>1</sub> )	0,104	0,216	0,236	0,257
Рибофлавин (В <sub>2</sub> )	0,079	0,073	0,075	0,078
Холин (В <sub>4</sub> )	61,205	7,045	8,721	10,396
Пантотеновая кислота (В <sub>5</sub> )	1,107	0,574	0,613	0,653
Пиридоксин (В <sub>6</sub> )	0,575	0,158	0,165	0,172
Фолиевая кислота (В <sub>9</sub> )	0,018	0,070	0,071	0,072
Филлохинон (К)	0,001	0,009	0,010	0,010
<b>ИСВС (<math>U_b</math>)</b>	<b>0,051</b>	<b>0,050</b>	<b>0,052</b>	<b>0,052</b>

Окончание табл. 4

Витамины	Контроль	Образец 1	Образец 2	Образец 3
<b>Содержание минералов в рецептурах, мг/%</b>				
Калий (К)	247,1	551,0	559,0	567,1
Кальций (Ca)	22,2	64,6	65,9	67,2
Натрий (Na)	258,9	393,2	394,0	394,8
Магний (Mg)	67,5	76,7	82,6	88,4
Фосфор (P)	143,8	186,4	201,8	217,3
Железо (Fe)	1,5	2,4	2,6	2,7
Медь (Cu)	0,1	0,9	0,9	0,9
Цинк (Zn)	1,2	0,9	1,0	1,1
Марганец (Mn)	0,3	1,1	1,3	1,5
<b>ИСМС (<math>U_m</math>)</b>	<b>0,128</b>	<b>0,252</b>	<b>0,267</b>	<b>0,281</b>

Таблица 5

Сравнительная оценка биологической ценности частных индексов и обобщенных критериев сбалансированности контрольного и модельных образцов проектируемого полуфабриката

Незаменимые аминокислоты	Содержание незаменимых аминокислот и аминокислотный скор, мг/г белка							
	контроль		образец 1		образец 2		образец 3	
Валин	42,67	85,3	15,97	31,9	18,53	37,1	21,09	42,2
Изолейцин	37,36	93,4	14,49	36,2	16,32	40,8	18,15	45,4
Лейцин	64,62	92,3	24,31	34,7	27,19	38,8	30,08	43,0
Лизин	80,53	146,4	19,09	34,7	21,00	38,2	22,92	41,7
Метионин+цистин	26,70	76,3	10,82	30,9	12,69	36,3	14,56	41,6
Треонин	36,37	90,9	12,96	32,4	14,71	36,8	16,46	41,1
Триптофан	13,02	130,2	5,22	52,2	6,11	62,1	7,01	70,1
Фенилаланин+тирозин	61,59	102,7	28,87	48,1	33,34	55,6	37,81	63,0
ИСАС	1,0		0,37		0,42		0,47	
КУАС	0,757		0,845		0,871		0,881	
ПСИ, %	6,51		5,92		5,04		4,78	
Критерий Харрингтона	0,101		0,095		0,105		0,114	
Биологическая ценность, %	21,5		17,2		19,4		21,5	

Ниже более подробно описана и графически проиллюстрирована сбалансированность пищевой и биологической ценности модельного образца 2 аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои. На рис. 1 представлены значения уровня сбалансированности витаминного состава исследуемого образца полуфабриката при употреблении в

пищу продукта взрослым населением, а на рис. 2 – смоделированные данные уровня соответствия минерального состава физиологической норме.

Употребление в пищу взрослым населением разрабатываемой продукции в количестве 100 г на 17,8 % покрывает суточную норму в витамине В<sub>9</sub>, на 15,8 % – в витамине В<sub>1</sub>, на

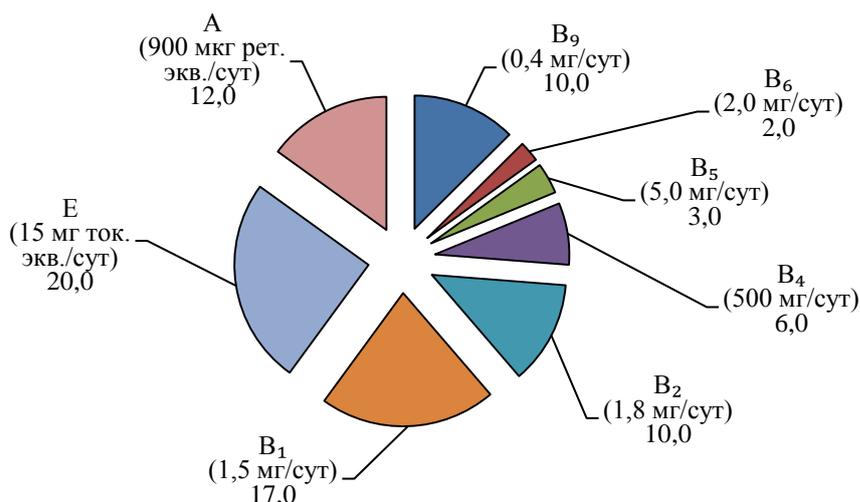


Рис. 1. Уровень сбалансированности витаминного состава аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои, % (образец 2)

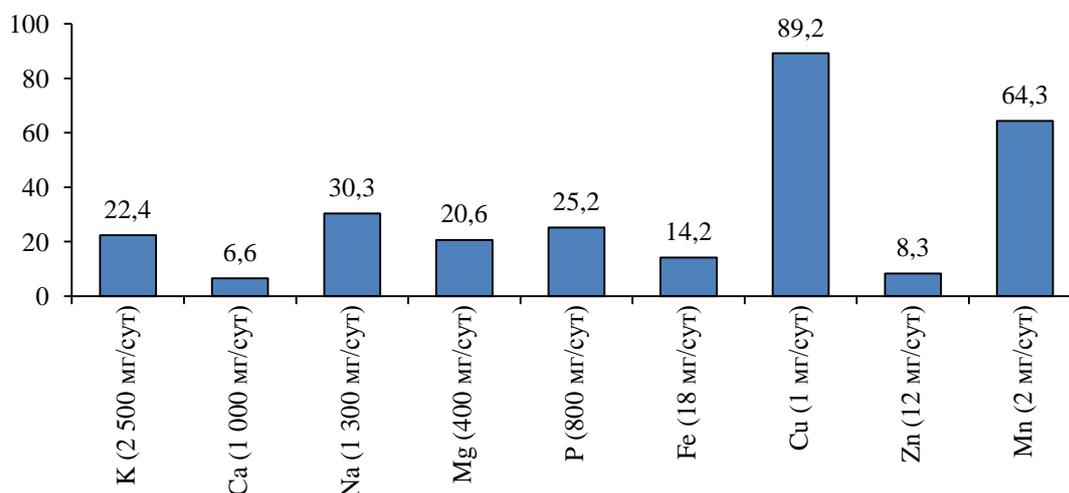


Рис. 2. Уровень сбалансированности минерального состава аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои, % (образец 2)

12,3 % – в витамине В<sub>5</sub>. Аналог мясного полуфабриката из продуктов переработки сои (образец 2) содержит большое количество меди и марганца, и 100 г продукта позволит обеспечить для взрослого человека их ежедневную норму на 89,2 % и 64,3 % соответственно.

В табл. 6 представлен расчет показателей сбалансированности и биологической ценности аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои с овсяными хлопьями и пюре из тыквы (образец 2): показатель утилитарности аминокислотного состава (КУАС = 0,871), показателя сопоставимой недостаточности (ПСИ = 5,04 %), индекса сбалансированности

аминокислотного состава (ИСАС = 0,42) и биологической ценности (БЦ = 19,4 %).

#### Выводы

Проведена интегральная оценка уровня сбалансированности подструктурных элементов и биологической ценности модельных образцов аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои. На основе представленных данных можно наблюдать уменьшение содержания незаменимых аминокислот и ИСАС в сравнении с контролем. Хотя соевый фарш и обладает высоким содержанием белка, но по аминокислотному составу проигрывает мясному сырью (мясу птицы и яйцу). Однако обобщенный критерий Харрингтона и биологическая ценность образца 2 проектируемого

Таблица 6

Оценка сбалансированности и биологической ценности аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои (образец 2)

Показатель	Валин	Изолейцин	Лейцин	Лизоцим	Метионин + Цистин	Треонин	Триптофан	Фенилаланин + Тирозин
Содержание незаменимых аминокислот $A_j$ , мг/г белка	18,53	16,32	27,19	21,00	12,69	14,71	6,11	33,34
Содержание в продукте $A_j$ , г/100 г белка	1,85	1,63	2,72	2,10	1,27	1,47	0,61	3,33
Взрослые $A_{эj}$ , мг/г белка	50,0	40,0	70,0	55,0	35,0	40,0	10,0	60,0
Взрослые $A_{эj}$ , г/100 г белка	5,0	4,0	7,0	5,5	3,5	4,0	1,0	6,0
Минимум в продукте, мг/г белка	6,11							
Аминограмма (взрослые) $A_j/A_{эj}$	0,37	0,41	0,39	0,38	0,36	0,37	0,61	0,56
Аминограмма (взрослые) АКС, %	37,1	40,8	38,8	38,2	36,3	36,8	61,1	55,6
Сумма незаменимых аминокислот взрослые $A_{эj}$	36,0							
Сумма незаменимых аминокислот расчетная $A_j$	15,0							
КУАС	0,871							
$C_{\min}$	0,36							
Отношение $A_i/A_{эj}$	0,37	0,41	0,39	0,38	0,36	0,37	0,61	0,56
КУНА	0,98	0,89	0,93	0,95	1,00	0,99	0,59	0,65
ИСАС	0,42							
$C_{\min} \times A_{эj}$	1,81	1,45	2,54	1,99	1,27	1,45	0,36	2,18
$A_j - C_{\min} \times A_{эi}$	0,04	0,18	0,18	2,10	0,00	0,02	0,25	1,16
Сумма ( $A_j - C_{\min} \times A_{эi}$ )	3,93							
ПСИ, %	5,04							
Критерий Харрингтона $D_i$	0,105							
Различие аминокислотного сора (РАС)	99,207	95,984	122,300	117,377	63,731	63,223	38,851	44,432
Сумма РАС	645,104							
КРАС, %	80,64							
БЦ, %	19,4							

полуфабриката максимально приближены к контролю, а также КУАС, который описывает сбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к физиологически необходимой норме, что свидетельствует об имитации разрабатываемой продукции не только по органолептическим свойствам, но и пищевой

ценности мяса. Добавление в рецептуру аналога мясного полуфабриката из продуктов переработки сои овсяных хлопьев и тыквы представляет высокую практическую значимость, так как способствует улучшению органолептических показателей, а также увеличивает пищевую и биологическую ценность.

### Список литературы

1. Tziva M., Negro S.O., Kalfagianni A., Hekkert M.P. Understanding the protein transition: The rise of plant-based meat substitutes // *Environmental innovation and societal transitions*. 2020. Vol. 35. P. 217–231. DOI: 10.1016/j.eist.2019.09.004
2. Lonkila A., Kaljonen M. Promises of meat and milk alternatives: an integrative literature review on emergent research themes // *Agriculture and human values*. 2021. DOI: 10.1007/s10460-020-10184-9
3. Большакова А.А., Краснов Д.В., Ушакова Ю.В., Белоглазова К.Е., Рысмухамбетова Г.Е. Обзор рынка растительного «молока» // *АПК России: образование, наука, производство*. 2022. С. 4–6.
4. Макарова А.А., Крюкова Е.В. Рынок аналогов мясных полуфабрикатов в России: ассортимент, состояние и тенденции развития // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2021. Т. 10. № 3 (55). С. 142–146. DOI: 10.46548/21vek-2021-1055-0028
5. Nikitina M., Chernukha I., Lisitsyn A. Russian methodology for designing multicomponent foods in retrospect // *Foods and Raw Materials*. 2020. Т. 8, № 1. С. 2–11. DOI: 10.21603/2308-4057-2020-1-2-11
6. Nezek J.B., Forestell C.A. Meat Substitutes: Current Status, Potential Benefits, and Remaining Challenges // *Current Opinion in Food Science*. 2022. С. 100890. DOI: 10.1016/j.cofs.2022.100890
7. Marcum J.A. Nutrigenetics/nutrigenomics, personalized nutrition, and precision healthcare // *Current nutrition reports*. 2020. Т. 9, № 4. С. 338–345. DOI: 10.1007/s13668-020-00327-z
8. Starowicz M., Poznar K. K., Zieliński H. What are the main sensory attributes that determine the acceptance of meat alternatives? // *Current Opinion in Food Science*. 2022. С. 100924. DOI: 10.1016/j.cofs.2022.100924
9. Thar C.M., Jackson R, Swinburn B, Mhurchu C.N. A review of the uses and reliability of food balance sheets in health research // *Nutrition reviews*. 2020. Т. 78, № 12. С. 989–1000. DOI: 10.1093/nutrit/nuaa023
10. Лисин П.А., Гаврилова Н.Б., Молибога Е.А., Трофимов И.Е., Есипова М.С. Интегральная оценка сбалансированности продуктов питания // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2015. № 8. С. 5–11.
11. Hahn Y., Oh B. Food Balance Lunchbox: Enabling Healthy Eating by Knowledge // *Proceedings of IASDR2019*. 2019. С. 2–5.
12. Уварова Н.Г., Алешков А.В. Новая парадигма питания: от сыроедения к нутригеномике // *Товароведение, технология и экспертиза: инновационные решения и перспективы развития*. 2021. С. 112–118.
13. Скрипко О.В. Научные основы белково-витаминных концентратов на основе сои и их использование в технологии функциональных продуктов питания. Благовещенск, 2020. 112 с.
14. Grech A. Macronutrient (im) balance drives energy intake in an obesogenic food environment: An ecological analysis // *Obesity*. 2022. Т. 30, № 11. С. 2156–2166. DOI: 10.1002/oby.23578
15. Yusuf D., Setiarto R. H. B. Quality Aspects Related to Meat Analogue Based on Microbiology, Plants and Insects Protein // *Reviews in Agricultural Science*. 2022. Т. 10. С. 206–219. DOI: 10.7831/ras.10.0\_206
16. Brennan L., de Roos B. Nutrigenomics: lessons learned and future perspectives // *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2021. Т. 113, № 3. С. 503–516. DOI: 10.1093/ajcn/nqaa366
17. Дунченко Н.И., Свинина А.А., Волошина Е.С. Влияние овсяных хлопьев и толокна на органолептические свойства котлет из мяса птицы // *Мясная индустрия*. 2018. № 1. С. 43–45.
18. Макарова А.А., Лисин П.А., Пасько О.В. Проектирование аналоговых мясных полуфабрикатов с применением симплекс-метода // *Индустрия питания*. 2021. Т. 6, № 2. С. 50–58. DOI: 10.29141/2500-1922-2021-6-2-6
19. Юдина С.Б. Совершенствование методики проектирования пищевой ценности функциональных продуктов // *Мясная индустрия*. 2015. № 3. С. 36–37.
20. Лисин П.А. Системный анализ сбалансированности продуктов питания (идеи, методы, решения). Омск, 2018. 122 с.

### References

1. Tziva M., Negro S.O., Kalfagianni A., Hekkert M.P. Understanding the protein transition: The rise of plant-based meat substitutes. *Environmental innovation and societal transitions*, 2020, vol. 35, pp. 217–231. DOI: 10.1016/j.eist.2019.09.004
2. Lonkila A., Kaljonen M. Promises of meat and milk alternatives: an integrative literature review on emergent research themes. *Agriculture and human values*, 2021. DOI: 10.1007/s10460-020-10184-9
3. Bol'shakova A.A., Krasnov D.V., Ushakova Yu.V., Beloglazova K.E., Rysmuhambetova G.E. Overview of the vegetable “milk” market. *APK Rossii: obrazovanie, nauka, proizvodstvo*, 2022, pp. 4–6. (In Russ.)
4. Makarova A.A., Kryukova E.V. The market of analogues of semi-finished meat products in Russia: assortment, state and development trends. *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus*, 2021, vol. 10, no. 3 (55), pp. 142–146. (In Russ.) DOI: 10.46548/21vek-2021-1055-0028
5. Nikitina M., Chernukha I., Lisitsyn A. Russian methodology for designing multicomponent foods in retrospect. *Foods and Raw Materials*, 2020, vol. 8, no. 1, pp. 2–11. DOI: 10.21603/2308-4057-2020-1-2-11
6. Nezelek J.B., Forestell C.A. Meat Substitutes: Current Status, Potential Benefits, and Remaining Challenges. *Current Opinion in Food Science*, 2022, p. 100890. DOI: 10.1016/j.cofs.2022.100890
7. Marcum J.A. Nutrigenetics/nutrigenomics, personalized nutrition, and precision healthcare. *Current nutrition reports*, 2020, vol. 9, no. 4, pp. 338–345. DOI: 10.1007/s13668-020-00327-z
8. Starowicz M., Poznar K. K., Zieliński H. What are the main sensory attributes that determine the acceptance of meat alternatives? *Current Opinion in Food Science*, 2022, p. 100924. DOI: 10.1016/j.cofs.2022.100924
9. Thar C.M. Jackson R., Swinburn B., Mhurchu C.N. A review of the uses and reliability of food balance sheets in health research. *Nutrition reviews*, 2020, vol. 78, no. 12, pp. 989–1000. DOI: 10.1093/nutrit/nuaa023
10. Lisin P.A., Gavrilova N.B., Moliboga E.A., Trofimov I.E., Esipova M.S. Integral assessment of food balance. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya*, 2015, no. 8, pp. 5–11. (In Russ.)
11. Hahn Y., Oh B. Food Balance Lunchbox: Enabling Healthy Eating by Knowledge. *Proceedings of IASDR2019*, 2019, pp. 2–5.
12. Uvarova N.G., Aleshkov A.V. A new paradigm of nutrition: from raw food to nutrigenomics. *Tovarovedenie, tekhnologiya i ekspertiza: innovacionnye resheniya i perspektivy razvitiya*, 2021, pp. 112–118. (In Russ.)
13. Skripko O.V. Scientific basis of soy-based protein-vitamin concentrates and their use in the technology of functional foods. *Blagoveshchensk*, 2020. 112 p.
14. Grech A. et al. Macronutrient (im) balance drives energy intake in an obesogenic food environment: An ecological analysis. *Obesity*, 2022, vol. 30, no. 11, pp. 2156–2166. DOI: 10.1002/oby.23578
15. Yusuf D., Setiarto R. H. B. Quality Aspects Related to Meat Analogue Based on Microbiology, Plants and Insects Protein. *Reviews in Agricultural Science*, 2022, vol. 10, pp. 206–219. DOI: 10.7831/ras.10.0\_206
16. Brennan L., de Roos B. Nutrigenomics: lessons learned and future perspectives. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2021, vol. 113, no. 3, pp. 503–516. DOI: 10.1093/ajcn/nqaa366
17. Dunchenko N.I., Svinina A.A., Voloshina E.S. Influence of oat flakes and oatmeal on the organoleptic properties of poultry cutlets. *Myasnaya industriya*, 2018, no. 1, pp. 43–45. (In Russ.)
18. Makarova A.A., Lisin P.A., Pas'ko O.V. Design of analog semi-finished meat products using the simplex method. *Индустрия питания | Food Industry*, 2021, vol. 6, no. 2, pp. 50–58. (In Russ.) DOI: 10.29141/2500-1922-2021-6-2-6
19. Yudina S.B. Improving the methodology for designing the nutritional value of functional products. *Myasnaya industriya*, 2015, no. 3, pp. 36–37. (In Russ.)
20. Lisin P.A. Sistemnyj analiz sbalansirovannosti produktov pitaniya (idei, metody, resheniya) [System analysis of food balance (ideas, methods, solutions)]. Omsk, 2018. 122 p.

***Информация об авторах***

**Макарова Анна Андреевна**, кандидат технических наук, ассистент кафедры «Процессы и аппараты перерабатывающих производств», Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия, a.makarova@rgau-msha.ru

**Крюкова Екатерина Владимировна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии питания», Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия, katepat@mail.ru

**Пастушкова Екатерина Владимировна**, доктор технических наук, профессор кафедры управления качеством и экспертизы товаров и услуг, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия, pasekaterina@yandex.ru

**Пасько Ольга Владимировна**, доктор технических наук, профессор, директор, ООО «Независимый центр сертификации и экспертизы «ХорекаЭкспертГрупп», Москва, Россия, pasko-olga@mail.ru

***Information about the authors***

**Anna A. Makarova**, PhD (Engineering), Assistant of the Department processes and devices processing industries, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia, a.makarova@rgau-msha.ru

**Ekaterina V. Kryukova**, PhD (Engineering), Associate Professor of the Department nutrition technologies, Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia, katepat@mail.ru

**Ekaterina V. Pastushkova**, Doctor of Science (Engineering), Associate Professor, Professor of the Merchandise and Expertise Department Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia, pasekaterina@yandex.ru

**Olga V. Pasko**, Doctor of Science (Engineering), Professor, President, LLC “Independent Center for Certification and Expertise “HorecaExpertGroup”, Moscow, Russia, pasko-olga@mail.ru

***Статья поступила в редакцию 14.09.2022***

***The article was submitted 14.09.2022***