Оптимизация аминокислотного состава комбинированных продуктов для школьного питания

А.Т.Васюкова, Д.А.Тихонов, А.В.Мошкин, И.А.Богонослова, Н.М.Портнов, В.Г.Кулаков

Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г.Разумовского, Москва, Российская Федерация

Представлена сравнительная характеристика аминокислотного состава «идеального» белка и разрабатываемой рецептуры комбинированных продуктов. Приведены результаты расчета аминокислотного сбалансированности (АКС) незаменимых аминокислот нового белкового продукта. АКС находится в диапазоне от 105 до 143%. Полученная рецептура комбинированного продукта незначительно лимитирована по валину (98%). На основании АКС рассчитаны коэффициенты различия исследуемых аминокислот (от –0,2 до 4,36%) и определена биологическая ценность каждого из компонентов рецептуры. Рассматривается содержание заменимых аминокислот в «идеальном» белке, сырье растительного и животного происхождения и продуктах по разработанной рецептуре. Рецептура нового комбинированного продукта характеризуется как полноценная и сбалансированная по аминокислотному составу, пригодная для пищевых целей, содержащая все необходимые аминокислоты для протекания синтеза белка. Максимальный АКС отмечен у биточков паровых с говядиной, бараниной и капустой, что на 7,61% превышает АКС биточков паровых с говядиной и бараниной и на 9,38% – АКС биточков паровых с говядиной. Исследуемый продукт имеет высокую биологическую ценность – от 95 до 99%. Разработанная математическая модель применима для уточнения рецептуры и в более конкретных условиях, например для одной возрастной категории. Новизна модели состоит в приоритетном учете органолептических и потребительских свойств разработанной рецептуры.

Ключевые слова: комбинированные продукты, симплекс-метод, аминокислотный скор, состав рецептуры, белок

Для цитирования: Васюкова А.Т., Тихонов Д.А., Мошкин А.В., Богонослова И.А., Портнов Н.М., Кулаков В.Г. Оптимизация аминокислотного состава комбинированных продуктов для школьного питания. Вопросы детской диетологии. 2020; 18(5): 54–65. DOI: 10.20953/1727-5784-2020-5-54-65

Optimisation of the amino acid composition of combined products for school nutrition

A.T.Vasyukova, D.A.Tikhonov, A.V.Moshkin, I.A.Bogonosova, N.M.Portnov, V.G.Kulakov

K.G.Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management, Moscow, Russian Federation

The article presents a comparative characteristic of the amino acid composition of the «ideal» protein and the developed formulation of combined products. The results of calculation of the amino acid score (AAS) of the essential amino acids in the novel protein product are given. AAS is within the range from 105 to 143%. The developed formulation of a combined product has an insignificantly limited amount of valine (98%). Based on AAS, the difference coefficients of the examined amino acids were calculated (from –0.2 to 4.36%) and the biological value of each of the components of the formulation was determined. The nonessential amino acid composition of the «ideal» protein, raw materials of vegetable and animal origin and products produced according to the developed formulation are considered. The formulation of the novel combined product has been characterised as a full and balanced amino acid composition, suitable for nutrition, containing all the amino acids necessary for protein synthesis. The maximum AAS has been noted in steamed meatballs with beef, mutton and cabbage, which by 7.61% exceeds the AAS of steamed meatballs with beef and mutton and by 9.38% – the AAS of steamed meatballs with beef. The examined product has a high biological value – from 95 to 99%. The developed mathematical model is applicable to specification of the formulation under more specific conditions, for instance, for a particular age category. The novelty of the model consists in its priority with respect to the organoleptic properties and consumer preferences of the developed formulation.

Key words: combined products, simplex method, amino acid score, formulation composition, protein

For citation: Vasyukova A.T., Tikhonov D.A., Moshkin A.V., Bogonosova I.A., Portnov N.M., Kulakov V.G. Optimisation of the amino acid composition of combined products for school nutrition. Vopr. det. dietol. (Pediatric Nutrition). 2020; 18(5): 54–65. (In Russian). DOI: 10.20953/1727-5784-2020-5-54-65

Для корреспонденции:

Васюкова Анна Тимофеевна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры персонализированной диетологии, гостиничного и ресторанного сервиса Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г.Разумовского

Адрес: 109004, Москва, ул. Земляной вал, 73

Телефон: (800) 777-84-63

E-mail: Vasyukova-AT@yandex.ru

Статья поступила 07.10.2019 г., принята к печати 27.10.2020 г.

For correspondence:

Anna T. Vasyukova, DSc in Technology, professor at the department of personalised nutrition, hotel and restaurant services, K.G.Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management

Address: 73 Zemlyanoy Val str., Moscow, 109004, Russian Federation

Phone: (800) 777-84-63

E-mail: Vasyukova-AT@yandex.ru

The article was received 07.10.2019, accepted for publication 27.10.2020

Современная концепция науки о питании выдвигает требования к сбалансированности аминокислот составляющих белков, а также к их формам, максимально удовлетворяющим физиологическим нормам питания. В связи с этим весьма актуальна разработка комбинированного мясного сырья с растительными добавками, высокой биологической ценностью и адекватного мясным изделиям по уровню функционально-технологических свойств для выработки продуктов заданной ассортиментной группы. Снижение себестоимости заменителей основного сырья для удовлетворения потребительского спроса широких слоев населения особенно важно для социально незащищенных групп населения, так как очищенные белковые препараты относительно дороги, а их состав не сбалансирован по составу аминокислот [1]. Большую роль в совершенствовании технологии продуктов сложного сырьевого состава и методов экономического анализа играет применение современных подходов с использованием компьютерных технологий [2–4].

При решении системы линейных уравнений с целью разработки многокомпонентного продукта имеет место множество вариантов рецептур. Однако задача специалиста в этой области состоит в том, чтобы из этого множества выбрать рецептуру с заданными параметрами (например, с минимальной себестоимостью, высокими качественными показателями, максимальным использованием сырьевых ресурсов, максимально соответствующую показателям продукта для школьного питания).

По данным многих исследователей, достигнуть цели возможно за счет рационального комбинирования сырья и получения удобной для практического применения формы, отвечающей требованиям к продуктам эконом-класса без снижения и даже с повышением пищевой и биологической ценности [1–11]. В последнее время приобрели популярность комбинированные продукты, которые благодаря скорректированному составу рецептуры значимы в производстве здоровых продуктов питания, имеют высокую кулинарную готовность [1].

Почти во всех странах, где недостаточно развита мясная индустрия, большое внимание привлекают новые источники белка на основе растений. Большое количество белков растительного происхождения и сравнительно низкие затраты на производство дают возможность значительно восполнить за их счет дефицит белка в питании людей.

Интерес к растительным белковым ресурсам определяется низким содержанием жира и меньшим количеством серосодержащих аминокислот по сравнению с животными источниками. На получение 1 кг растительного белка при интенсивном сельскохозяйственном производстве затрачивается примерно 11 тыс. ккал энергии топлива, на 1 кг животного – более 75 тыс. ккал. В 16 раз выше в животноводстве и удельные затраты труда: на 1 чел. приходится 53 кг растительного белка и лишь 3,2 кг животного [5].

В связи с этим в реализации концепции здорового питания и науки о питании перед агропромышленным комплексом стоят принципиально новые задачи, требующие качественно новых подходов и решений: существенного пересмотра ассортимента, рецептур и технологий производства продуктов массового потребления, кардинального пересмотра устоявшихся представлений о критериях их качества и

пищевой ценности. Для получения комбинированных и искусственных продуктов питания необходимо увеличение ресурсов пищевого белка, не используемых совершенно или используемых крайне нерационально. Это, прежде всего, относится к вторичным ресурсам мясной отрасли, белкам масличных, бобовых и зерновых культур [5].

Актуальна разработка технологических подходов с целью организации производств, основанных на фракционировании продовольственного сырья на пищевые компоненты (белки, жиры, углеводы, пищевые волокна и др.).

Цель настоящей работы – разработка рецептуры комбинированных биологически полноценных белковых продуктов для школьного питания на основе мясного и растительного сырья с высокими функциональными свойствами и биологической ценностью, пригодных для продолжительного хранения.

Задачи работы – обоснование и оптимизация компонентного состава комбинированных фаршей и изучение условий получения белковых продуктов;

- разработка технологии производства комбинированных мясорастительных продуктов;
- анализ основных закономерностей и обоснование режимов процесса получения комбинированных белковых продуктов;
- разработка рецептур и комплексная оценка качества комбинированных мясорастительных продуктов для школьного питания.

Материалы и методы

Универсальный метод, который применен при решении поставленной задачи линейного программирования, в частности при решении рецептурной задачи, – симплекс-метод. Симплексный метод относится к числу наиболее распространенных вычислительных методов, реализующих идею последовательного улучшения решения. В основе этого метода лежит алгоритм симплексных преобразований системы, дополненной правилом, обеспечивающим переход не к любому, а к оптимальному решению [6, 12, 13].

Согласно рекомендациям ФАО, качество белка определяется по структуре аминокислотного состава, с учетом фактора усвояемости разных видов белка. Интегральным показателем качества пищевого белка является PDCAAS – скорректированный аминокислотный коэффициент усвояемости белков, рекомендованный для применения при оценке качества белков Объединенным экспертным советом ФАО/ВОЗ (1989 г., пересмотрен в 2002 г., издан в 2007 г.). Этот показатель включает в себя три основных параметра оценки качества белка: содержание незаменимых аминокислот, усвояемость, способность поставлять незаменимые аминокислоты в необходимом для человека количестве.

Аминокислотный скор (АКС) рассчитывается по формуле:

$$\text{АКС} = \min \left\{ \frac{B_i}{P_i} \right\}, i=1..n, \quad (1)$$

где B_i – фактическое содержание i -й аминокислоты (мг) на 1 г белка,

P_i – эталонное (шаблонное) содержание i -й аминокислоты.

Функция *min* указывает на лимитирующую аминокислоту.

Таблица 1. Потребность в незаменимых аминокислотах (данные ВОЗ)

Table 1. Essential amino acid requirement (according to WHO)

Возраст, лет / Age, years	Лизин / Lysine	Серосодержащие аминокислоты / Sulfur-containing amino acids	Треонин / Threonine	Триптофан / Tryptophan
	мг/г белка / mg/g protein			
До 1 года / Under 1 year-old	57	28	31	8,5
1–2	52	26	27	7,4
3–10	48	24	25	6,6
11–14	48	23	25	6,5
15–18	47	23	24	6,3
Взрослые >18 лет / Adults >18 years	45	22	23	6,0

В работе использовали общепринятые и специальные методы исследования: показатели биологической ценности (АКС, КРАС, БЦ, U, 8п), полученные расчетным путем [6]. Для оптимизации состава продукта по показателю качества белка использована компьютерная программа Microsoft Excel (надстройка «Поиск решения»). В расчете PDCAAS используются незаменимые аминокислоты, по которым имеются утвержденные уровни потребления (табл. 1). Следует заметить, что приведенные в таблице рекомендации описывают питание человека в целом, в среднесуточном выражении.

Поскольку в рацион входят не только продукты – явно выраженные «поставщики белка», но и относительно бедные

белком, при рассмотрении отдельного мясного продукта его показатели состава незаменимых аминокислот (и, как следствие, показатели качества белка в целом) могут превышать числовые значения типового среднесуточного «идеального» белка.

При расчете PDCAAS также учитывается усвояемость белков различных продуктов.

$$\text{PDCAAS} = \text{Усвояемость} \times \text{Скор.} \quad (2)$$

Для расчетов использованы показатели усвояемости (табл. 2), опубликованные в рекомендациях ФАО/ВОЗ.

При подборе аналогов базы USDA SR (при множественности записей-аналогов по мясу) в качестве основной характеристики использовалось содержание белка, в качестве дополнительной – жира.

Исследования пищевой ценности комбинированных белковых продуктов осуществлялось в лаборатории ВНИИМП и на кафедре персонализированной диетологии, гостиничного и ресторанного сервиса Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г.Разумовского (ПКУ).

Алгоритм расчета PDCAAS (описание метода)

Расчет PDCAAS выполнен по алгоритму, рекомендованному ФАО/ВОЗ:

- По каждому продукту рассчитано содержание незаменимых аминокислот, приходящихся на 1 г белка.
- По каждому продукту рассчитано количество аминокислот в рецептуре (в мг), с учетом усвояемости.

Таблица 2. Усвояемость белков различных продуктов в организме человека*

Table 2. Digestibility of proteins of various products in the human body*

Источник белка / Protein source	Истинная усвояемость, % / True digestibility, %	Источник белка / Protein source	Истинная усвояемость, % / True digestibility, %
Американская смешанная диета / American mixed diet	98	Просо / Millet	79
Бобы / Beans	78	Овсянка / Oatmeal porridge	86
Бразильская смешанная диета / Brazilian mixed diet	78	Овес, хлопья / Oats, flakes	72
Китайская смешанная диета / Chinese mixed diet	96	Арахисовое масло / Peanut oil	95
Кукуруза, хлопья / Maize / corn, flakes	70	Арахис / Peanuts	94
Кукуруза, целая / Maize, whole	87	Горох, зрелый / Peas, mature	88
Семена / Seeds	90	Соевая мука / Soy flour	86
Яйцо / Egg	97	Рис, полированный / Polished rice	88
Филиппинская смешанная диета / Filipino mixed diet	88	Изолят соевого белка / Soy protein isolate	95
Индийская диета из риса и бобов / Indian rice and bean diet	78	Мука из семян подсолнечника / Sunflower seed flour	90
Индийская рисовая диета / Indian rice diet	77	Тритикале / Triticale	90
Индийская рисовая диета и молоко / Indian rice diet and milk	87	Пшеничная мука, белая / White wheat flour	96
Кукурузы / Maize	85	Пшеничная клейковина / Wheat gluten	99
Кукуруза и фасоль / Maize and haricot beans	78	Пшеница, зерновые / Wheat, cereals	77
Кукуруза и фасоль + Молоко / Maize and haricot beans + Milk	84	Пшеница, рафинированная / Refined wheat	96
Мясо, рыба / Meat, fish	94	Пшеница, целая / Whole wheat	86
Молоко, сыр / Milk, cheese	95		

*базы данных USDA SR27.

*USDA SR27 databases.

Таблица 3. Содержание незаменимых аминокислот в пищевых продуктах, входящих в рецептуру
 Table 3. Essential amino acid contents of food products in the formulation

Продукт / Product	По (1) / Acc. (1)		По (2) / Acc. (2)		Незаменимые аминокислоты, в г на 100 г продукта / Essential amino acids, g per 100 g of product										
	Код / Code	Белок, г/100 / Protein, g/100	Код / Code	Белок, г/100 / Protein, g/100	Триптофан / Tryptophan	Треонин / Threonine	Изолейцин / Isoleucine	Лейцин / Leucine	Лизин / Lysine	Метионин / Methionine	Цистин / Cysteine	Фенилаланин / Phenylalanine	Тирозин / Tyrosine	Валин / Valine	Гистидин / Histidine
Говядина I категории / Beef, I grade	3.1.3	18,6	13799	18,87	0,211	0,824	0,848	1,491	1,570	0,483	0,211	0,737	0,634	0,918	0,646
Баранина I категории / Mutton, I grade	3.1.1	15,6	17011	17,91	0,209	0,767	0,864	1,393	1,582	0,460	0,214	0,729	0,602	0,967	0,567
Хлеб пшеничный 1-го сорта / Wheat bread, I grade	6.1.3.2.1	7,6	18070	9	0,106	0,267	0,354	0,637	0,245	0,158	0,191	0,444	0,261	0,397	0,196
Масло сливочное / Butter	5.1.1	0,5	01001	0,85	0,012	0,038	0,051	0,083	0,067	0,021	0,008	0,041	0,041	0,057	0,023
Капуста / Cabbage	8.1.2.1	1,8	11109	1,28	0,011	0,035	0,030	0,041	0,044	0,012	0,011	0,032	0,019	0,042	0,022
Морковь / Carrot	8.1.5.1	1,3	11124	0,93	0,012	0,191	0,077	0,102	0,101	0,020	0,083	0,061	0,043	0,069	0,040
Тыква / Pumpkin	8.1.6.31	1,0	11422	1,0	0,012	0,029	0,031	0,046	0,054	0,011	0,003	0,032	0,042	0,035	0,016

Химический состав российских продуктов питания / Chemical composition of Russian food products.

База данных USDA SR27 / USDA SR27 database.

- Количество каждой аминокислоты просуммировано по рецептуре; рассчитано количество аминокислот на 1 г белка рецептуры; рассчитан средний коэффициент усвояемости по рецептуре.
- Просуммированы серосодержащие аминокислоты (цистеин, метионин), т.к. по ним шаблоны потребления приводятся суммарно.
- Рассчитанное содержание аминокислот в рецептуре (на 1 г белка) сопоставлено с аминокислотным составом «идеального» белка по различным возрастным категориям; рассчитаны частные значения АКС; получены итоговые значения скоры как минимум из набора (по лимитирующей аминокислоте).

Данные о пищевом поведении оценивались по результатам ретроспективного анкетирования. Общий размер когорты обследуемых составил с 2018 по 2020 г. более 5000 человек в возрасте 6–18 лет, гендерный состав – девочки и мальчики. Регионы проведения анкетирования: Центральный федеральный округ (Московская, Владимирская, Липецкая, Брянская, Тверская, Смоленская области); Северо-Западный федеральный округ (Калининградская, Ленинградская области, г. Санкт-Петербург); Сибирский федеральный округ (Омская область); Уральский федеральный округ (Свердловская область); Приволжский федеральный округ (Республика Башкортостан, Пензенская, Кировская, Ульяновская области); Южный федеральный округ (Ростовская, Волгоградская области). Детям предлагалось с помощью родителей ответить на вопросы. Для оценки кратности основных приемов пищи было предложено несколько вариантов ответов: «1–2 основных приема пищи в день», «3 приема в день», «4 приема в день», «более 4 основных приемов пищи в день», отдельно предлагалось указать любимые блюда и продукты. На вопрос о количестве перекусов между основными приемами пищи мы предлагали следующие ответы: «1–2 перекуса в день»,

«3–4 перекуса в день», «более 4 перекусов в день», дети самостоятельно указывали любимое блюдо перекуса. Также учитывали часто употребляемые напитки с указанием наименований (вода, чай/кофе, соки/компоты, газированные напитки). Отдельно предлагалось указать кратность посещения заведений общественного питания (кафе, фастфуда, пиццерии и т.д.): «1 раз в неделю – 1 раз в две недели», «1 раз в месяц», «1 раз в 3 месяца», «менее 1 раза в 3 месяца». Все стадии исследования соответствовали законодательству РФ. Протокол исследования был одобрен проблемной научно-исследовательской лабораторией ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г.Разумовского (Первый казачий университет)». Родители всех детей, принявших участие в исследовании, были ознакомлены с информацией для пациента и подписали информированное согласие. Статистическую обработку данных производили при помощи пакета программ Statgraphics Plus for Windows 2010 и Microsoft Excel 2010. Количественные описания связи признаков в сравниваемых группах оценивали при помощи отношения шансов (ОШ) и 95% ДИ. Для определения связи между двумя номинальными переменными использовали критерий χ^2 . Различия между группами считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Для подбора продуктовых категорий, которые в большей степени влияют на возможность направленной коррекции нутриентного профиля питания, было проведено исследование потребительских предпочтений. Целью исследования было выявление категорий продуктов, наиболее предпочитаемых респондентами. В качестве квантифицированного средства измерения была выбрана балльная шкала (1...9), единая для всех групп продуктов, что позволяет ранжировать продуктовые группы между собой, оценивать как средние значения оценок, так и разброс (статистику распределения). Для целей анализа у респондентов фиксировались

возраст, пол, а также массо-ростовые характеристики для расчета индекса массы тела, дающего обобщенную характеристику нутритивного статуса человека.

Для изучения предпочтений использовали следующие продуктовые группы: мясо, рыба, йогурт, творог, сырки, овощные салаты, картофель, блины, оладьи, молоко, выпечка, торты, пирожные, овощи тушеные, сыр, каша молочная, каша безмолочная, овощи свежие, фрукты, яблоки.

Для анализа причинно-следственных связей возникновения предпочтений, помимо антропометрических данных, регистрировали приверженность конкретной системе питания (традиционное питание, веган, вегетарианец, низкоуглеводная, низкобелковая, низкокалорийная, кетодиета, белковая, другая).

Перед проведением анкетирования от участников опроса получали согласие на участие в исследовании и использовании личных данных.

Для практического выполнения опроса был использован модуль «Интернет-опросы» компьютерной системы «Мониторинг физического развития и нутритивного статуса», разработанная интернет-анкета была опубликована на профильной странице сайта ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г.Разумовского (Первый казачий университет)».

Результаты исследования и их обсуждение

Расчетные данные для оптимизации рецептуры комбинированного продукта приведены в табл. 4.

Особенностью состава комбинированного продукта является сочетание различных видов мясного сырья в одном изделии, которое взаимно дополняет реологические харак-

теристики, функциональные свойства и органолептические показатели качества. Для получения сбалансированного продукта по аминокислотному составу в рецептуру введены растительные компоненты. С целью придания фаршу пластифицирующих свойств введены жиры.

С использованием рассчитанного состава аминокислот определяется итоговый PDCAAS (табл. 5).

Заметим, что крайне высокое значение сора (более 1) объясняется тем, что рассматривается не рацион в целом, а отдельный продукт. Нормативные же значения («идеальный» белок) описывают среднесуточные значения рациона. В этом случае более информативным будет тот, который отразит структурное соотношение аминокислот (табл. 6).

Оптимизация

Для оптимизации состава продукта по показателю качества белка использована компьютерная программа Microsoft Excel (надстройка «Поиск решения»). В электронную таблицу были внесены ограничения:

- перечень (в граммах) продуктов, входящих в рецептуру,
- диапазон значений норм закладки продуктов, при которых опытным путем установлена допустимость органолептических и потребительских свойств,
- описаны функции расчета аминокислотного состава, расчета сора и его сопоставления с потреблением «идеального» белка,
- итоговая целевая функция определена как квадрат отклонения сора от шаблона, просуммированный для различных возрастных категорий.

В результате оптимизации по построенной математической модели получены оптимизированные значения рецептуры (табл. 7).

Таблица 4. Сравнительная характеристика аминокислотного состава в 1 г белка и в рецептуре комбинированного продукта
Table 4. Comparative characteristic of the amino acid composition in 1 g of protein and in the formulation of the combined product

Продукт / Product	Вес, г / Weight, g	Аминокислотный состав на 1 г белка, мг/г / Amino acid composition per 1 g of protein, mg/g					Усвояемость, % / Digestibility, %	Аминокислотный состав в рецептуре, мг% / Amino acid composition in the formulation, mg%				
		Триптофан / Tryptophan	Треонин / Threonine	Лизин / Lysine	Метионин / Methionine	Цистин / Cysteine		Триптофан / Tryptophan	Треонин / Threonine	Лизин / Lysine	Метионин / Methionine	Цистин / Cysteine
Говядина I категории / Beef, I grade	480	11	44	83	26	11	94	938	3664	6982	2148	938
Баранина I категории / Mutton, I grade	480	12	43	88	26	12	94	821	3014	6217	1808	841
Хлеб пшеничный 1-го сорта / Wheat bread, I grade	400	12	30	27	18	21	96	344	866	794	512	619
Масло сливочное / Butter	96	14	45	79	25	9	95	6	20	36	11	4
Капуста / Cabbage	120	9	27	34	9	9	85	16	50	63	17	16
Морковь / Carrot	120	13	205	109	22	89	85	17	272	144	29	118
Тыква / Pumpkin	120	12	29	54	11	3	85	12	30	55	11	3
Итого / Total								2158	7932	14 309	4542	2547
Итого аминокислот, мг/г белка / Total amino acids, mg/g protein							90	11	43	79	25	12

Таблица 5. Аминокислотный скор в рецептуре в отношении к «идеальному» белку
 Table 5. Formulation amino acid score to the «ideal» protein ratio

Возраст, лет / Age, years	Содержание незаменимых аминокислот в «идеальном» белка, мг/г белка / Essential amino acid composition of the «ideal» protein, mg/g protein				Аминокислотный скор в рецептуре: АК/г белка в отношении к «идеальному» белку / Amino acid score in the formulation: AA/g protein to the «ideal» protein ratio				PDCAAS
	Лизин / Lysine	Серосодержащие аминокислоты / Sulfur-containing amino acids	Треонин / Threonine	Триптофан / Tryptophan	Лизин / Lysine	Серосодержащие аминокислоты / Sulfur-containing amino acids	Треонин / Threonine	Триптофан / Tryptophan	
До года / Under one-year-old	57	28	31	8,5	1,39	2,84	2,56	9,34	1,3
1–2	52	26	27	7,4	1,53	3,05	2,94	10,73	1,4
3–10	48	24	25	6,6	1,65	3,31	3,18	12,03	1,5
11–14	48	23	25	6,5	1,65	3,45	3,18	12,21	1,5
15–18	47	23	24	6,3	1,69	3,45	3,31	12,60	1,5
Взрослые >18 лет / Adults >18 years	45	22	23	6	1,76	3,61	3,45	13,23	1,6

 Таблица 6. Скор, рассчитанный на сопоставимое значение белка для различных категорий питающихся
 Table 6. Score calculated for a comparable protein value for different categories of consumers

Возраст, лет / Age, years	Скор, приведенные к сопоставимому общему количеству аминокислот / Score adjusted to a comparable total amount of amino acids				Итого скор (минимум) / Total score (minimum)
	Лизин / Lysine	Серосодержащие аминокислоты / Sulfur-containing amino acids	Треонин / Threonine	Триптофан / Tryptophan	
До года / Under one-year-old	1,02	0,97	1,01	0,97	0,97
1–2	1,01	0,94	1,04	1,01	0,94
3–10	1,00	0,94	1,04	1,04	0,94
11–14	0,99	0,97	1,03	1,05	0,97
15–18	0,99	0,95	1,05	1,06	0,95
Взрослые >18 лет / Adults >18 years	0,99	0,95	1,05	1,06	0,95

При данных нормах закладки продуктов достигаются следующие значения аминокислотного состава, приведенного в табл. 8.

На основании показателей табл. 8 и протоколов испытаний, для оценки и анализа биологической ценности образцов диетических блюд (биточек паровой с говядиной, бараниной и капустой; биточек паровой с говядиной и бараниной; биточек паровой с говядиной) проведен сравнительный анализ образцов готовой продукции по аминокислотному составу, результаты которого показаны на рис. 1.

При оценке биологической ценности белка использовался коэффициент различия аминокислотного сора испытуемого белка (КРАС), который рассчитывается по формуле:

$$\text{КРАС} = \frac{(\sum_{i=1}^n \Delta \text{РАС})}{n}, \quad (3)$$

где $\Delta \text{РАС}$ – различие аминокислотного сора аминокислоты, который определяется по формуле:

$$\Delta \text{РАС} = C_i - C_{\min}, \quad (4)$$

где C_i – избыток сора i -й незаменимой аминокислоты, %, $C_{\min}$ – минимальный из соров незаменимой аминокислоты исследуемого белка по отношению к эталону, %, n – количество незаменимых аминокислот.

Величина биологической ценности определяется по формуле:

$$\text{БЦ} = 100 - \text{КРАС}. \quad (5)$$

Принято считать, чем меньше величина КРАС, тем выше качество белка.

Определена биологическая ценность исследуемого белка комбинированного продукта (табл. 9).

Биологическая ценность исследуемого белка комбинированного продукта показывает, что белок нового изделия максимально сбалансирован по аминокислотному составу. АКС находится в диапазоне от 105 до 143%. Только одна аминокислота (валин) находилась в пределах 98%, таким образом, рецептура комбинированного продукта незначительно лимитирована по валину.

Результаты показателей биологической ценности образцов готовой продукции представлены в табл. 10.

Анализ результатов исследований АКС биточков паровых с говядиной, бараниной и капустой, биточков паровых с говядиной и бараниной и биточков паровых с говядиной показал максимальный АКС у биточков паровых с говядиной, бараниной и капустой: на 7,61% выше АКС биточков паровых с говядиной и бараниной и на 9,38% выше АКС биточков паровых с говядиной.

Показатели коэффициента различия аминокислотного сора испытуемого белка и биологической ценности образцов готовой продукции представлены на рис. 2.

Установлено, что в мясных рубленых изделиях с использованием говяжьего и бараньего мяса, растительных продуктов (моркови, тыквы и белокочанной капусты) отсутству-

Рис. 1. Сравнительный анализ образцов готовой продукции по аминокислотному составу, г/100 г продукции.

Fig. 1. Comparative amino acid compositional analysis of samples of ready products, g/100 g of product.

ют лимитирующие аминокислоты, отмечена тенденция к улучшению аминокислотной сбалансированности и биологической ценности.

Существующие аналоги разработанных мясорастительных фаршей и биточков на их основе отличаются наличием в рецептуре сои, баклажанов (котлеты «заморские»), нетрадиционного растительного сырья. Разработанные продукты функционального назначения с растительным наполнителем

не имеют расчетов АКС и коэффициента различия АКС испытуемого белка в этих продуктах, поэтому утверждать о их соответствии скору PDCAAS для разных возрастных категорий питающихся не представляется возможным [14–18].

На основании результатов проведенных исследований можно отметить, что показатель биологической ценности биточка парового, в состав которого входит говядина и баранина, имеет наибольший показатель – 37,68. Показатель биологической ценности биточка парового, в состав которого входит только говядина, составляет 32,92, что на 12,6% меньше первого образца. Показатель биологической ценности биточка парового, в состав которого входит говядина, баранина и капуста, наименьший – 32,01, что на 15% меньше первого образца.

По всем образцам готовой продукции проводилось «тайное» голосование пяти специалистов общепита по оценке вкусовых качеств. Большинство голосов отмечены (по убыванию): биточек паровой с говядиной и тыквой, далее – биточек паровой с говядиной и морковью, биточек паровой с говядиной, бараниной и капустой, за ними следуют биточек паровой с говядиной и бараниной, и минимальное количество баллов отмечено у биточка парового с говядиной. Добавка овощей в мясо биточков придает изысканный вкус и приятный аромат диетическим блюдам, приготовленным на пару.

Необходимо отметить, что разработанный продукт имеет высокую биологическую ценность – от 95 до 99%. Анализ данных, представленных на рис. 1, показывает, что наилучшим аминокислотным составом обладает биточек паровой с говядиной и бараниной. По массе он на 0,36 г превышает биточек паровой с говядиной и на 2,03 г – биточек паровой с говядиной и бараниной с добавлением капусты белокочанной. Значения аминокислотного скору PDCAAS, приведенные к равному количеству белка для различных возрастных категорий питающихся, приведены в табл. 11.

Данный набор значений является наилучшим приближением по всему набору возрастных категорий.

Заметим, что разработанная математическая модель применима для уточнения рецептуры и в более конкретных

Таблица 7. Оптимизированные значения рецептуры Table 7. Optimised formulation values			
Продукт / Product	Границы для оптимизации / Optimisation limits		Вес в г, для оптимальной рецептуры / Weight in g, for an optimal formulation
	мин. / min	макс. / max	
Говядина I категории / Beef, I grade	450	500	450
Баранина I категории / Mutton, I grade	450	500	450
Хлеб пшеничный 1-го сорта / Wheat bread, I grade	400	420	420
Масло сливочное / Butter	90	100	90
Капуста / Cabbage	100	120	100
Морковь / Carrot	100	120	120
Тыква / Pumpkin	100	120	100

Рис. 2. Биологическая ценность образцов готовой продукции из мясорастительных фаршей.

Fig. 2. Biological value of samples of ready products from meat and vegetable mince.

Таблица 8. Усваиваемое количество белка, входящего в рецептуру комбинированного продукта
 Table 8. Digestible amounts of protein in the combined product formulation

Продукт / Product	Вес, г / Weight, g	Белок, г / Protein, g	Усваиваемое количество белка в рецептуре, мг / Digestible amounts of protein in the formulation, mg										
			Триптофан / Tryptophan	Треонин / Threonine	Изолейцин / Isoleucine	Лейцин / Leucine	Лизин / Lysine	Метионин / Methionine	Цистин / Cysteine	Фенилаланин / Phenylalanine	Тирозин / Tyrosine	Валин / Valine	Гистидин / Histidine
Говядина I категории / Beef, I grade	450	78,68	878	3435	3535	6216	6546	2013	879	3072	2643	3850	2693
Баранина I категории / Mutton, I grade	450	65,99	770	2826	3183	5132	5829	1695	788	2686	2218	3563	2089
Хлеб пшеничный 1-го сорта / Wheat bread, I grade	420	30,64	361	909	1205	2169	834	538	650	1512	889	1352	667
Масло сливочное / Butter	90	0,43	6	19	26	42	34	11	4	21	21	29	12
Капуста / Cabbage	100	1,53	13	42	36	49	53	14	13	38	23	50	26
Морковь / Carrot	120	1,33	17	272	110	145	144	29	118	87	61	98	57
Тыква / Pumpkin	100	0,85	10	25	26	39	46	9	3	27	36	30	14
Итого / Total		180,28	2062	7553	8152	13860	13516	4319	2467	7479	5925	9016	5575
Итого аминокислот, мг/г белка / Total amino acids, mg/g protein			11	43	45	78	79	25	12	40	33	49	33

 Таблица 9. Биологическая ценность исследуемого белка комбинированного продукта
 Table 9. Biological value of the examined protein of a combined product

Аминокислоты / Amino acids	Содержание белка, мг/г / Protein content, mg/g		АКС, % / AAS, %	КРАС, % / AASD, %	БЦ, % / BV, %	Rc	δ
	в эталонном белке / in the reference protein	в исследуемом белке / in the examined protein					
Изолейцин / Isoleucine	40	45	112,50	1,25	98,75	0,87	-39,54
Лейцин / Leucine	70	78	111,43	1,14	98,86	0,88	-69,20
Лизин / Lysine	55	79	143,64	4,36	95,64	0,68	-54,19
Метионин + цистеин / Methionine + cysteine	35	37	105,71	0,57	99,43	0,93	-34,62
Фенилаланин + тирозин / Phenylalanine + tyrosine	60	73	121,67	2,16	97,84	0,81	-59,25
Треонин / Threonine	40	43	107,50	0,75	99,25	0,91	-39,56
Триптофан / Tryptophan	10	11	110,00	1,00	99,00	0,89	-9,88
Валин / Valine	50	49	98,00	-0,20	99,8	1,0	-49,5

КРАС – коэффициент различия аминокислотного сора, БЦ – биологическая ценность.
 AASD – amino acid score difference coefficient, BV – biological value.

условиях, например для одной возрастной категории. Новизна модели состоит в приоритетном учете органолептических и потребительских свойств разработанной рецептуры, т.е. показателей, относящихся непосредственно к технологии пищевого производства, а математический аппарат используется на стадии «тонкой доводки» для максимизации полезного результата. Сравнительная характеристика приведенного PDCAAS «идеального» белка и белка разработанного продукта дана в табл. 12.

Установлено, что разработанная рецептура превосходит приведенный PDCAAS для всех категорий питающихся.

Наряду с исследованиями по оптимизации состава комбинированных продуктов важным являлся вопрос об употреблении их школьниками 1–11-х классов. Главное – не только произвести, но и организовать потребление качественных продуктов, удовлетворяющих физиологические

потребности растущего организма с учетом их потребительских предпочтений и пристрастий, вероисповедания, гендерных и возрастных категорий, территориальных и климатических особенностей. Детей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) выявляли, используя принцип группирования обучающихся по заданным персонализирующим характеристикам в зависимости от заболевания. Полученные данные анкетирования анализировали по гендерным различиям и возрастным категориям с целью выявления закономерностей предлагаемых рационов питания, конкретного разработанного продукта с высокой биологической ценностью, употреблению здоровыми детьми, в том числе детьми с ОВЗ: избыточной массой тела (МТ) и ожирением, других категорий, нуждающихся в диетическом питании.

В результате проведенных исследований показаны пристрастия детей различных возрастных категорий к перекусам

Таблица 10. Результаты показателей биологической ценности образцов готовой продукции
Table 10. Biological value of samples of ready products

Аминокислотный состав незаменимых аминокислот / Amino acid composition of essential amino acids	Эталонные показатели белка / Reference protein values	Биточек паровой с говядиной, бараниной и капустой / Steamed meatball with beef, mutton and cabbage		Биточек паровой с говядиной и бараниной / Steamed meatball with beef and mutton		Биточек паровой с говядиной / Steamed meatball with beef	
		AKC / AAS	PAC / AAD	AKC / AAS	PAC / AAD	AKC / AAS	PAC / AAD
Треонин / Threonine	40	108,72	52,05	133,67	80,84	142,47	96,60
Тирозин / Tyrosine	23	395,34	338,67	83,39	30,55	90,33	44,46
Цистин / Cystine	13	65,89	9,22	67,06	14,22	77,63	31,76
Валин / Valine	50	56,66	0,00	54,63	1,80	56,99	11,12
Метионин / Methionine	22	95,84	39,17	52,84	0,00	45,87	0,00
Фенилаланин / Phenylalanine	37	92,60	35,94	78,54	25,70	77,01	31,14
Изолейцин / Isoleucine	40	85,66	28,99	170,00	117,16	166,21	120,34
Лейцин / Leucine	70	59,30	2,64	61,44	8,60	47,49	1,62
Лизин / Lysine	55	119,80	63,13	306,45	253,61	286,01	240,14
Триптофан / Tryptophan	10	166,70	110,03	143,55	90,72	139,50	93,63
Итого / Total		1246,50	679,85	1151,57	623,21	1129,5	670,80

Таблица 11. Значения аминокислотного сора PDCAAS для различных возрастных категорий питающихся
Table 11. Amino acid compositional analysis score (PDCAAS) for different age categories of consumers

Возраст, лет / Age, years	Лизин / Lysine	Серосодержащие аминокислоты / Sulfur-containing amino acids	Треонин / Threonine	Триптофан / Tryptophan	PDCAAS приведенный / PDCAAS-adjusted
До года / Under one-year-old	1,01	0,97	1,01	0,97	0,97
1–2	1,00	0,95	1,05	1,01	0,95
3–10	1,00	0,94	1,04	1,04	0,94
11–14	0,99	0,97	1,03	1,05	0,97
15–18	0,99	0,95	1,05	1,06	0,95
Взрослые >18 лет / Adults >18 years	0,99	0,95	1,05	1,06	0,95

Таблица 12. Сравнительная характеристика приведенного PDCAAS «идеального» белка и белка разработанного продукта
Table 12. Comparative characteristic of the PDCAAS-adjusted «ideal» protein and the developed product protein

Возраст, лет / Age, years	PDCAAS приведенный / PDCAAS-adjusted	PDCAAS разработанного продукта / PDCAAS of developed product	Отклонения / Deviations
До года / Under one-year-old	0,97	1,3	+0,33
1–2	0,95	1,4	+0,45
3–10	0,94	1,5	+0,56
11–14	0,97	1,5	+0,53
15–18	0,95	1,5	+0,55
Взрослые >18 лет / Adults >18 years	0,95	1,6	+0,65

в течение суток, отношение к любимым блюдам и дифференцирование по предпочтениям к видам пищевых продуктов (товарным категориям), диетам и направлениям в питании.

Имели перекусы с различной кратностью все дети в обследованных группах. При этом 1–2 раза в день перекусывали 39,4% здоровых детей и 19,7% детей с избыточной МТ и ожирением ($p = 0,007$). Обратная корреляция наблюдалась с увеличением количества перекусов: среди детей 1-й группы 59,6% перекусывали 3–4 раза в день, что практически в 1,45 раза чаще, чем в группе сравнения (41,2%, $p = 0,01$, ОШ = 2,2). Любимыми блюдами у детей 1-й группы являлись выпечка и чипсы/сухарики, однако разница не была статистически значимой ($p > 0,06$). Здоровые дети предпочитали перекусывать бутербродами ($p = 0,004$). Одинаково часто в обеих группах выбирали для перекуса фрукты, сладости и кисломолочные продукты ($p > 0,05$). Среди предпочитаемых

напитков большинство детей обеих групп указали воду, соки, компоты, чай и кофе. Статистически значимых различий в употреблении указанных напитков не установлено ($p > 0,05$). Дети с нормальной МТ статистически значимо реже (менее 1 раза в 3 месяца) посещали заведения общепита: 52,1% против 28,4% детей 1-й группы ($p = 0,02$). Практически каждый второй ребенок основной группы указывал на посещение подобных заведений с частотой 1 раз в месяц и менее: 40,8% детей против 24,1% в группе сравнения ($p = 0,001$, ОШ = 2,9).

С небольшими отклонениями значений вслед за мясом, занимающим первое место, на втором месте находилась товарная категория «рыба» со средней оценкой 7,2 балла для всех возрастов. Ранжирование предпочтений приведено на рис. 3.

В соответствии с графическими данными предложенные товарные категории были расположены по предпочтениям в

Рис. 3. Ранжирование предпочтений респондентов по виду товарной категории.

Fig. 3. Ranking of respondents' preferences for kinds of product categories.

ряд: мясо, рыба, фрукты и яблоки, овощи свежие, молоко, овощные салаты, картофель, торты и пирожные, выпечка, йогурт, блины и оладьи, овощи тушеные, сыр, творог и сырки, каша молочная, каша безмолочная. Такое ранжирование показывает, что были отмечены высокие предпочтения по группам «фрукты», «овощи свежие», «картофель». Среднее положение по популярности занимают торты и пирожные, что говорит о выборе респондентов сладких блюд. Особо следует обратить внимание на крайние положения по популярности каш, как молочных, так и безмолочных. Такое предпочтение товарных категорий свойственно всем возрастным группам, поскольку не зафиксировано статистически значимых различий сравнительных предпочтений по возрастам.

Заключение

Рецептура комбинированного продукта, полученная с использованием компьютерного программирования – симплекс-метода, характеризуется как полноценная и сбалансированная по аминокислотному составу, пригодная для пищевых целей, содержащая все необходимые аминокислоты для синтеза белка. Разработанная математическая модель применима для уточнения рецептуры при расчете конкретной возрастной категории или персонализированного питания. Новизна модели состоит в приоритетном учете органолептических и потребительских свойств разработанной рецептуры, а также показателей, относящихся непосредственно к технологии пищевого производства. Состав комбинированного продукта превосходит приведенный PDCAAS для всех категорий питающихся: от 1 года до 18 лет и старше.

По результатам анкетирования выявлено, что родители детей с избыточной МТ и ожирением в большинстве случаев

также страдали данной патологией, что демонстрирует влияние данных факторов на регуляцию обмена веществ и является целью вмешательства для профилактики детского ожирения. Дети с избыточной МТ и ожирением чаще посещали заведения общепита, предпочитали употреблять мучные блюда. Длительное времяпровождение перед экраном компьютера или гаджета, отсутствие регулярной физической активности являются значимыми факторами, способствующими формированию избыточной массы тела / ожирения и более низкой школьной успеваемости ($p < 0,05$).

Установлено, что оптимизированные рецептуры комбинированных продуктов по качеству белка могут быть рекомендованы для детского питания, в том числе для коррекции массы тела, и использоваться в качестве специализированных продуктов питания.

В результате проведенных исследований выявлены категории продуктов, наиболее предпочитаемые респондентами, установлены их концентрации по приемам пищи, гендерному признаку, возрастам и сезонности.

Информация о финансировании

Финансирование данной работы не проводилось.

Financial support

No financial support has been provided for this work.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare that there is no conflict of interest.

Литература

- Борисенков КН. Получение, свойства и применение комбинированного экстракта в мясных системах. Автореф. дисс... канд. тех. наук. Воронеж, 2010.
- Коновалов КЛ, Шульбаева МТ, Лосева АИ, Мусина ОН. Растительные пищевые композиты полифункционального назначения. Пищевая промышленность. 2010;7:8-11.
- Амирханов КЖ. Комплексное использование мясного и растительного сырья в производстве формованного мясoproducta. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2009;11(61):76-80.
- Козлов СГ. Проектирование структурированных продуктов сложного сырьевого состава. Пищевая промышленность. 2004;8:74-75.
- Кузнецов АВ. Разработка экструдированных комбинированных белковых продуктов на основе мясного коллагенсодержащего и растительного сырья. Дисс. Воронеж, 2002.
- Надточий ЛА, Орлова ОЮ. Инновации в биотехнологии. Часть 2. Пищевая комбинаторика. СПб.: Университет ИТМО; 2015, 37 с.
- Васюкова АТ, Тихонов ДА, Тонапетян ТА. Регулирование органолептических показателей и пищевой ценности фаршевых систем из тощих океанических рыб с использованием БАД функционального назначения. Пищевая промышленность. 2020;6:47-51. DOI: 10.24411/0235-2486-2020-10065
- Пилюшенко АВ. Аксиологическое содержание здорового образа жизни в аспекте категорий «человеческий капитал» и «качество жизни». В сборнике: Медико-биологические и психолого-педагогические аспекты адаптации, социализации и реабилитации человека. Сборник статей международной научно-практической конференции. М., 2015, с. 137-141.
- Васюкова АТ, Буневич ДК, Пенухина ОА. Применение пищевых добавок из растительного сырья в производстве творожных десертов с повышенной пищевой ценностью. В сборнике: Качество и экологическая безопасность пищевых про-

- дуктов и производств. Материалы международной научно-практической конференции с элементами научной школы для молодежи. 2020, с. 25-29.
10. Васюкова АТ, Тихонов ДА, Шагаров СН. Мясные изделия функционального назначения. Товаровед продовольственных товаров. 2020;6:15-18.
 11. Тихомирова НА. Технология продуктов лечебно-профилактического назначения на молочной основе. СПб.: Троицкий мост; 2010, 448 с.
 12. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ. Методические рекомендации МР 2.3.1.2432–08. Доступно по: https://www.rosпотребнадзор.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=4583
 13. Муратова ЕИ, Толстых СГ, Дворецкий СИ, Зюзина ОВ, Леонов ДВ. Автоматизированное проектирование сложных многокомпонентных продуктов питания. Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ»; 2011, 80 с.
 14. Патент 2212804 Российская Федерация, МПК А23С 19/076 Способ получения комбинированного белкового продукта. Остроумов ЛА, Смирнова ИА, Юрченко НА, и др. № 2000 133 363, заявл. 12.20.2000, опубл. 05.10.2003.
 15. Патент 2528499 Российская Федерация МПК А23Л3/00. Способ производства пищевых продуктов. Родионова НС, Попов ЕС, Бахтина ТИ, Гончаров РО, Де-Соуза Л.; заявитель и патентообладатель: «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (ФГБОУ ВПО «ВГУИТ»). №2013119755/13, заявл. 29.04.2013, опубл. 20.09.2014.
 16. Патент 2562533 Российская Федерация, МПК А23Л1/317 А23Л1/314 А23Л1/221. Способ производства мясных рубленых полуфабрикатов с антиоксидантными свойствами. Стукалова ЕГ, Наумова НЛ, Мешалкина АГ; заявитель и патентообладатель: «Хабаровская государственная академия экономики и права» (ФГБОУ ВПО «ХГАЭП»). № 2013112074/13, заявл. 15.07.2014, опубл. 10.09.2015.
 17. Патент 2563688 РФ, МПК А23Л1/317 А23Л1/314 А23Л1/212. Способ получения мясных котлет функционального назначения с растительным наполнителем из баклажана «заморские». Скоркина ИА, Телегина АВ; заявитель и патентообладатель: Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт сои. №2014112904/13, заявл. 02.04.2014, опубл. 20.09.2015.
 18. Патент 2565226 Российская Федерация, МПК А23Л 1/314, А23Л 1/317, А23Л 1/318. Способ получения мясного полуфабриката высокой степени готовности. Притыкина НА, Петий ИА. заявитель и патентообладатель: ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет». №2014127203/13 заявл. 03.07.2014; опубл. 20.10.2015.
 19. Васюкова АТ, Буневич ДК, Пенушкина ОА. The use of plant-based food additives in the production of curd desserts with increased nutritional value. In: Proceedings of International Scientific and Practical Conference with Elements of a Scientific School for Young People «The quality and environmental safety of food and production». 2020, pp. 25-29. (In Russian).
 20. Васюкова АТ, Тихонов ДА, Шагаров СН. Functional manufactured meat products. Tovaroved prodovol'stvennykh tovarov. 2020;6:15-18. (In Russian).
 21. Tikhomirova NA. Technology of dairy-based dairy products. St. Petersburg: "Troitskii most" Publ.; 2010, 448 p. (In Russian).
 22. Norms of physiological needs in energy and food substances for various groups of the Russian population. Methodical recommendation MR 2.3.1.2432–08. Available at: https://www.rosпотребнадзор.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=4583 (In Russian).
 23. Muratova EI, Tolstykh SG, Dvoretzskii SI, Zyuzina OV, Leonov DV. Design of complex multi-component food products. Tambov: Tambov State Technical University Publ.; 2011, 80 p. (In Russian).
 24. Patent 2212804 Russian Federation, IPC A23C 19/076 The way to obtain a combined protein product. Ostroumov LA, SmirnovA IA, Yurchenko NA, et al. No. 2000 133 363, 12.20.2000, publ. 05.10.2003. (In Russian).
 25. Patent 2528499 Russian Federation IPC A23L3/00. Method of food production. Rodionova NS, Popov EU, Bakhtina TI, Goncharov RO, De-Souza L.; applicant and patent holder: "Voronezh State University of Engineering Technologies". No. 2013119755/13, declared 29.04.2013, publ. 20.09.2014. (In Russian).
 26. Patent 2562533 Russian Federation, IPC A23L 1/317 A23L1/314 A23L1/221. Method of production of minced meat semi-finished products with antioxidant properties. Stukalova EG, Naumova NL, Meshalkina AG; applicant and patent holder: «Khabarovsk State University of Economics and Law» No. 2013112074/13, application 15.07.2014, publ. 10.09.2015. (In Russian).
 27. Patent 2563688 of the Russian Federation, IPC A23L1/317 A23L1/314 A23L1/212. Method for producing functional meat cutlets with vegetable filling from eggplant. Skorkina IA, Telegina AB; applicant and patent holder: State Scientific Institution All-Russian Research Institute of Soy. No. 2014112904/13, declared 02.04.2014, publ. 20.09.2015. (In Russian).
 28. Patent 2565226 Russian Federation, IPC A23L 1/314, A23L 1/317, A23L 1/318. Method for obtaining semi-finished meat products of high readiness. Pritykina ON, Peti IA. applicant and patentee: state educational institution of higher professional education "Kaliningrad State Technical University". No. 2014127203/13 declared 03.07.2014; publ. 20.10.2015. (In Russian).
- ## References
1. Borisenkov KN. Receiving, properties and the use of combined extrudate in meat systems. Diss. Voronezh, 2010. (In Russian).
 2. Konovalov KL, Shulbaeva TM, Loseva AI, Musina ON. Vegetative food composites of multifunctional appointment. Food Industry. 2010;7:8-11. (In Russian).
 3. Amirkhanov KY. Comprehensive use of meat and vegetable raw materials in the production of moulded meat products. Bulletin of South Ural State Agrarian Universit. 2009;11(61):76-80. (In Russian).
 4. Kozlov SG. Designing structured products of complex raw materials. 2004;8:74-75. (In Russian).
 5. Kuznetsov AV. Development of extruded combined protein products based on meat collagen and plant raw materials. Diss. Voronezh, 2002. (In Russian).
 6. Nadtochii LA, Orlova OYu. Innovations in Biotechnology. Part 2. Food Combinatorics. St. Petersburg: "ITMO University" Publ.; 2015, 37 p. (In Russian).
 7. Vasyukova AT, Tikhonov DA, Tonapetyan TA. Regulation of organoleptic indicators and nutritional value of stuffing systems from skinny ocean fish using functional dietary supplements. Food Industry. 2020;6:47-51. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2486-2020-10065
 8. Pilushenko AV. Axiological content of healthy lifestyle in the category of "human capital" and "quality of life". In: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Medical-biological and psychological-educational aspects of adaptation, socialization and rehabilitation of a person». Moscow, 2015, pp. 137-141. (In Russian).
- ## Информация о соавторах:
- Тихонов Дмитрий Анатольевич**, аспирант кафедры персонализированной диетологии, гостиничного и ресторанного сервиса Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г.Разумовского
Адрес: 109004, Москва, ул. Земляной вал, 73
Телефон: (800) 777-84-63
E-mail: 4072000@mail.ru
- Мошкин Александр Владимирович**, аспирант кафедры персонализированной диетологии, гостиничного и ресторанного сервиса Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г.Разумовского
Адрес: 109004, Москва, ул. Земляной вал, 73
Телефон: (800) 777-84-63
E-mail: aldahaev@gmail.com
- Богонослова Ирина Александровна**, аспирант кафедры персонализированной диетологии, гостиничного и ресторанного сервиса Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г.Разумовского
Адрес: 109004, Москва, ул. Земляной вал, 73

Телефон: (800) 777-84-63

E-mail: bogonosovaia@mgutm.ru

Портнов Николай Михайлович, соискатель кафедры персонализированной диетологии, гостиничного и ресторанного сервиса Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г.Разумовского

Адрес: 109004, Москва, ул. Земляной вал, 73

Телефон: (800) 777-84-63

E-mail: n.portnov@mgutm.ru

Кулаков Владимир Геннадиевич, ассистент кафедры персонализированной диетологии, гостиничного и ресторанного сервиса Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г.Разумовского

Адрес: 109004, Москва, ул. Земляной вал, 73

Телефон: (800) 777-84-63

E-mail: vladim-kulak@yandex.ru

Information about co-authors:

Dmitry A. Tikhonov, PhD student at the department of personalised nutrition, hotel and restaurant services, K.G.Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management

Address: 73 Zemlyanoy Val str., Moscow, 109004, Russian Federation

Phone: (800) 777-84-63

E-mail: 4072000@mail.ru

Alexander V. Moshkin, PhD student at the department of personalised nutrition, hotel and restaurant services, K.G.Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management

Address: 73 Zemlyanoy Val str., Moscow, 109004, Russian Federation

Phone: (800) 777-84-63

E-mail: aldahaev@gmail.com

Irina A. Bogonosova, PhD student at the department of personalised nutrition, hotel and restaurant services, K.G.Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management

Address: 73 Zemlyanoy Val str., Moscow, 109004, Russian Federation

Phone: (800) 777-84-63

E-mail: bogonosovaia@mgutm.ru

Nikolay M. Portnov, PhD applicant at the department of personalised nutrition, hotel and restaurant services, K.G.Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management

Address: 73 Zemlyanoy Val str., Moscow, 109004, Russian Federation

Phone: (800) 777-84-63

E-mail: n.portnov@mgutm.ru

Vladimir G. Kulakov, assistant at the department of personalised nutrition, hotel and restaurant services, K.G.Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management

Address: 73 Zemlyanoy Val str., Moscow, 109004, Russian Federation

Phone: (800) 777-84-63

E-mail: vladim-kulak@yandex.ru

МЕЖДУНАРОДНАЯ МЕДИЦИНСКАЯ ПЕЧАТЬ

До 20% детей и подростков в мире имеют ментальные расстройства, которые являются ведущей причиной инвалидности в молодом возрасте. Исследования показывают, что уровень зонулина в сыворотке крови ассоциирован с повышением кишечной проницаемости и нарушением нервной, гормональной и иммунной регуляции. В систематическом обзоре и мета-анализе суммированы результаты обсервационных исследований состояния кишечной проницаемости у детей с диагностированными ментальными расстройствами. При систематическом поиске обнаружено 833 публикации в Cochrane Library, PsycINFO, PubMed и Web of Science. В обзор были включены 5 исследований, проведенных у детей с ментальными расстройствами в возрасте до 18 лет, с определением релевантных маркеров кишечной проницаемости. В 4 работах с высоким уровнем доказательности и 1 – с умеренным суммарно приняли участие 402 пациента с синдромом дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ), расстройствами аутистического спектра (РАС) и обсессивно-компульсивным расстройством (ОКР). При СДВГ повышение уровня зонулина было ассоциировано с нарушением социального функционирования по сравнению с группой контроля. Дети с РАС могут быть более предрасположены к нарушению барьерной функции кишечника, влияющей на клинические симптомы и исход заболевания, по сравнению с контролем. Гастроинтестинальные симптомы у детей с РАС сопровождаются дисбалансом иммунного ответа. У детей с ОКР уровень зонулина не отличался от группы контроля, но сывороточный клаудин-5, белок трансмембранных тесных контактов, был значимо выше. Мета-анализ среднего уровня зонулина в плазме у пациентов показал значимое различие данного параметра с группой контроля ($p = 0,001$). Необходимы дальнейшие исследования для выяснения комплексной роли барьерной функции, включая состояние интестинального и гематоэнцефалического барьеров, и воспаления в патогенезе ментальных и неврологических расстройств.

Zonulin-Dependent Intestinal Permeability in Children Diagnosed with Mental Disorders: A Systematic Review and Meta-Analysis

Birna Asbjornsdottir, Heiddis Snorraddottir, Edda Andresdottir, Alessio Fasano, Bertrand Lauth, Larus S Gudmundsson, Magnus

Gottfredsson, Thorhallur Ingi Halldorsson, Bryndis Eva Birgisdottir

University of Iceland, 101 Reykjavik, Iceland.

Landspítali University Hospital, 101 Reykjavik, Iceland.

Harvard Medical School, MassGeneral Hospital for Children, Boston, MA 02114, USA.

Review Nutrients 2020 Jul 3;12(7):E1982. doi: 10.3390/nu12071982.