

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-2-114-139>

УДК 634.002.5:641.5



Разработка технологии получения и рецептуры высокобелковых картофельных пищевых продуктов с пониженным гликемическим индексом

В.В. Шилов¹, В.В. Литвяк², А.А. Журня³, Ю.Ф. Росляков✉⁴,
Т.В. Окулова³, А.М. Мазур⁵

¹*«Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова»
Белорусского государственного университета,
г. Минск, Республика Беларусь,*

²*Всероссийский научно-исследовательский институт крахмала и переработки крахмал-
содержащего сырья – филиал Федерального государственного бюджетного научного
учреждения «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха»,
пос. Красково, Российская Федерация*

³*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной
академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь*

⁴*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего об-
разования «Кубанский государственный технологический университет»,
г. Краснодар, Российская Федерация,
✉lizaveta_ros@mail.ru*

⁵*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск Республика Беларусь*

Аннотация. Введение. Правильно организованное профилактическое и диетическое питание – важная составляющая профилактического подхода к защите здоровья человека. **Цель.** Создать на основе математического моделирования сбалансированные рецептурные составы высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек) с оптимизированным гликемическим индексом (ГИ). **Исследования.** Настоящая статья посвящена разработке технологии получения высокобелковых картофельных пищевых продуктов, таких как драники и клецки, с пониженным ГИ. Учитывая растущие проблемы с недостаточным потреблением белка в рационе, в работе акцентируется внимание на необходимости разработки новых функциональных пищевых продуктов, которые могут удовлетворить потребности современного населения. **Методы.** В ходе исследования использовалось математическое моделирование для создания сбалансированных рецептур высокобелковых картофельных продуктов. Для оценки вкусовых и текстурных характеристик применялись органолептические методы, а также физико-химические методы анализа для определения содержания белка, жира и углеводов. ГИ анализировался на группе здоровых добровольцев, что позволило оценить влияние различных рецептур на уровень сахара в крови. **Результаты.** Разработаны рецептуры высокобелковых драников и клецек, содержащие как животные, так и растительные белки. Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что содержание белка в разработанных продуктах составило не менее 20% от общей калорийности. Измерения ГИ подтвердили, что замораживание до –18°C способствовало снижению ГИ в среднем на 28,6%, что делает эти продукты более приемлемыми для людей, контролирующих уровень сахара в крови.

© В.В. Шилов, В.В. Литвяк, А.А. Журня, Ю.Ф. Росляков, Т.В. Окулова, А.М. Мазур, 2025

Заключение. Высокобелковые картофельные продукты могут быть рекомендованы как функциональные продукты для профилактического и лечебного питания, а также для спортсменов и людей, ведущих активный образ жизни. Исследование подчеркивает значимость белка в рационе для поддержания здоровья, повышения работоспособности и профилактики заболеваний, связанных с обменом веществ. Разработка таких продуктов может внести вклад в улучшение качества питания и здоровья населения, что особенно актуально в современных условиях.

Ключевые слова: высокобелковые продукты, картофель, драники, клецки, гликемический индекс, технология, здоровье, питание

Для цитирования: Шилов В.В., Литвяк В.В., Журня А.А., Росляков Ю.Ф., Окулова Т.В., Мазур А.М. Разработка технологии получения и рецептуры высокобелковых картофельных пищевых продуктов с пониженным гликемическим индексом. Новые технологии / New technologies. 2025; 21(2):114-139. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-2-114-139>

Development of technology for obtaining and formulating high-protein potato food products with a low glycemic index

V.V. Shilov¹, V.V. Litvyak², A.A. Zhurnya³, Yu.F. Roslyakov^{✉4},
T.V. Okulova³, A.M. Mazur⁵

¹*International Sakharov Environmental Institute of Belarussian State University,
Minsk, the Republic of Belarus,*

²*All-Russian Research Institute of Starch and Starch-containing Raw Materials Processing –
Branch of Russian Potato Research Centre, Kraskovo,
The Russian Federation*

³*Republican unitary enterprise “Scientific and Practical Center of the National Academy of
Sciences of Belarus for Food”, Minsk, the Republic of Belarus,*

⁴*Kuban State Technological University, Krasnodar, the Russian Federation,
✉lizaveta_ros@mail.ru*

⁵*Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, the Republic of Belarus*

Abstract. Introduction. Properly organized preventive and dietary nutrition is an important component of the preventive approach to protecting human health. **The goal of the research** was to create balanced recipes for high-protein potato food products (potato pancakes and dumplings) with an optimized glycemic index (GI) based on mathematical modeling. **The research.** The technology for obtaining high-protein potato food products, such as pancakes and dumplings, with a reduced GI has been developed in the research. The research takes into account the growing problems with insufficient protein intake in the diet, and focuses on the need to develop new functional foods that can meet the needs of the modern population. **The methods.** Mathematical modeling was used to create balanced recipes for high-protein potato products. To assess the taste and texture characteristics, organoleptic methods, as well as physicochemical methods of analysis to determine the content of protein, fat and carbohydrates were used. GI was analyzed on a group of healthy volunteers, which made it possible to assess the effect of various recipes on blood sugar levels. **The results.** High-protein potato pancakes and dumplings recipes containing both animal and vegetable proteins have been developed. Experimental data indicate that the protein content in the developed products is at least 20% of the total caloric value. GI measurements confirm that freezing to -18°C contribute to a GI reduction of 28.6% on average, making these products more acceptable for people monitoring their blood sugar levels. **The conclusion.** High-protein potato

products can be recommended as functional products for preventive and therapeutic nutrition, as well as for athletes and people leading an active lifestyle. The study emphasizes the importance of protein in the diet for maintaining health, improving performance, and preventing metabolic diseases. The development of such products can contribute to improving the quality of nutrition and health of the population, which is especially important in modern conditions.

Keywords: high-protein products, potatoes, potato pancakes, dumplings, glycemic index, technology, health, nutrition

For citation: Shilov V.V., Litvyak V.V., Zhurnya A.A., Roslyakov Yu.F., Okulova T.V., Mazur A.M. Development of technology for obtaining and formulating high-protein potato food products with a low glycemic index. *Novye tehnologii / New technologies*. 2025; 21(2): 114-139. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-2-114-139>

Введение. Правильно организованное профилактическое и диетическое питание – важная составляющая профилактического подхода к защите здоровья человека [1].

Многие заболевания, в том числе профессиональные, согласно сведениям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), связаны с недостаточно сбалансированным высоким потреблением белков, в качественном и количественном отношении. Важность белкового компонента пищи связана с тем, что белок, являясь основным пластическим материалом организма, принимает участие во всех процессах обмена веществ, синтезе клеток, тканевых структур, а также синтезе и расщеплении биологически активных соединений (ферментов, гормонов, нейромедиаторов, регуляторных пептидов, витаминов и др.), удовлетворении энергетических потребностей деятельности всех органов и систем. Функциональная важность и многообразие, реализуемые молекулами белка, определяют их особенную значимость в повышении умственной и физической работоспособности, продлении активной и здоровой жизни, а также в профилактике и лечении заболеваний. Суточное потребление для здорового взрослого человека – 100–110 г белка, а при повышенной физической и эмоциональной нагрузке потребление белка в сутки – 120–140 г. Традиционными продуктами питания становится невозможно восполнить такие потребности в белке [1–3].

Сегодня на российском и белорусском рынке функциональных продуктов пред-

ставлены импортные протеиновые макароны производства MyProtein (США), Ostrovit (Польша). В РФ производятся и экспортируются высокобелковые макароны «Макфа». В продаже имеются также другие продукты с высоким содержанием белка: блины PureProtein, смесь для выпечки блинчиков и оладий Scitec Nutrition, маффины Protein Rex.

Термины «сложные углеводы» и «простые сахара» сейчас уже признаны не имеющими значительной физиологической или пищевой значимости. Большинство полисахаридов (высокомолекулярных углеводов), например, нативный крахмал и мальтодекстрины, способны очень быстро при помощи амилалитических (пищеварительных) ферментов расщепляться и трансформироваться в глюкозу (часто даже быстрее, чем сахароза). На основании этого ВОЗ/Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций (ФАО) даёт рекомендацию не использовать данные термины и применять вместо них понятия «общее содержание углеводов в пище» и «ГИ» [4, 5].

Важным индикатором питания людей ведущих здоровый образ жизни, и спортивного питания для любого пищевого продукта, в том числе и мучных продуктов, является уровень ГИ – ISO 26642:2010. ГИ продуктов влияет на доступность углеводов во время тренировки и на скорость синтеза гликогена [6]. Продукты с пониженным ГИ рекомендуются для приема перед тренировкой и в течение короткого периода восстановления (<6 часов).

Значимым для контроля веса тела и поддержания здоровья в целом является употребление в пищу продуктов с пониженным ГИ. Умеренно высокое содержание белка в рационе в сочетании с пониженным ГИ пищи очень важно для рационального питания. Установлено, что диеты с низким ГИ хорошо действуют при таких заболеваниях, как диабет 2-го типа, ишемическая болезнь сердца, некоторых онкологических процессах. Диеты с пониженным ГИ, как продемонстрировали 28 клинических исследований, могут независимо от потери веса существенно понизить уровни холестерина ЛПНП и общего холестерина [5, 7, 8].

Однако исследований, касающихся разработки способов снижения ГИ пищевых продуктов, проведено считанное количество.

Важным аспектом для понижения ГИ является резистентный крахмал или крахмал, устойчивый к действию амилалитических ферментов, который образуется в крахмалсодержащих пищевых продуктах при температурной обработке: варке, жарке, охлаждении, замораживании [9–17].

Во многих странах мира и, в первую очередь, в Республике Беларусь (РБ) и Российской Федерации (РФ), картофель является важным пищевым продуктом, продукты на основе картофеля пользуются большой популярностью у потребителей [18].

Цель исследования: создать на основе математического моделирования сбалансированные рецептурные составы высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек) с оптимизированным ГИ.

Методы исследования. *Объект исследований.* Объект исследований – картофельные пищевые продукты – популярные блюда европейской кухни, приготовленные в зависимости от рецепта: 1) драники из натёртого или давленного сырого картофеля с добавлением соли, яиц, муки и вкусовых ингредиентов (лука, чеснока, мяса и т.д.) с последующей жаркой на сковороде на свином жире или сливочном масле или растительном масле; 2) клецки из измельчённого с помощью сита или пресс-пюре отварного или тёртого и отжатого сырого

картофеля или их смеси, обычно с добавлением муки или манной крупы и яиц.

Дизайн исследования. Дизайн проведенных исследований состоит из следующих этапов: 1) подбор и подготовка сырья для получения высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек); 2) математическое моделирование компонентного состава высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек); 3) на основании математического моделирования разработка рабочих рецептурных смесей для приготовления высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек); 4) получение лабораторных образцов высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек); 5) исследование органолептических характеристик (формы, поверхности, цвета, консистенции, вкуса и запаха) высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек); 6) температурное воздействие (охлаждение-замораживание-размораживание) на высокобелковые картофельные пищевые продукты (драники и клецки); 7) исследования физико-химических показателей лабораторных образцов высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек); 8) определения ГИ высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек).

Сырье. В качестве сырья использовали продукты производства РБ, РФ, Австрии и Франции: 1) картофель свежий по ГОСТ 7176 (ОАО «Новая Друть», РБ); 2) муку пшеничную высшего сорта (в/с) по ГОСТ 26574 (ОАО «Лидапишеконцентраты», РБ); 3) крахмал картофельный по ГОСТ Р 53876 (ООО «Чувашьенкрахмал», РФ); 4) соль поваренная по ГОСТ Р 51574 (ООО «Руссол», РФ); 5) лимонная кислота по ГОСТ 908 (ОАО «Скидельский сахарный комбинат, РБ); 6) яйцо сырое куриное по ГОСТ 31654 (ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский», РБ); 7) камедь ксантановая по ГОСТ 33333; 8) белки животного и растительного происхождения: 8.1) концентрат сывороточного белка (КСБ) 80% по ГОСТ

Р 53456 (Щучинский филиал ОАО «Молочный Мир», РБ), 8.2) концентрат молочного белка (КМБ) 85% по ТНПА (компания «Ingredia», Франция); 8.3) пшеничный белок по ГОСТ 31934 (ЗАО «Белорусская национальная биотехнологическая корпорация», РБ), 8.4) изолят гороховый белок 80% по техническим нормативным правовым актам (ТНПА) (компания «Blindenmass», Австрия).

Математическое моделирование компонентного состава высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек). С применением метода программирования линейного с помощью версии R2022b (24.08.2022 г.) программы MatLab (разработчик – компания «The MathWorks» и Клив Б. Молер, США) осуществляли оптимизацию количественного соотношения сырья в рецептурных составах высокобелковых изделий [19, 20].

При помощи встроенной в MatLab функции *linprog* из дополнения Optimization Toolbox решали задачу по планированию оптимальной рецептурной смеси.

Заданы следующие условия для правильной работы с этой функцией:

$$\begin{cases} f^T \cdot x \rightarrow \inf, \\ A \cdot x \leq b, \\ Aeq \cdot x = beq, \\ lb \leq x \leq rb. \end{cases} \quad (1)$$

где f – вектор коэффициентов целевой функции; A , Aeq – матрица ограничений-неравенств; b , beq – векторы правых частей ограничений-неравенств; lb – вектор, ограничивающий план x снизу; rb – вектор, ограничивающий план x сверху.

Оптимальный план по x и экстремальное значение функции $fval$ даёт на выходе функция *linprog*.

Технология получения лабораторных образцов высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек). Технология получения лабораторных образцов высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек) следующая:

1. Технология получения лабораторных образцов высокобелковых драников. Сырой подготовленный картофель натирают на мелкой терке, добавляют муку, соль, яйцо сырое куриное или яичный порошок, картофельный крахмал, лимонную кислоту и ксантовую камедь; полученную смесь хорошо перемешивают до образования однородной массы. Затем постепенно вводят белковый компонент в соответствии с рецептурой (КСБ-80, КМБ-85, изолят горохового белка или пшеничный белок), тщательно перемешивают до получения однородной массы. Полученную смесь оставляют на 30–40 мин до растворения и набухания белкового ингредиента. Высокобелковые драники жарят на разогретых до 150–160°C, смазанных маслом сковородах, толстостенных противнях или электросковородах с обеих сторон до образования золотистой корочки.

2. Технология получения лабораторных образцов высокобелковых клецек. Сырой подготовленный картофель натирают на мелкой терке. Полученную картофельную массу отжимают через марлю, добавляют соль, картофельный крахмал, лимонную кислоту, ксантовую камедь и белковый компонент в соответствии с рецептурой (КСБ-80, КМБ-85, изолят горохового белка или пшеничный белок), смесь хорошо перемешивают до образования однородной массы. При необходимости добавляют воду до получения консистенции, необходимой для формирования клецек, тщательно перемешивают и оставляют на 30–40 минут. Из картофельного теста скатывают шарики диаметром не более 3 см. Высокобелковые клецки варят в подсоленной кипящей воде 6–8 мин, аккуратно перемешивая.

Методы определения органолептических показателей высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек). Органолептические показатели (внешний вид, цвет, вкус, запах, консистенция) лабораторных образцов высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек) определяли визуально.

Фотографирование (макросъёмку) полученных лабораторных образцов высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек) проводили при помощи фотоаппарата SONY NEX-5N (производитель Таиланд).

Температурные режимы охлаждения-замораживания-размораживания высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек). Лабораторные образцы высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек) подвергались замораживанию в результате различной температурной обработки. Вариант №1: охлаждение готовых изделий до температуры образцов 4°C. Вариант №2: мягкая (медленная) заморозка до достижения температуры образцов -10°C. Вариант №3: шоковая (быстрая) заморозка до достижения температуры образцов -18°C.

Режимы заморозки были выбраны исходя из того факта, что в промышленных условиях режимы охлаждения от 4°C до -3°C при приготовлении замороженных мучных изделий не используются. Заморозка высокобелковых изделий проводилась с использованием аппарата шоковой заморозки Valmar AB06. Перед началом процесса температура в рабочей камере аппарата снижалась до -25°C, затем в камеру помещались изготовленные образцы. В образцы высокобелковых продуктов помещали контактный термометр, предназначенный для контроля температуры внутри образцов во время заморозки. Выставлялись различные режимы заморозки.

Размораживание замороженных высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек) осуществляли в печи СВЧ: вариант №1: при мощности 200 W в течение 3 мин и последующим разогревом при мощности 450–700W ($t \sim 100^\circ\text{C}$) в течение 3–4 мин; вариант №2: при мощности 600W ($t \sim 100^\circ\text{C}$) в течение 4 мин без предварительной разморозки.

Разогрев высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек) проводили также в духовом шкафу при 160–180°C в течение 5–10 мин.

Следует подчеркнуть, что во время разогрева высокобелковые изделия необходимо накрывать крышкой или тарелкой для предотвращения быстрого испарения влаги.

Методы исследования физико-химических показателей высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек). Исследование химического состава и пищевой ценности высокобелковых продуктов на основе картофельного сырья (драников и клецек) осуществляли следующими методами: массовую долю белка определяли титрометрическим методом Кельдаля по ГОСТ 13496.4; массовую долю жира определяли экстракционно-гравиметрическим методом с предварительным гидролизом навески по ГОСТ 5668; массовую долю общей золы – термогравиметрическим методом по ГОСТ 5901; массовую долю клетчатки – термогравиметрическим методом по МВИ. МН 3928 на установке для определения сырой клетчатки «Fibretherm» (компания «Gerhardt», Германия); количество углеводов определяли расчетным путём: из сухого остатка вычитали количество белка, жира, золы и клетчатки; массовую долю влаги находили высушиванием по ГОСТ 21094; содержание резистентного крахмала определяли ферментативно-фотометрическим методом по AOAC Method 2002.02 AACC Method 32-40 Rapid Resistant Starch Assay procedure Megazyme.

Анализ количественного состава белков, жиров и углеводов готовой продукции с различной температурной обработкой проведен в Республиканском контрольно-испытательном комплексе по качеству РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию».

Метод определения ГИ высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек). ГИ устанавливали путем определения содержания сахара в пробах крови у 15 здоровых добровольцев.

Критерии включения добровольцев в исследования: подписанное и датированное информированное согласие; возраст

Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (2)

18–65 лет включительно; ИМТ ≤ 30 кг/м², окружность талии ≤ 94 см для мужчин и ≤ 80 см для женщин; стабильная масса тела; глюкоза крови натощак $\leq 5,6$ ммоль/л; артериальное давление ≤ 130 мм рт. ст. (систолическое) и/или ≤ 85 мм рт. ст. (диастолическое).

Критерии исключения: добровольцы с хроническими заболеваниями, связанными с обменом веществ (заболевания хронические печени, почек, поджелудочной железы, врожденные метаболические заболевания, аутоиммунные заболевания, воспалительные заболевания кишечника, целиакия); сахарный диабет 1 типа; неконтролируемый сахарный диабет 2 типа; злокачественные новообразования в анамнезе; неконтролируемые нарушения липидного обмена; испытуемый находится на какой-либо диете; использование каких-либо биологических пищевых добавок в течение 3 месяцев до включения в исследования; прием лекарственных средств, которые влияют на уровень глюкозы; невозможность выполнять рекомендации исследователя.

ГИ определяли в результате обработки данных в программе Microsoft Excel по графикам зависимости содержания глюкозы в капиллярной крови от времени, установленного после употребления стандартизированной порции продукта [21, 22]. В исследовании использовали порции продукта, содержащие 50 г углеводов.

Схема эксперимента представлена в таблице 1.

Для отбора крови использовали систему контроля уровня глюкозы в крови *ACCUCHECK® Active*, предназначенную для количественного измерения уровня глюкозы (сахара) капиллярной крови [23]. Отбор крови осуществляли, используя стерильные одноразовые ланцеты, спиртовые салфетки. Экспресс-содержание глюкозы устанавливали при помощи одноразовых тест-полосок на приборе *ACCUCHECK® Active*. Ошибка параллельных определений – 10%.

Методика определения ГИ регламентируется международным стандартом ISO

26642:2010. Согласно данному стандарту площадь под получившейся кривой называется IAUC – Incremental Area Under the (blood glucose response) Curve, что переводится как площадь под кривой (уровня сахара в крови). Так как изменение уровня сахара в крови в результате употребления одной и той же порции продукта каждым из добровольцев будет различным, для одного исследуемого продукта питания получено 4 значения IAUC [21, 22].

Аналогичным образом для каждого из добровольцев определяли IAUC эталонного продукта (50 г чистой глюкозы). ГИ вычислили по следующей формуле: $ГИ = (IAUC_{\text{продукта}} / IAUC_{\text{глюкозы}}) \times 100$. (2)

Результаты. Результаты исследований представлены в табл. 2–8 и на рис. 1–4. Так, в табл. 2 представлено моделирование рецептурного состава высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек) в программе Matlab; в табл. 3 – рабочие рецептуры смеси для приготовления высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек); в табл. 4 – органолептические показатели высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек); в табл. 5 – физико-химические показатели высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек); в табл. 6 – содержание резистентного крахмала в высокобелковых картофельных пищевых продуктах (драников и клецек); а в табл. 7 – ГИ высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек) при различной температурной обработке. На рис. 1 показаны фотографии лабораторных образцов высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек); на рис. 2–4 – изменение уровня глюкозы в крови добровольцев при потреблении высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек): на рис. 2 – драников с КСБ-80, на рис. 3 – драников с КСБ-80 и гороховым белком, на рис. 4 – клецек с пшеничным белком.

Разработка компонентного состава высокобелковых изделий на основе карто-

феля (драников и клецек) с использованием белков животного происхождения. На основании проведенного математического моделирования (табл. 2) предложены рабо-

чие рецептуры высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек) с белком животного происхождения (табл. 3).



Картофельные драники
с КСБ-80



Картофельные драники
с концентратом молочного белка



Картофельные клецки
с КСБ-80



Картофельные клецки
с концентратом молочного белка

Рис. 1. Внешний вид лабораторных образцов высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и блинов)

Fig. 1. Appearance of laboratory samples of high-protein potato food products (pancakes and blini)

Таблица 1. Схема проведения эксперимента
Table 1. Experiment scheme

День	Продукт	Измерение глюкозы через, мин
1	Глюкоза натощак	30, 60, 90, 120
2	Свежеприготовленные высокобелковые продукты	30, 60, 90, 120
3	Замороженные высокобелковые продукты до температуры -10°C и разогретые	30, 60, 90, 120
4	Замороженные высокобелковые продукты до температуры -18°C и разогретые	30, 60, 90, 120

Таблица 2. Моделирование рецептурного состава высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек)

Table 2. Modeling the recipe composition of high-protein potato food products (pancakes and dumplings)

Алгоритм	Результат
1. Моделирование рецептурного состава картофелепродуктов (драников и клецек) с белком животного происхождения	
1.1. Моделирование рецептурного состава высокобелковых картофельных драников	
1.1.1. Рецептурный состав высокобелковых драников с КСБ-80 + сырое яйцо	
$f=[77;400;157;350;357];$ $A=[-2 \ -80 \ -12.7 \ -12.7 \ -6.9];$ $b=[-20];$ $Aeq=[1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1];$ $beq=[1];$ $lb=[0.6;0.1;0.05;0.03;0.1];$ $rb=[0.8;0.25;0.1;0.05;0.2];$ $[x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,rb)$	$x_1=0.6065$ $x_2=0.2135$ $x_3=0.0500$ $x_4=0.0300$ $x_5=0.1000$ $fval=186.1546$
1.1.2. Рецептурный состав высокобелковых драников с КСБ-80 + меланж	
$f=[77;400;540;350;357];$ $A=[-2 \ -80 \ -45 \ -12.7 \ -6.9];$ $b=[-20];$ $Aeq=[1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1];$ $beq=[1];$ $lb=[0.6;0.1;0.05;0.03;0.1];$ $rb=[0.8;0.25;0.1;0.05;0.2];$ $[x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,rb)$	$x_1=0.6272$ $x_2=0.1928$ $x_3=0.0500$ $x_4=0.0300$ $x_5=0.1000$ $fval=198.6169$
1.1.3. Рецептурный состав высокобелковых драников с КМБ-85 + яйцо сырое	
$f=[77;400;157;350;357];$ $A=[-2 \ -85 \ -12.7 \ -12.7 \ -6.9];$ $b=[-20];$ $Aeq=[1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1];$ $beq=[1];$ $lb=[0.6;0.1;0.05;0.03;0.1];$ $rb=[0.8;0.25;0.1;0.05;0.2];>>$ $[x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,rb)$	$x_1=0.6193$ $x_2=0.2007$ $x_3=0.0500$ $x_4=0.0300$ $x_5=0.1000$ $fval=182.0001$
1.1.4. Рецептурный состав высокобелковых драников с КМБ-85 + меланж	
$f=[77;400;540;350;357];$ $A=[-2 \ -85 \ -45 \ -12.7 \ -6.9];$ $b=[-20];$ $Aeq=[1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1];$ $beq=[1];$ $lb=[0.6;0.1;0.05;0.03;0.1];$ $rb=[0.8;0.25;0.1;0.05;0.2];$ $[x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,rb)$	$x_1=0.6388$ $x_2=0.1812$ $x_3=0.0500$ $x_4=0.0300$ $x_5=0.1000$ $fval=194.8653$
1.2. Моделирование рецептурного состава высокобелковых картофельных клецек	
1.2.1. Рецептурный состав высокобелковых картофельных клецек с КСБ-80	
$f=[77;400;357];$ $A=[-2 \ -80 \ -6.9];$ $b=[-20];$ $Aeq=[1 \ 1 \ 1];$ $beq=[1];$	$x_1=0.6755$ $x_2=0.2245$ $x_3=0.1000$ $fval=177.5094$

$lb=[0.6;0.1;0.1];$ $rb=[0.8;0.25;0.2];$ $[x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,rb)$	
1.2.2. Рецепттурный состав высокобелковых картофельных клецек с КМБ-85	
$f=[77;450;357];$ $A=[-2 -85 -6.9];$ $b=[-20];$ $Aeq=[1 1 1];$ $beq=[1];$ $lb=[0.6;0.1;0.1];$ $rb=[0.8;0.25;0.2];$ $[x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,rb)$	$x_1=0.6890$ $x_2=0.2110$ $x_3=0.1000$ $fval=183.68$
2. Моделирование рецепттурного состава высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек) с белком растительного происхождения	
2.1. Рецепттурный состав высокобелковых драников с гороховым белком	
$f=[77;157;334;313;357];$ $A=[-2 -12.7 -10.8 -0.1 -85];$ $b=[-20];$ $Aeq=[1 1 1 1 1];$ $beq=[1];$ $lb=[0.6;0.02;0.05;0.03;0.1];$ $rb=[0.8;0.05;0.1;0.05;0.2];$ $[x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,rb)$	$x_1=0.6196$ $x_2=0.0508$ $x_3=0.0300$ $x_4=0.1008$ $x_5=0.2008$ $fval=170.4249$
2.2. Рецепттурный состав высокобелковых клецек с пшеничным белком	
$f=[77;313;350];$ $A=[-2 -0.1 -76];$ $b=[-20];$ $Aeq=[1 1 1];$ $beq=[1];$ $lb=[0.5;0.05;0.1];$ $rb=[0.6;0.1;0.2];$ $[x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,rb)$	$x_1=0.6999$ $x_2=0.10000$ $x_3=0.2999$ $fval=190.1661$
3. Моделирование рецепттурного состава высокобелковых картофелепродуктов (драников и клецек) с комбинацией белков растительного и животного происхождения	
3.1. Рецепттурный состав высокобелковых драников с гороховым белком и КМБ-85	
$f=[77;157;334;313;400;357];$ $A=[-2 -12.7 -10.8 -0.1 -85 -85];$ $b=[-20];$ $Aeq=[1 1 1 1 1 1];$ $beq=[1];$ $lb=[0.6;0.05;0.05;0.03;0.05; 0.1];$ $rb=[0.7;0.05;0.1;0.05;0.1; 0.2];$ $[x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,rb)$	$x_1=0.6642$ $x_2=0.0500$ $x_3=0.0500$ $x_4=0.0300$ $x_5=0.0500$ $x_6=0.1558$ $fval=160.7060$
3.2. Рецепттурный состав высокобелковых клецек с пшеничным белком и КСБ-80	
$f=[77;313;350; 400];$ $A=[-2 -0.1 -76 -80];$ $b=[-20];$ $Aeq=[1 1 1 1];$ $beq=[1];$ $lb=[0.5;0.1;0.15; 0.05];$ $rb=[0.6;0.1;0.2; 0.1];$ $[x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,rb)$	$x_1=0.6000$ $x_2=0.1000$ $x_3=0.2000$ $x_4=0.1000$ $fval=187.5000$

Таблица 3. Рабочие рецептуры высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек)

Table 3. Actual recipes for high-protein potato food products (pancakes and dumplings)

Наименование компонентов	Количество, %
1. Рецептурный состав высокобелковых картофельных драников с КСБ-80	
Картофель свежий	62,0
КСБ-80	19,0
Яйцо сырое	—
Яичный порошок	5,0
Мука пшеничная	3,0
Картофельный крахмал	9,7
Лимонная кислота	0,1
Соль поваренная	1,0
Ксантановая камедь	0,2
ИТОГО	100
2. Рецептурный состав высокобелковых картофельных драников с КМБ-85	
Картофель свежий	63,0
Концентрат молочного белка	18,0
Яичный порошок	5,0
Мука пшеничная	3,0
Картофельный крахмал	9,7
Лимонная кислота	0,1
Соль поваренная	1,0
Ксантановая камедь	0,2
ИТОГО	100
3. Рецептурный состав высокобелковых картофельных клецек с КСБ-80	
Картофель свежий	67,0
КСБ-80	21,7
Картофельный крахмал	10,0
Лимонная кислота	0,1
Соль поваренная	1,0
Ксантановая камедь	0,2
ИТОГО	100
4. Рецептурный состав высокобелковых картофельных клецек КМБ-85	
Картофель свежий	68,0
КМБ-85	21,0
Картофельный крахмал	9,7
Лимонная кислота	0,1
Соль поваренная	1,0
Ксантановая камедь	0,2
ИТОГО	100

Органолептическая оценка высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек). Оценка органолептических свойств картофельных драников и картофельных клецек свидетельствует (рис. 1 и табл. 4), что все полученные лабораторные образцы по внешнему виду

цвету, вкусу, запаху и консистенции соответствуют заявленным типам картофелепродуктов. По внешнему виду картофелепродукты (драники и клецки) были округлой или овальной формы. У высокобелковых драников цвет был светло-коричневый с золотистым оттенком, а у картофельных

клецек – белый с кремовым оттенком. Консистенция у всех полученных высокобелковых картофелепродуктов (драников и клецек) оказалась мягкой и плотная. Постороннего вкуса и запаха не ощущалось. Вкус картофелепродуктов – приятный, в меру соленый и характерный для заявленного вида картофелепродуктов.

Оценка физико-химических показателей высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек). В результате проведенного исследования влияния температурных режимов охлаждения и замораживания (4°C, –10°C, –18°C) на физико-химические характеристики (массовая доля (м.д.) белка, м.д. жира, м.д. клетчатки и м.д. углеводов) высокобелковых картофелепродуктов наблюдаются, соответственно, следующие колебания (табл.

5): 1) для картофельных драников с КСБ-80: 13,4–14,4%, 13,5–14,7%, 3,2–6,9%, 18,7–22,2%; 2) для картофельных драников с КСБ-85: 12,6–13,2%, 9,8–11,8%, 3,2–6,5%, 23,4–25,7%; 3) для картофельных клецек с КСБ-80: 14,7–15,2%, 0,7–0,9%, 2,3–3,1%, 20,4–22,1%; 4) для картофельных клецек с КСБ-85: 12,2–14,8%, 0,4–0,5%, 1,8–3,0%, 19,4–23,1%; 5) для картофельных драников с гороховым белком: 10,7–13,8%, 10,1–12,8%, 3,6–7,9%, 25,4–28,7%; 6) для картофельных клецек с пшеничным белком: 13,9–26,5%, 0,4–0,6%, 1,2–2,1%, 32,8–36,1%; 7) для картофельных драников с гороховым белком и КМБ-85: 12,4–15,1%, 13,1–16,7%, 4,7–5,4%, 17,9–20,5%; 8) для картофельных клецек с пшеничным белком и КСБ-80: 16,3–16,5%, 0,6–0,8%, 1,9–2,1%, 20,8–22,3%.

Таблица 4. Органолептические показатели высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек)

Table 4. Organoleptic characteristics of high-protein potato food products (potato pancakes and dumplings)

Наименование показателей	Характеристика
Внешний вид	Изделия круглой или овальной формы;
Цвет	Для драников: светло-коричневый с золотистым оттенком. Для клецек: белый с кремовым оттенком
Вкус и запах	Для драников: характерные для протертого жареного картофеля, приятные, без посторонних запаха и вкуса. Для клецек: характерные для данного вида изделий, приятные, вкус в меру соленый, без посторонних запаха и вкуса
Консистенция	Мягкая, плотная

Таблица 5. Физико-химические показатели высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек)

Table 5. Physicochemical parameters of high-protein potato food products (potato pancakes and dumplings)

Наименование показателей	Температурные режимы		
	4°C	–10°C	–18°C
1. Высокобелковые картофелепродукты (драники и клецки) с белком животного происхождения			
1.1. Высокобелковые картофельные драники с животным белком			
1.1.1. Высокобелковые картофельные драники с КСБ-80			
Массовая доля (М.д.) белка, %	13,4 ±2,8	13,7 ±3,4	14,4 ±2,2
М.д. жира, %	14,7 ±3,4	14,2 ±2,6	13,5 ±3,2

М.д. клетчатки, %	3,2 ±0,5	4,0 ±0,6	6,9 ±1,2
М.д. углеводов, %	18,7 ±3,4	20,7 ±5,1	22,2 ±4,0
1.1.2. Высокобелковые картофельные драники с КМБ-85			
М.д. белка, %	13,2 ±2,9	12,8 ±3,0	12,6 ±2,3
М.д. жира, %	11,8 ±2,0	10,7 ±2,0	9,8 ±2,5
М.д. клетчатки, %	3,2 ±0,6	4,1 ±1,0	6,5 ±1,0
М.д. углеводов, %	23,4 ±4,4	24,2 ±4,2	25,7 ±3,5
1.2. Высокобелковые картофельные клецки с животным белком			
1.2.1. Высокобелковые картофельные клецки с КСБ-80			
М.д. белка %	15,2 ±3,1	15,0 ±2,1	14,7 ±2,6
М.д. жира, %	0,7 ±0,2	0,9 ±0,2	0,9 ±0,1
М.д. клетчатки, %	2,3 ±0,5	2,5 ±0,4	3,1 ±0,7
М.д. углеводов, %	20,4 ±3,7	21,7 ±4,3	22,1 ±3,9
1.2.2. Высокобелковые картофельные клецки с КМБ-85			
М.д. белка, %	14,8 ±2,2	12,7 ±2,0	12,2 ±2,1
М.д. жира, %	0,5 ±0,1	0,5 ±0,1	0,4 ±0,1
М.д. клетчатки, %	1,8 ±0,4	2,3 ±0,3	3,0 ±0,6
М.д. углеводов, %	19,4 ±2,9	20,6 ±3,7	23,1 ±4,6
2. Высокобелковые картофелепродукты (драники и клецки) с белком растительного происхождения			
2.1. Высокобелковые картофельные драники с гороховым белком			
М.д. белка, %	13,8 ±2,4	10,7 ±2,6	12,2 ±2,4
М.д. жира, %	12,8 ±2,7	11,7 ±2,3	10,1 ±1,5
М.д. клетчатки, %	3,6 ±0,6	4,1 ±0,7	7,9 ±1,4
М.д. углеводов, %	25,4 ±3,8	28,7 ±5,1	26,1 ±5,7
2.2. Высокобелковые картофельные клецки с пшеничным белком			
М.д. белка, %	26,5 ±3,7	13,9 ±2,8	19,5 ±3,3
М.д. жира, %	0,6 ±0,1	0,6 ±0,1	0,4 ±0,1
М.д. клетчатки, %	1,5 ±0,2	1,2 ±0,2	2,1 ±0,4
М.д. углеводов, %	36,1 ±5,4	35,1 ±7,3	32,8 ±5,6
3. Высокобелковые картофелепродукты (драники и клецки) с комбинацией белков растительного и животного происхождения			
3.1. Высокобелковые картофельные драники с гороховым белком и КМБ-85			
М.д. белка, %	14,5 ±2,8	15,1 ±2,7	12,4 ±2,3
М.д. жира, %	16,7 ±3,4	14,2 ±2,8	13,1 ±3,1
М.д. клетчатки, %	4,7 ±0,7	4,9 ±1,1	5,4 ±1,0
М.д. углеводов, %	18,5 ±3,7	17,9 ±3,2	20,5 ±4,3
3.2. Высокобелковые картофельные клецки с пшеничным белком и КСБ-80			
М.д. белка, %	16,3 ±3,6	16,5 ±3,0	16,3 ±2,4
М.д. жира, %	0,6 ±0,2	0,7 ±0,1	0,8 ±0,2
М.д. клетчатки, %	2,1 ±0,3	1,9 ±0,2	2,1 ±0,4
М.д. углеводов, %	20,8 ±3,1	21,3 ±4,3	22,3 ±4,5

Оценка уровня белка в полученных лабораторных образцах картофелепродуктов (драниках и клецках), показала, что все лабораторные образцы отвечают необходимым критериям ГОСТ 34006, и могут позиционироваться как продукты с высоким содержанием белка, т.е. белок в их составе обеспечивает не менее 20% калорийности пищевой продукции и рекомендуется как продукция пищевая специализированная для питания спортсменов.

Исследования влияния разработанных высокобелковых картофельных пищевых продуктов, подвергшихся различной температурной обработке, на постпрандиальный гликемический ответ у здоровых взрослых добровольцев. Проведенные исследования показали, что потребление

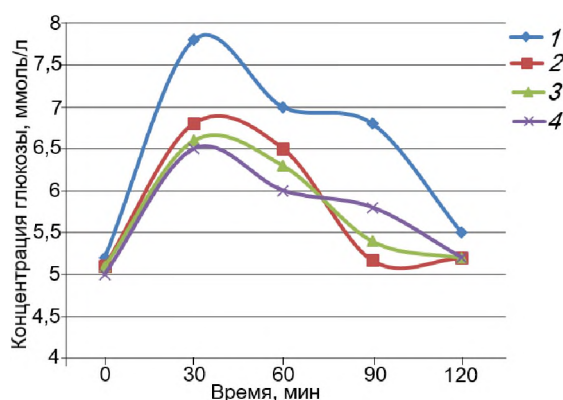
замороженных высокобелковых изделий на основе картофеля (драников и клецек) приводит к более низкому глюкозному ответу по сравнению со свежеприготовленными продуктами (рис. 2-4).

Как видно из данных, представленных на рисунках 2-4, пиковое повышение уровня глюкозы в крови испытуемых при потреблении высокобелковых драников и клецек, замороженных до температуры -10°C , было меньше на 3,0-8,3%; до температуры -18°C меньше на 4,6-12,1%, чем после потребления свежеприготовленных картофелепродуктов.

На основании полученных данных произведен расчет ГИ высокобелковых продуктов на основе картофеля, представленный в таблице 7.

Таблица 6. Содержание резистентного крахмала в лабораторных образцах высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек)
Table 6. Resistant starch content in laboratory samples of high-protein potato food products (potato pancakes and dumplings)

Наименование изделий	Количество резистентного крахмала, г/100г		
	температурные режимы		
	4°C	-10°C	-18°C
Картофельные драники с гороховым белком	1,2	1,3	1,9
Картофельные драники с гороховым белком и КМБ-85	1,7	1,9	2,5
Картофельные клецки с пшеничным белком	1,4	1,9	2,3
Картофельные клецки с пшеничным белком и КСБ-80	1,5	1,7	2,0



1 – глюкоза; 2 – свежеприготовленные и охлажденные драники с КСБ-80; 3 – высокобелковые драники с КСБ-80 замороженные до -10°C ; 4 – высокобелковые драники с КСБ-80 замороженные до -18°C

Рис. 2. Изменение уровня глюкозы в крови добровольцев при потреблении высокобелковых драников с КСБ-80

Fig. 2. Changes in blood glucose levels in volunteers consuming high-protein potato pancakes with KSB-80

При создании высокобелковых продуктов в качестве основного пищевого сырья был выбран картофель из-за его особенного химического состава (табл. 8).

Таким образом, установлено, что заморозка изделий до -18°C способствует снижению ГИ высокобелковых изделий на основе картофеля в среднем на 28,6% (с 76 до 54).

Картофель – четвертая по значимости продовольственная культура в мире после риса, пшеницы и кукурузы. Картофель – эффективная пищевая культура, производящая больше сухого вещества, белка и минералов на единицу площади по сравнению с зерновыми [18, 24–26].

Туберин – основной белок картофеля – является глобулином (55–77% всех белков); на долю глутаминов приходится 20–40%. По биологической ценности белки картофеля превосходят белки многих зерновых культур и мало уступают белкам мяса и яйца. В картофельном белке и в составе свободных аминокислот картофеля содержатся все аминокислоты, встречающиеся в растениях, в том числе в удачном соотношении незаменимые: *Lis*, *Met*, *Thr*, *Trp*, *Val*, *Phe*, *Leu*, *Ile* [25]. Картофель не содержит глютен, что делает его пригодным для людей с непереносимостью глютена [27].

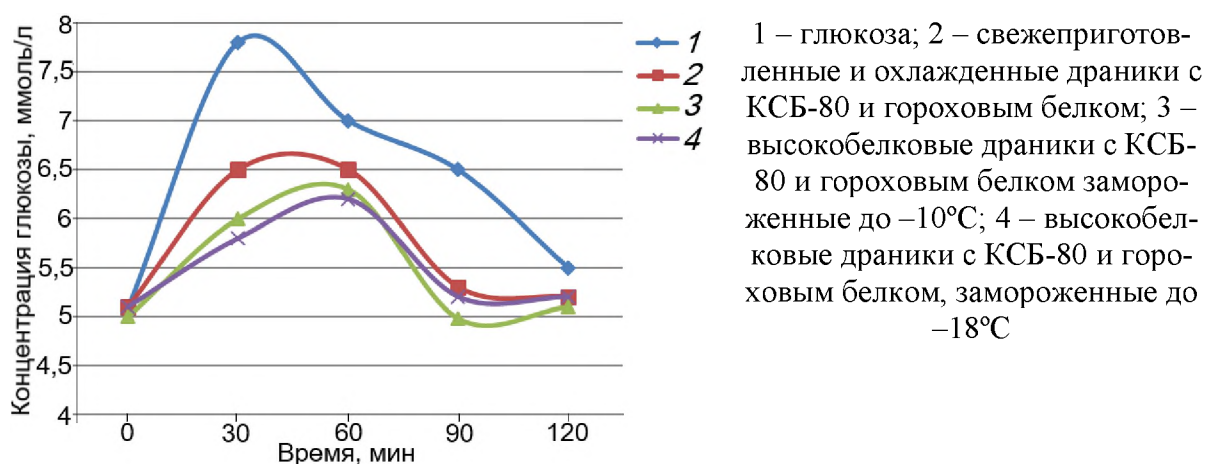


Рис. 3. Изменение уровня глюкозы в крови добровольцев при потреблении высокобелковых драников с КСБ-80 и гороховым белком

Fig. 3. Changes in blood glucose levels in volunteers after consuming high-protein potato pancakes with KSB-80 and pea protein

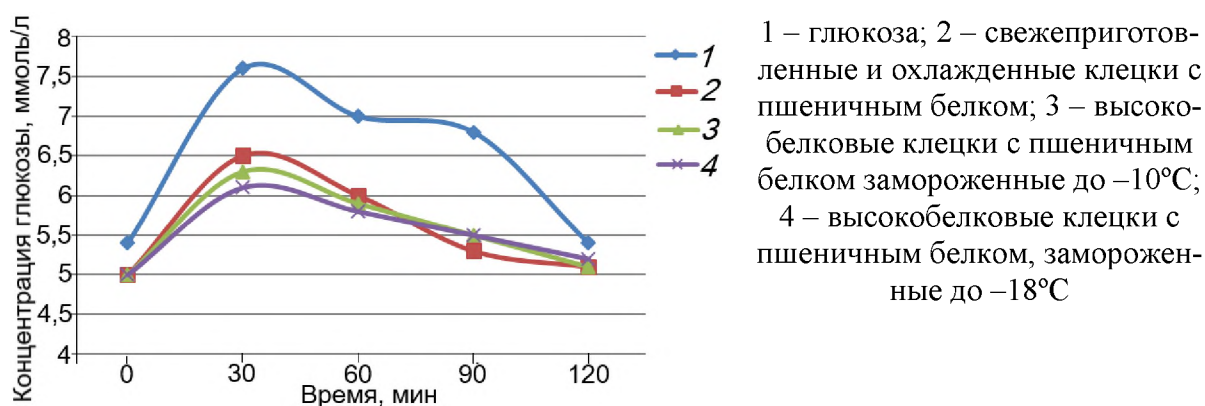


Рис. 4. Изменение уровня глюкозы в крови добровольцев при потреблении высокобелковых клецек с пшеничным белком

Fig. 4. Changes in blood glucose levels in volunteers after consumption of high-protein dumplings with wheat protein

Таблица 7. GI высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек) при различной температурной обработке

Table 7. GI of high-protein potato food products (pancakes and dumplings) at different temperature treatments

Наименование образца	Площадь под кривой изменения сахара в крови после употребления пищевого продукта (IAUC)	ГИ
1. Высокобелковые драники с КСБ-80		
Контроль (глюкоза)	159	100
Свежеприготовленные высокобелковые драники с КСБ-80	120	76
Замороженные высокобелковые драники с КСБ-80 до температуры –10°C	103	65
Замороженные высокобелковые драники с КСБ-80 до температуры –18°C	89	56
2. Высокобелковые драники с КСБ-80 и гороховым белком		
Контроль (глюкоза)	170	100
Свежеприготовленные высокобелковые драники с КСБ-80 и гороховым белком	120	71
Замороженные высокобелковые драники с КСБ-80 и гороховым белком до температуры –10°C	112	66
Замороженные высокобелковые драники с КСБ-80 и гороховым белком до температуры –18°C	95	56
3. Высокобелковые клецки с пшеничным белком		
Контроль (глюкоза)	135	100
Свежеприготовленные высокобелковые клецки с пшеничным белком	87	64
Замороженные высокобелковые клецки с пшеничным белком до температуры –10°C	78	58
Замороженные высокобелковые клецки с пшеничным белком до температуры –18°C	73	54

Таблица 8. Химический состав и калорийность 100 г картофеля

Table 8. Chemical composition and caloric content of 100 g of potatoes

Наименование показателя	Значение	Наименование показателя	Значение
Белки, г	2	-фтор (F), мкг	30
Жиры, г	0,4	-хром (Cr), мкг	10
Углеводы, г	16,3	-цинк (Zn), мг	0,36
Углеводы (общие), г	17,7	-цирконий (Zr), мкг	3,03
Органические кислоты, г	0,2	Усвояемые углеводы:	
Пищевые волокна, г	1,4	-крахмал декстрины, г	15
Вода (H ₂ O), г	78,6	-моно- и дисахариды (сахара), г	1,3
Зола, г	1,1	-глюкоза (декстроза), г	0,6
Витамины:		-сахароза, г	0,6
-витамин А, мкг	3	-фруктоза, г	0,1

-β-каротин, мг	0,02	Незаменимые аминокислоты, г:	0,72
-витамин В ₁ (тиамин), мг	0,12	-аргинин, г	0,1
-витамин В ₂ (рибофлавин), мг	0,07	-валин, г	0,122
-витамин В ₄ (холин), мг	11	-гистидин, г	0,03
-витамин В ₅ (пантотеновая кислота), мг	0,3	-изолейцин, г	0,086
-витамин В ₆ (пиридоксин), мг	0,3	-лейцин, г	0,128
-витамин В ₉ (фолаты), мкг	8	-лизин, г	0,135
-витамин С (аскорбиновая кислота), мг	20	-метионин, г	0,026
-витамин Е (α-токоферол), мг	0,1	-метионин + цистеин, г	0,05
-витамин Н (биотин), мкг	0,1	-треонин, г	0,097
-витамин К (филлохинон), мкг	1,9	-триптофан, г	0,028
-витамин РР, мг	1,8	-фенилаланин, г	0,098
-ниацин, мг	1,3	-фенилаланин + тирозин, г	0,19
Макроэлементы:		Заменимые аминокислоты, г:	1,172
-калий (К), мг	568	-аланин, г	0,097
-кальций (Са), мг	10	-аспарагиновая кислота, г	0,25
-кремний (Si), мг	50	-глицин, г	0,1
-магний (Mg), мг	23	-глутаминовая кислота, г	0,262
-натрий (Na), мг	5	-пролин, г	0,092
-сера (S), мг	32	-серин, г	0,128
-фосфор (P), мг	58	-тирозин, г	0,09
-хлор (Cl), мг	58	-цистеин, г	0,023
Микроэлементы:		Насыщенные жирные кислоты, г:	0,088
-алюминий (Al), мкг	860	-14:0 миристиновая кислота, г	0,002
-бор (В), мкг	115	-16:0 пальмитиновая кислота, г	0,071
-ванадий (V), мкг	149	-18:0 стеариновая кислота, г	0,015
-железо (Fe), мг	0,9	Мононенасыщенные жирные кислоты, г:	0,166
-йод (I), мкг	5	-16:1 пальмитолеиновая кислота, г	0,005
-кобальт (Co), мкг	5	-18:1 олеиновая кислота, г	0,16
-литий (Li), мкг	77	Полиненасыщенные жирные кислоты, г:	0,082
-марганец (Mn), мг	0,17	-18:2 линолевая кислота, г	0,08
-медь (Cu), мкг	140	-18:3 линоленовая кислота, г	0,082
-молибден (Mo), мкг	8	Жирные кислоты:	
-никель (Ni), мкг	5	-омега-3 жирные кислоты, г	0,093
-рубидий (Rb), мкг	500	-омега-6 жирные кислоты, г	0,08
-селен (Se), мкг	0,268	Калорийность, кКал	77
-стронций (Sr), мкг	9,28		

Картофель богат витаминами и минералами, а также такими соединениями, как флавоноиды, каротиноиды и фенольные кислоты [24, 26], которые действуют как антиоксиданты [28, 29].

Химический состав и пищевая ценность картофеля во многом зависят от возраста клубней. Молодой картофель богат влагой и витаминами, но в нём относительно мало крахмала. В созревших клубнях содержится крахмал, витамины, микроэлементы. Наличие и концентрация полезных веществ в картофеле зависит также от типа почв и видов удобрений, используемых при его выращивании [24, 26].

Картофель не только питательный продукт, но и невероятно сытный. Сытные продукты помогают регулировать вес и похудеть, поскольку они уменьшают голод. Результаты исследований показывают, что определенный картофельный белок, известный как ингибитор картофельной протеиназы 2, может сдерживать аппетит. Этот белок, по-видимому, увеличивает высвобождение холецистокинина, гормона, который способствует ощущению сытости [27].

Важным ингредиентом картофеля является крахмал [18]. В общем виде свежий картофель содержит ~20% сухого вещества, из которого 60–80% – крахмал, причем 70–80% этого крахмала – разветвленная фракция амилопектин. Эта изменчивость является главным образом результатом генотипа и среды выращивания.

Изменения уровня м.д. углеводов и, как следствия этого колебания ГИ, напрямую связаны с количеством резистентного крахмала (РК) или крахмала, устойчивого к действию амилалитических ферментов, которые бывают 5 видов [30–33]: физически захваченный крахмал (РК₁), сырые крахмальные гранулы (РК₂), ретроградный крахмал (РК₃), химически модифицированный крахмал (РК₄) и амилоз-липидный комплекс (РК₅). В сыром картофеле, как правило содержится РК₂ и РК₅. При термической обработке картофеля (варке, жарке, охлаждении, замораживании, разогрева-

нии) уровень РК₂ и РК₅ резко снижается при одновременном увеличении РК₁ и РК₃.

Необходимо отметить также, что РК, благодаря особенностям своего метаболизма (рис. 5), оказывает положительное влияние на здоровья человека [27, 30–32].



Рис. 5. Схема метаболизма устойчивого (резистентного) крахмала

Fig. 5. Scheme of metabolism of resistant starch

РК – способность противостоять ферментативному гидролизу в желудочно-кишечном тракте человека. Определенный процент крахмала (РК) проходит через желудок и тонкий кишечник человека без изменений, далее он претерпевает расщепление в толстом кишечнике под действием микроорганизмов рода *Ruminococcus* до короткоцепочечных жирных кислот, которые питают клетки, выстилающие его стенки. Таким образом, чем выше степень РК, тем меньше глюкозы образуется при его гидролизе и поступает в кровь. Поэтому РК является важным ингредиентом продуктов питания лечебного и профилактического назначения.

Попадая в организм человека, РК выполняет общеукрепляющие и профилактические функции. РК способствует контролю диабета – уменьшает гликемический индекс продукта и тем самым уровень глюкозы в крови, снижает риск развития рака кишечника, улучшает функционирование пищеварительного тракта, уменьшает общий уровень холестерина в крови – увеличивает долю высокоплотного холестерина, который не закупоривает сосуды, питает микробную флору – приводит к увеличению количества лактобацилл и бифидобактерий, что повышает иммунитет.

ГИ картофеля существенно различается в зависимости от способа его пригото-

ния и температуры при подаче, а также степени измельчения. Так, ГИ отварного картофеля из холодильника – 50; горячего картофеля – 89; запеченного – 73-85; жареного – 60-75; пюре – 85–95 [27].

Изменения физико-химических показателей (м.д. белка, жира, углеводов и клетчатки), появления резистентного крахмала, а также колебания ГИ напрямую связаны с процессом денатурации белка и реакции меланоидинообразования [33–38].

Реакционная способность сахаров, участвующих в меланоидинообразовании (МО), снижается в следующей последовательности: рибоза → ксилоза → арабиноза → галактоза → глюкоза → мальтоза → фруктоза [18, 35]. Чем короче углеродная цепь моносахарида, тем легче он реагирует с аминокислотами. Если реакционную способность редуцирующих дисахаридов принять за единицу, то при прочих равных условиях гексозы имеют активность 2,5, а пентозы – 3,5 единицы. На активность сахаров влияет их стереохимическая конфигурация. Среди пентоз очень реакционноспособны ксилоза и рибоза, а среди гексоз самая высокая активность у галактозы.

Из аминокислот легко вступают в реакцию меланоидинообразования (РМО) основные аминокислоты, в первую очередь, лизин. Активность аминокислот в РМО уменьшается в следующей последовательности: *Lys* → *Gly* → *Met* → *Ala* → *Val* → *Gln* → *Phe* → *Cys* → *Tyr* [18, 35].

В пищевых продуктах под влиянием РМО наиболее существенно снижается (по сравнению с исходным сырьем) содержание диаминокарбоновых кислот [18, 35]. При МО связывается до 25% белков, витаминов, снижается активность ферментов и многих биологически активных соединений, определяющих пищевую ценность получаемых продуктов.

Стандартный меланоидин (М) содержит гидроксильные, карбонильные и карбоксильные группировки, кратные и эфирные связи, а молекулярная масса колеблется

между 2 и 30 тыс. [18, 35]. Многие исследователи, изучавшие РМО на различных примерах, выделили производные фурана, пиррола, пиридина, пиразина, карболина и других гетероциклических соединений.

М способен окисляться и восстанавливаться, причем первая реакция идет быстрее второй [18, 35]. В щелочных растворах М более устойчив, чем в кислых. При термической обработке идет дальнейшая поликонденсация, а выше 400°C образуются так называемые пиромеланоидиды. М не расщепляются пищеварительными ферментами, и, следовательно, они не усваиваются. Однако они могут образовывать комплексы с белками-ферментами, влияя тем самым на их каталитическую активность.

В структуре М есть не спаренные электроны, они обладают свойствами стабильных свободных радикалов [18, 35]. Благодаря этому М выполняют защитные функции в организме. М поглощают различные излучения, нейтрализуют и обезвреживают опасные для клеток вещества, образующиеся при действии ионизирующего излучения, и некоторые химические вещества. М могут существовать в нескольких окислительно-восстановительных состояниях.

Заключение. В результате проведенного исследования была полностью достигнута поставленная цель:

1. На основе математического моделирования созданы сбалансированные рецептурные составы и разработаны рецептуры высокобелковых картофельных пищевых продуктов (драников и клецек) с использованием белков животного происхождения КСБ-80, КМБ-85; пшеничного белка и изолята горохового белка 80%, которые отличались от ранее известных сбалансированным химическим составом (оптимальной массовой долей белка (не менее 20% калорийности), жира, углеводов и клетчатки), пониженным ГИ и хорошими органолептическими свойствами.

2. Анализ доступных литературных данных свидетельствует о том, что измене-

ния физико-химических показателей (массовых долей белка, жира, углеводов и клетчатки), появления резистентного крахмала, а также колебания ГИ связаны с процессом денатурации белка и реакцией меланоидинообразования.

3. Важность белкового компонента пищи связана с тем, что белок является пластическим материалом, участвующим во всех без исключения обменных процессах организма, синтезе клеток, тканевых структур, биологически активных соединений (гормонов, ферментов, нейромедиаторов, регуляторных пептидов, витаминов и др.), удовлетворении энергетических по-

требностей деятельности всех органов и систем. Многообразие функций, реализуемых белковыми молекулами, определяет их особую значимость в профилактике различных заболеваний, повышении умственной и физической работоспособности, продлении активной и здоровой жизни. Разработанные рецептурные составы высокобелковых картофелепродуктов (драников и клецек) могут быть рекомендованы в качестве полезных продуктов для профилактического и лечебного питания, а также в качестве специализированной пищевой продукции для питания спортсменов и людей, ведущих активный образ жизни.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бычкова Т.С., Артемова Е.Н. Физиология питания: учебное пособие для высшего профессионального образования. Орел: Госуниверситет-УНПК, 2013. 163 с.
2. Дзарасова М.А., Неёлова О.В. Белки и их структурные компоненты, их биологическая роль и применение в медицине // Современные наукоемкие технологии. 2014. Т. 7, № 2. С. 85.
3. Sudhakararao G., Kiran G. Physiological Role of Proteins and their Functions in Human Body // International Journal of Pharma Research and Health Sciences. 2019. Vol. 7, No. 1. P. 2874-2878. <https://doi.org/10.21276/ijprhs.2019.01.02>.
4. Шендеров, Б.А. Функциональное питание и его роль в профилактике метаболического синдрома. М.: ДеЛи принт, 2008. 319 с.
5. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange / D.J. Jenkins [et al.] // The American Journal of Clinical Nutrition. 1981. Vol. 34, No. 3. P. 362-366. <https://doi.org/10.1093/ajcn/34.3.362>.
6. Hattie H.H. Wright The glycaemic index and sports nutrition // South African Journal of Clinical Nutrition. 2005. Vol. 18, No. 3. P. 222-228. <https://doi.org/10.1080/16070658.2005.11734071>.
7. Балаболкин М.И., Клебанова Е.М., Креминская В.М. Дифференциальная диагностика и лечение эндокринных заболеваний. М.: Медицина, 2002. 75 с.
8. Dietary fiber, glycemic load, and risk of NIDDM in men / J. Salmeron [et al.] // Diabetes Care. 1997. Vol. 20, No. 4. P 545-550. <https://doi.org/10.2337/diacare.20.4.545>.
9. Englist H.N., S.N. Kingman, J.H. Cummings Classification and measurement of nutritional important starch fractions // European Journal of Clinical Nutrition. 1992. Vol. 46, No. 2. P. S33-46.
10. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products / I. Goni, L. [et al.] // Food Chemistry. 1996. Vol. 56, No. 4. P. 445-449. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)00222-7](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)00222-7).

11. Burton P., Lightowler N. The impact of freezing and toasting on the glycaemic response of white bread // *European Journal of Clinical Nutrition*. 2008. Vol. 62. P. 594-599. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602746>.
12. Fuentes-Zaragoza E., Sanchez-Zapata E., Sendra E. Resistant starch as prebiotic: A review // *Starch-Stärke*. 2011. Vol. 63. P. 406-415. <https://doi.org/10.1002/STAR.201000099>.
13. Son Trinh K., Jun Choi S. Structure and digestibility of debranched and hydrothermally treated water yam starch // *Starch-Stärke*. 2013. Vol. 65, No. 7/8. P. 679-685. <https://doi.org/10.1002/star.201200149>.
14. Lee Kw.Y., Lee S., Lee H.G. Influence of storage temperature and autoclaving cycles on slowly and resistant (RS) formation from partially debranched rice starch // *Starch-Stärke*. 2013. Vol. 65, No. 7/8. P. 694-701. <https://doi.org/10.1002/star.201200186>.
15. Resistant Starch: Promise for Improving Human Health / D.F. Birt [et al.] // *Advances in Nutrition*. 2013. Vol. 4, No. 6. P. 587-601. <https://doi.org/10.3945/an.113.004325>.
16. Sonia S., Ridwan R., Witjaksono F. Effect of cooling of cooked white rice on resistant starch content and glycemic response // *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*. 2015. Vol. 24, No. 4. P. 620-625. <https://doi.org/10.6133/apjcn.2015.24.4.13>.
17. Potatoes and risk of obesity, type 2 diabetes, and cardiovascular disease in apparently healthy adults: a systematic review of clinical intervention and observational studies / D. Borch [et al.] // *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2018. Vol. 104. P. 489-498. <https://doi.org/10.3945/ajcn.116.132332>.
18. Литвяк В.В. Картофель и технологии его глубокой переработки / В.В. Литвяк [и др.]. М.: ФЛИНТА, 2021. 430 с.
19. Дьяконов В.П. MATLAB 7.*/R2006/2007. Самоучитель. М.: ДМК-Пресс, 2008. 768 с.
20. Дьяконов В.П. MATLAB R2006/2007/2008 + Simulink 5/6/7. Основы применения. – 2-е изд., переработанное и дополненное (библиотека профессионала). М.: СОЛОН-Пресс, 2008. 800 с.
21. A glycaemic index compendium of non-western foods / J.H. Christiani [et al.] // *Nutrition & Diabetes*. 2021. Vol. 11, No. 2. P. 1021-1023. <https://doi.org/10.1038/s41387-020-00145-w>.
22. American Diabetes Association Glycemic Targets: Standards of Medical Care in Diabetes – 2021 // *Diabetes Care*. 2021. Vol. 44, No. 1. P. S73-S84. <https://doi.org/10.2337/dc21-S006>.
23. Accu-Chek® Active. Internet information [Электронный ресурс]. 2024. Режим доступа: <https://www.accu-chekcac.com/en/meter-systems/active>.
24. Camire M., Kubow S. Potatoes and human health / M. Camire, // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2009. Vol. 49, No. 10. P. 820-840. <https://doi.org/10.1080/10408390903041996>.
25. Vicente, A.R. Nutritional Quality of Fruits and Vegetable Postharvest Handling: A Systems Approach / A.R. Vicente [et al.]. 2009. P. 57-106. <https://doi.org/10.13140/2.1.3302.4960>.
26. Beneficial phytochemicals in potato – a review / R. Ezekiel [et al.], // *Food Research International*. 2013. Vol. 50, No. 2. P. 487-496. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2011.04.025>.
27. Protein trypsin inhibitor from potato tubers / T.A. Revina [et al.] // *Biochemistry (Mosc)*. 2010. Vol. 75, No. 1. P. 36-40. <https://doi.org/10.1134/s0006297910010050>.
28. Beneficial effects of antioxidants in diabetes: possible protection of pancreatic beta-cells against glucose toxicity / H. Kanet [et al.] // *Diabetes*. 1999. Vol. 48, No. 12. P. 2398-2406. <https://doi.org/10.2337/diabetes.48.12.2398>.
29. Bury K., Śmietański M. Five-year results of a randomized clinical trial comparing a polypropylene mesh with a poliglecaprone and polypropylene composite mesh for inguinal

hernioplasty Hernia // Randomized Controlled Trial. 2012. Vol. 16, No. 5. P. 549-555. <https://doi.org/10.1007/s10029-012-0916-3>.

30. Janine A.H. Resistant starch: metabolic effects and potential health benefits // Journal of AOAC INTERNATIONAL. 2004. Vol. 87, No. 3. P. 761-768. <https://doi.org/10.1093/jaoac/87.3.761>.

31. Fuchs-Tarlovsky V. Role of antioxidants in cancer therapy / V. Fuchs-Tarlovsky // Nutrition. 2013. Vol. 29, No. 1. P. 15-21. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2012.02.014>.

32. Resistant starch analysis of commonly consumed potatoes: Content varies by cooking method and service temperature but not by variety / S.K. Raatz [et al.] // Food chemistry. 2016. Vol. 208. P. 297-300. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.120>.

33. Hodge J.E. Dehydrated Foods, Chemistry of Browning Reactions in Model Systems // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1953. Vol. 15, No. 1. P. 928-943. <https://doi.org/10.1021/jf60015a004>.

34. Ellis O.P. The maillard Reaction // Advances in Garbonhydrate Ghemistry, New York, Acad Press Inc. 1959. Vol. 14. P. 63-134.

35. Влияние термообработки на органолептические показатели сухого обезжиренного молока / И.М. Почицкая [и др.] // Известия Высших учебных заведений. Пищевая технология. 2018. № 5/6. С. 48-53. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2018.5-6.12>.

36. Моделирование взаимодействия редуцирующих сахаров с аминокислотами методом теории функционала плотности / И.М. Почицка [и др.] // Проблемы развития АПК региона. 2019. Т. 37, № 1. С. 243-251.

37. Litvyak V., Sysa A. A., Batyan V. Kravchenko Features of the formation of taste sensations // Ukrainian Food Journal. 2019. Vol. 8, No. 3. P. 597-619. <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2019-8-3-15>.

38. Атлас: иерархическая структура белковых веществ / В.В. Литвяк [и др.]. М.: ФЛИНТА, 2023. 297 с. ISBN 978-5-9765-5238-8.

REFERENCES

1. Bychkova T.S., Artemova E.N. Physiology of nutrition: a textbook for higher professional education. Orel: State University - UNPK, 2013. 163 p. [In Russ.]

2. Dzarasova M.A., Neyolova O.V. Proteins and their structural components, their biological role and application in medicine // Modern science-intensive technologies. 2014. Vol. 7, No. 2. P. 85. [In Russ.]

3. Sudhakararao G., Kiran G. Physiological Role of Proteins and their Functions in Human Body // International Journal of Pharma Research and Health Sciences. 2019. Vol. 7, No. 1. P. 2874-2878. <https://doi.org/10.21276/ijprhs.2019.01.02>.

4. Shenderov B.A. Functional nutrition and its role in the prevention of metabolic syndrome. Moscow: DeLi print, 2008. 319 p. [In Russ]

5. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange / D.J. Jenkins [et al.] // The American Journal of Clinical Nutrition. 1981. Vol. 34, No. 3. P. 362-366. <https://doi.org/10.1093/ajcn/34.3.362>.

6. Hattie H.H. Wright The glycaemic index and sports nutrition // South African Journal of Clinical Nutrition. 2005. Vol. 18, No. 3. P. 222-228. <https://doi.org/10.1080/16070658.2005.11734071>.

7. Balabolkin M.I., Klebanova E.M., Kreminskaya V.M. Differential diagnostics and treatment of endocrine diseases. Moscow: Medicine, 2002. 75 p. [In Russ.]

8. Dietary fiber, glycemic load, and risk of NIDDM in men / J. Salmeron [et al.] // Diabetes Care. 1997. Vol. 20, No. 4. P 545-550. <https://doi.org/10.2337/diacare.20.4.545>.

9. Englist H.N., S.N. Kingman, J.H. Cummings Classification and measurement of nutritional important starch fractions // *European Journal of Clinical Nutrition*. 1992. Vol. 46, No. 2. P. S33-46.
10. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products / I. Goni, L. [et al.] // *Food Chemistry*. 1996. Vol. 56, No. 4. P. 445-449. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)00222-7](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)00222-7).
11. Burton P., Lightowler N. The impact of freezing and toasting on the glycaemic response of white bread // *European Journal of Clinical Nutrition*. 2008. Vol. 62. P. 594-599. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602746>.
12. Fuentes-Zaragoza E., Sanchez-Zapata E., Sendra E. Resistant starch as prebiotic: A review // *Starch-Stärke*. 2011. Vol. 63. P. 406-415. <https://doi.org/10.1002/STAR.201000099>.
13. Son Trinh K., Jun Choi S. Structure and digestibility of debranched and hydrothermally treated water yam starch // *Starch-Stärke*. 2013. Vol. 65, No. 7/8. P. 679-685. <https://doi.org/10.1002/star.201200149>.
14. Lee Kw.Y., Lee S., Lee H.G. Influence of storage temperature and autoclaving cycles on slowly and resistant (RS) formation from partially debranched rice starch // *Starch-Stärke*. 2013. Vol. 65, No. 7/8. P. 694-701. <https://doi.org/10.1002/star.201200186>.
15. Resistant Starch: Promise for Improving Human Health / D.F. Birt [et al.] // *Advances in Nutrition*. 2013. Vol. 4, No. 6. P. 587-601. <https://doi.org/10.3945/an.113.004325>.
16. Sonia S., Ridwan R., Witjaksono F. Effect of cooling of cooked white rice on resistant starch content and glycemic response // *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*. 2015. Vol. 24, No. 4. P. 620-625. <https://doi.org/10.6133/apjcn.2015.24.4.13>.
17. Potatoes and risk of obesity, type 2 diabetes, and cardiovascular disease in apparently healthy adults: a systematic review of clinical intervention and observational studies / D. Borch [et al.] // *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2018. Vol. 104. P. 489-498. <https://doi.org/10.3945/ajcn.116.132332>.
18. Litvyak V.V. Potatoes and technologies of their deep processing / V.V. Litvyak [et al.]. M: FLINTA, 2021. 430 p. [In Russ.]
19. Dyakonov V.P. MATLAB 7.*/R2006/2007. Self-teaching guide. M.: DMK-Press, 2008. 768 p. [In Russ.]
20. Dyakonov V.P. MATLAB R2006/2007/2008 + Simulink 5/6/7. Basics of Application. – 2nd edition, revised and supplemented (professional library). Moscow: SOLON-Press, 2008. 800 p. [In Russ.]
21. A glycaemic index compendium of non-western foods / J.H. Christiani [et al.] // *Nutrition & Diabetes*. 2021. Vol. 11, No. 2. P. 1021-1023. <https://doi.org/10.1038/s41387-020-00145-w>.
22. American Diabetes Association Glycemic Targets: Standards of Medical Care in Diabetes – 2021 // *Diabetes Care*. 2021. Vol. 44, No. 1. P. S73-S84. <https://doi.org/10.2337/dc21-S006>.
23. Accu-Chek® Active. Internet information [Электронный ресурс]. 2024. Режим доступа: <https://www.accu-checkac.com/en/meter-systems/active>.
24. Camire M., Kubow S. Potatoes and human health / M. Camire, // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2009. Vol. 49, No. 10. P. 820-840. <https://doi.org/10.1080/10408390903041996>.
25. Vicente, A.R. Nutritional Quality of Fruits and Vegetable Postharvest Handling: A Systems Approach / A.R. Vicente [et al.]. 2009. P. 57-106. <https://doi.org/10.13140/2.1.3302.4960>.
26. Beneficial phytochemicals in potato – a review / R. Ezekiel [et al.], // *Food Research International*. 2013. Vol. 50, No. 2. P. 487-496. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2011.04.025>.
27. Protein trypsin inhibitor from potato tubers / T.A. Revina [et al.] // *Biochemistry (Mosc)*. 2010. Vol. 75, No. 1. P. 36-40. <https://doi.org/10.1134/s0006297910010050>.

28. Beneficial effects of antioxidants in diabetes: possible protection of pancreatic beta-cells against glucose toxicity / H. Kanet [et al.] // *Diabetes*. 1999. Vol. 48, No. 12. P. 2398-2406. <https://doi.org/10.2337/diabetes.48.12.2398>.
29. Bury K., Śmietański M. Five-year results of a randomized clinical trial comparing a polypropylene mesh with a poliglecaprone and polypropylene composite mesh for inguinal hernioplasty *Hernia // Randomized Controlled Trial*. 2012. Vol. 16, No. 5. P. 549-555. <https://doi.org/10.1007/s10029-012-0916-3>.
30. Janine A.H. Resistant starch: metabolic effects and potential health benefits // *Journal of AOAC INTERNATIONAL*. 2004. Vol. 87, No. 3. P. 761-768. <https://doi.org/10.1093/jaoac/87.3.761>.
31. Fuchs-Tarlovsky V. Role of antioxidants in cancer therapy / V. Fuchs-Tarlovsky // *Nutrition*. 2013. Vol. 29, No. 1. P. 15-21. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2012.02.014>.
32. Resistant starch analysis of commonly consumed potatoes: Content varies by cooking method and service temperature but not by variety / S.K. Raatz [et al.] // *Food chemistry*. 2016. Vol. 208. P. 297-300. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.120>.
33. Hodge J.E. Dehydrated Foods, Chemistry of Browning Reactions in Model Systems // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1953. Vol. 15, No. 1. P. 928-943. <https://doi.org/10.1021/jf60015a004>.
34. Ellis O.P. The maillard Reaction // *Advances in Garbonhydrate Ghemistry*, New York, Acad Press Inc. 1959. Vol. 14. P. 63-134.
35. The effect of heat treatment on the organoleptic properties of dry skim milk / I.M. Pochitskaya [et al.] // *News of Higher Educational Institutions. Food Technology*. 2018. No. 5/6. P. 48-53. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2018.5-6.12>. [In Russ.]
36. Modeling the interaction of reducing sugars with amino acids using the density functional theory method / I.M. Pochitska [et al.] // *Problems of development of the regional agro-industrial complex*. 2019. Vol. 37, No. 1. P. 243-251. [In Russ.]
37. Litvyak V., Sysa A. A., Batyan V. Kravchenko Features of the formation of taste sensations // *Ukrainian Food Journal*. 2019. Vol. 8, No. 3. P. 597-619. <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2019-8-3-15>.
38. Atlas: Hierarchical structure of protein substances / V.V. Litvyak [et al.]. Moscow: FLINTA, 2023. 297 p. ISBN 978-5-9765-5238-8. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Шилов Валерий Викентьевич, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологической медицины и радиобиологии «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета 220070, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Долгобродская, д. 23/1, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2716-4182>; e-mail: valery.shilov@gmail.com

Литвяк Владимир Владимирович, доктор технических наук, кандидат химических наук, доцент, ведущий научный сотрудник ВНИИ крахмала и переработки крахмалсодержащего сырья – филиал ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха», 140051, Российская Федерация, пос. Красково, Люберецкий р-н, Московская обл., ул. Некрасова, д. 11, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1456-9586>; e-mail: besserk1974@mail.ru, vniik@arrisp.ru

Журня Анна Александровна, кандидат технических наук, начальник отдела питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»; 220037, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Козлова, д. 29, e-mail: nurka8899@mail.ru

Росляков Юрий Федорович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры пищевой инженерии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет»; 350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1431-4804>; e-mail: lizaveta_ros@mail.ru

Окулова Татьяна Витальевна, научный сотрудник отдела питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», 220037, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Козлова, 29; e-mail: okulowa147@mail.ru

Мазур Анатолий Макарович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологий и механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»; 220012, Республика Беларусь, г. Минск, пр-т Независимости, 99

Valery V. Shilov, PhD (Biol.), Associate Professor, the Department of Environmental Medicine and Radiobiology, A.D. Sakharov International State Ecological Institute, the Belarusian State University; 220070, the Republic of Belarus, Minsk, 23/1, Dolgobrodskaya St., 23/1. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2716-4182>; e-mail: valery.shilov@gmail.com

Vladimir V. Litvyak, Dr Sci. (Eng.), PhD (Chem.), Associate Professor, Leading Researcher, All-Russian Research Institute of Starch and Processing of Starch-Containing Raw Materials A.G. Lorkh; 140051, Russian Federation, village Kraskovo, Lyuberetsky district, Moscow region, Nekrasova str., 11, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1456-9586>; e-mail: besserk1974@mail.ru, vniik@arrisp.ru

Anna A. Zhurnya, PhD (Eng.), Head of the Nutrition Department, the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Center for Food of the National Academy of Sciences of Belarus”; 220037, the Republic of Belarus, Minsk, 29 Kozlov St., e-mail: nurka8899@mail.ru

Yuri F. Roslyakov, Dr Sci. (Eng.), Professor, the Department of Food Engineering, Kuban State Technological University; 350072, the Russian Federation, Krasnodar, 2 Moskovskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1431-4804>; e-mail: lizaveta_ros@mail.ru

Tatiana V. Okulova, Researcher, the Nutrition Department, Scientific and Practical Center for Food of the National Academy of Sciences of Belarus, 29 Kozlov St., Minsk, 220037, the Republic of Belarus; e-mail: okulowa147@mail.ru

Anatoly M. Mazur, Dr Sci. (Eng.), Professor, the Department of Technologies and Mechanization of Animal Husbandry and Processing of Agricultural Products, the Belarusian State Agrarian Technical University; 220012, the Republic of Belarus, Minsk, 99 Nezavisimosti Ave

Заявленный вклад соавторов

Шилов Валерий Викентьевич – выдвинул идею проведения исследования, осуществлял планирование эксперимента, участвовал в подборе литературных источников и подборе методов исследования

Литвяк Владимир Владимирович – осуществлял планирование эксперимента, участвовал в подборе литературных источников, оформлял статью по требованию журнала

Журня Анна Александровна – проведение эксперимента, валидация данных.

Росляков Юрий Федорович – оформлял статью по требованию журнала, участвовал в подборе литературных источников

Окулова Татьяна Витальевна – проведение эксперимента, валидация данных

Мазур Анатолий Макарович – участвовал в подборе литературных источников, участвовал в написании статьи, проводил проверку правильности полученных результатов

Claimed contribution of the co-authors

Shilov V.V. – the idea of the research, planning the experiment, selection of literary sources and the selection of the research methods

Litvyak V.V. – planning the experiment, selection of literary sources, article design according to the requirements of the Journal

Zhurnya A.A. – conducting the experiment, validating the data

Roslyakov Yu.F. – article design according to the requirements of the Journal, selection of literary sources

Okulova T.V. – conducting the experiment, validating the data

Mazur A.M. – selection of literary sources, writing the article, correcting of the obtained results

Поступила в редакцию 14.04.2025

Поступила после рецензирования 16.05.2025

Принята к публикации 19.05.2025

Received 14.04.2025

Revised 16.05.2025

Accepted 19.05.2025