

УДК 664.22

Поступила в редакцию 22.11.2023
Received 22.11.2023

**М. Ю. Уложина, Л. В. Евтушевская, Н. Н. Петюшев,
Д. И. Гоман, О. Н. Станкевич**

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продоволь-
ствию», Минск, Республика Беларусь*

РАЗРАБОТКА НИЗКОБЕЛКОВЫХ БЕЗГЛЮТЕНОВЫХ КАРТОФЕЛЕПРОДУКТОВ И ВЛИЯНИЕ ИХ УПОТРЕБЛЕНИЯ НА ОРГАНИЗМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

Аннотация. В статье представлены данные научных исследований по разработке низкобелковых безглютеновых картофелепродуктов для питания людей, больных фенилкетонурией, целиакией и почечной недостаточностью. Описаны результаты исследований по показателям безопасности низкобелковых безглютеновых картофелепродуктов и доклинических испытаний влияния их употребления на организм лабораторных животных. Содержание фенилаланина в образцах составило до 50 мг на 100 г продукта.

Ключевые слова: фенилкетонурия, низкобелковые продукты, целиакия, глютен, диетотерапия, переработка картофеля, картофелепродукты, картофельный крахмал, снеки.

**M. Yu. Ulozhinova, L. V. Evtushevskaya, N. N. Petyushev,
D. I. Goman, O. N. Stankevich**

*RUE “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food”,
Minsk, Republic of Belarus*

DEVELOPMENT OF LOW-PROTEIN GLUTEN-FREE POTATO PRODUCTS AND THE EFFECT OF THEIR CONSUMPTION ON THE BODY OF LABORATORY ANIMALS

Abstract. The article presents data from research work on the development of low-protein, gluten-free potato products for feeding people with phenylketonuria, celiac disease and renal failure. The results of studies on the safety indicators of low-protein gluten-free potato products and preclinical tests of the effect of their consumption on the body of laboratory animals are presented. The phenylalanine content in the samples was up to 50 mg per 100 g of product.

Keywords: phenylketonuria, low-protein foods, celiac disease, gluten, diet therapy, potato processing, potato products, potato starch, snacks.

Введение. Одной из задач в профилактике и лечении таких врожденных заболеваний как целиакия и фенилкетонурия является разработка низкобелковых безглютеновых продуктов [1]. Основная цель лечения целиакии и фенилкетонурии — нормальное нейрокогнитивное и физическое развитие, а также психосоциальная адаптация пациента. Лучшим способом достижения этой цели является строгое соблюдение диетотерапии. Низкобелковая продукция представляет собой важный сегмент рынка, который обеспечивает потребителей качественными и здоровыми альтернативными продуктами.

Материалы и методы исследования. Показатели качества низкобелковых продуктов питания определяли по следующим методикам: массовую долю фенилаланина — по МВИ. МН. 1363-2000, массовую долю сырой клетчатки — по ГОСТ 13496.2-91. Определение показателей безопасности компонентов, входящих в состав низкобелковых продуктов питания, а также лабораторных образцов низкобелковых продуктов питания по микробиологическим показателям определяли по ГОСТ 31747, ГОСТ 30519, ГОСТ 31659, ГОСТ 10444.12, ГОСТ 10444.15. Содержание токсичных элементов — по СТБ 1313, ГОСТ 26927, ГОСТ 26930, ГОСТ 26932, ГОСТ 26933, ГОСТ 30178, ГОСТ 30538, пестицидов — гексахлорциклогексана (α , Я, γ -изомеров),

ДДТ и его метаболитов — по ГОСТ 30349, нитратов — по ГОСТ 29270, содержание радионуклидов — по ГОСТ 32161. Отбор и подготовка проб — по ГОСТ 28741, СТБ 1036 и СТБ 1053, подготовка проб для определения содержания токсичных элементов — по ГОСТ 26929.

Результаты исследований и их обсуждение. Отказ от ряда высокобелковых глютенсодержащих натуральных продуктов, в том числе обычных крупяных, макаронных, хлебобулочных изделий, связанный с лимитом потребления фенилаланина и глютена, обедняет рационы больных, не дает возможности обеспечить разнообразный рацион, достаточный объем блюд и необходимую энергетическую ценность. Применение специализированных низкобелковых продуктов в низкофенилаланиновой диете очень важно, так как по мере роста ребенка их доля в энергетической ценности рациона увеличивается с 5 до 25%. С целью расширения ассортимента продуктов для больных фенилкетонурией старше года в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» были созданы отечественные низкобелковые полуфабрикаты на основе крахмалов: макаронные и крупяные изделия, сухие смеси для выпечки хлебобулочных и кондитерских изделий. Проведены исследования по подбору рецептурных ингредиентов, определению соотношений ингредиентов низкобелковых безглютеновых картофелепродуктов — снеков и их полуфабриката — пеллет (рис. 1).

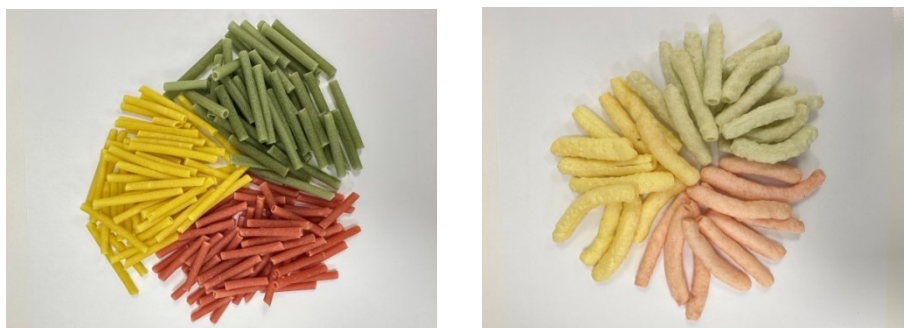


Рис. 1. Низкобелковые безглютеновые картофелепродукты
Fig. 1. Low protein gluten-free potato products

В Республиканском контрольно-испытательном комплексе по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» проведены исследования по определению массовой доли клетчатки и фенилаланина, а также показателей безопасности. Краткие результаты исследований отражены в табл. 1, 2.

Таблица 1. Содержание клетчатки и фенилаланина в низкобелковых безглютеновых картофелепродуктах

Table 1. Fiber and phenylalanine content in low-protein gluten-free potato products

№ п/п	Наименование продукта	Массовая доля клетчатки, %	Массовая доля фенилаланина, мг/100 г
1	Продукт картофельный низкобелковый со шпинатом	1,3	48,97
2	Продукт картофельный низкобелковый с луком	1,4	34,45
3	Продукт картофельный низкобелковый с луком и куркумой	1,2	43,67
4	Продукт картофельный низкобелковый с паприкой	2,2	49,45

Расчетное содержание глютена во всех образцах — менее 20 мг/100 г, т.к. все компоненты рецептурного состава не содержат глютен. Однако для сохранения данного параметра должны быть соблюдены требования при производстве безглютеновых продуктов — отдельная линия, на которой не производятся глютенсодержащие продукты.

Анализ результатов, представленных в табл. 1 и 2 показал, что все разработанные специализированные продукты питания соответствуют требованиям СанПиН ГН от 21.06.13 г. №52, ТР ТС 021/2011 по проверенным показателям, безопасный уровень содержания фенилаланина и могут быть рекомендованы в качестве специализированных продуктов питания. Таким образом, все представленные образцы новых видов картофелепродуктов соответствуют требованиям нормативной документации на конкретный вид продукции.

Таблица 2. Показатели безопасности низкобелковых безглютеновых картофелепродуктов
Table 2. Safety indicators of low-protein gluten-free potato products

№ п/п	Наименование показателя	Картофелепродукт (снеки-пеллеты)			
		рифленый со шпинатом	рифленый с луком	трубочка с луком и куркумой	трубочка с паприкой
I	Токсичные элементы				
1	Свинец	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
2	Кадмий	0,01	<0,01	<0,01	0,01
3	Ртуть	0,007	0,022	0,010	0,011
4	Мышьяк	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
II	Радиометрические исследования				
1	Удельная активность цезия-137, Бк/кг	<24	<20	<20	<22
III	Микробиологические показатели				
1	КМАФАнМ, КОЕ/г	4 x 10	2 x 10 ²	2,3 x 10 ³	5 x 10
2	Патогенные, в т.ч. сальмонеллы	в 25,0 г не обнаружено			
3	БГКП (колиформы)	В 0,1 г не обнаружено			
4	Плесени, КОЕ/г	2 x 10	<1 x 10	<1 x 10	<1 x 10
IV	Пестициды, мг/кг				
1	ГХЦГ (α-, β-, γ-изомеры)	не обнаружено (<0,001)			
2	ДДТ и его метаболиты	не обнаружено (<0,003)			
V	Содержание нитратов, мг/кг	169	76	76	106

Для установления влияния употребления низкобелковых картофелепродуктов на организм проведены доклинические исследования на лабораторных животных. Исследования проводились ГНУ «Институт биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси». Работа выполнялась на крысах-самцах Wistar в возрасте 1,5–2 месяца массой 180–210 г и мышьях-самцах ICR в возрасте 1,5–2 месяца средней массой 19–23 г. Лабораторные животные предварительно были взвешены и рандомизированы на 5 групп. Общее количество крыс — 35 (по 7 животных в каждой группе), мышей — 25 (по 5 животных в каждой группе). Животным ежедневно на протяжении 30 дней (крысы) и 21 дня (мыши) в корм добавляли образцы снеков №1–4. Эксперимент проводился по следующим критериям, представленным на рис. 2.

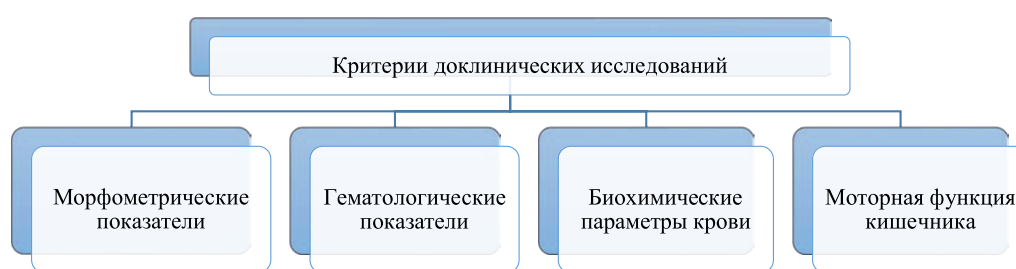


Рис. 2. Критерии доклинических исследований
Fig. 2. Criteria for preclinical studies

Морфометрические показатели. Общее состояние крыс, получавших низкобелковые безглютеновые картофелепродукты, было в пределах нормы. У животных, находящихся на обычном питании, за 30 дней прибавка в весе составила 14 %, а у животных, употреблявших в пищу исследуемые образцы, вес увеличился на 20–26 %. Анализ абсолютной массы сердца, почек, печени и селезенки животных показал, что исследуемые образцы не оказывают существенное влияние на органы. Анализ относительной массы различных органов также не показал статистических различий между контрольной и опытными группами. Все исследуемые образцы снеков не вызывают патологических нарушений индексов таких органов, как сердце, печень, почки и селезенка у крыс. Тест предельного плавания зафиксировал увеличение физической выносливости и работоспособности экспериментальных животных.

Гематологические показатели. Анализ состояния метаболических процессов в организме контрольных и опытных животных показал, что все исследуемые показатели крови находятся в пределах физиологических норм. Результаты эксперимента свидетельствуют об отсутствии повреждающего действия длительного употребления различных видов снеков-пеллетов на гемопоэз и свойства крови, что подтверждается стабильным уровнем форменных элементов крови.

Биохимические параметры крови. В пробах сыворотки крови обнаруживается стабильность концентрации общего белка и альбумина у крыс, употреблявших в пищу разработанные продукты питания, что указывает на стабильность белковообразующей функции печени. Биохимические показатели уровня билирубина в сыворотке крови экспериментальных животных были стабильными. Уровень глюкозы у самцов крыс опытных вариантов в течение 30 дней находился в интервале от $9,13 \pm 0,32$ до $10,01 \pm 0,39$ ммоль/л, что свидетельствует об отсутствии нежелательного побочного действия изделий на функциональное состояние печени и поджелудочной железы. Содержание триглицеридов в крови у крыс, в рационе которых преобладал образец №1 (снеки низкобелковые безглютеновые со шпинатом) достоверно снизилось до $1,09 \pm 0,08$ ммоль/л по сравнению с животными контрольной группы — $1,41 \pm 0,09$ ммоль/л ($p \leq 0,05$). Таким образом, в результате проведенного биохимического исследования было выявлено положительное влияние низкобелковых картофелепродуктов на нормализацию обменных процессов в организме, что выражалось в снижении уровня триглицеридов в крови крыс и повышении уровня липопротеидов высокой плотности.

Изучение влияния употребления снеков в пищу показало, что разработанные продукты не вызывают никаких дисфункций тонкого кишечника. Установлено, что у животных, употреблявших в пищу ассорти снеков, наблюдалось снижение значения индекса локомоторной активности тонкого кишечника и более длительного усвоения питательных веществ. У животных, употреблявших в пищу монообразцы снеков, наблюдалась тенденция к незначительному усилению моторной функции кишечника, не влияющая на общее физиологическое состояние животных.

Заключение. Проведены исследования разработанных низкобелковых безглютеновых продуктов по показателям безопасности и проанализированы результаты доклинических испытаний влияния их употребления на организм лабораторных животных. Исследования образцов подтверждает, что все разработанные специализированные продукты питания соответствуют требованиям СанПиНиГН от 21.06.13 г. № 52, ТР ТС 021/2011 по проверенным показателям. Доклинические лабораторные испытания показали, что длительное введение в пищевой рацион низкобелковых картофелепродуктов не изменяет функционального состояния важнейших органов и систем организма подопытных животных. Разработанные продукты питания не вызывают патологических нарушений веса животных и не влияют на индекс внутренних органов (сердце, печень, почки, селезенка). Употребление в пищу снеков-пеллетов не оказывает отрицательного влияния на моторную функцию тонкого кишечника, не вызывает никаких дисфункций тонкого кишечника. Низкобелковые картофелепродукты (снеки-пеллеты) при дополнительном введении в рацион питания проявляют выраженную способность повышать физическую работоспособность и выносливость к экстремальной физической нагрузке. Оценка биохимических показателей крови продемонстрировала положительное влияние употребления снеков-пеллетов на нормализацию обменных процессов в организме — регуляцию липидного обмена, что выражалось в снижении уровня триглицеридов и повышению липопротеидов высокой плотности в крови крыс. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования низкобелковых картофелепродуктов, позволяют рекомендовать их в качестве продуктов питания различных возрастных категорий населения.

Список использованных источников

1. Уложниова, М. Ю. Разработка новых видов низкобелковых безглютеновых картофелепродуктов со сниженным содержанием жира / М. Ю. Уложниова // Молодежь в науке — 2023 : тезисы докладов XX Международной научной конференции молодых ученых (Минск, 20–22 сентября 2023 г.) : аграрные, биологические, гуманитарные науки и искусства, медицинские, физико-математические, физико-технические, химия и науки о Земле / Нац. акад. наук Беларуси, Совет молодых ученых ; редкол.: В. Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. — Минск: Беларуская навука, 2023. — С. 83–85.
2. Моргунова, Е. М. Потребительские предпочтения в отношении специализированных продуктов питания / Е.М. Моргунова, Ю.А. Шимановская // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2022. — №3 (57). — С. 40–46.

3. *Воронович, С. А.* Проблемные вопросы заболеваемости фенилкетонурией / Воронович С. А., Ященко Д. С., Борсук С. В. — Гомель: Учреждение образования «Гомельский государственный медицинский университет», 2019. — С. 21–23.
4. *Петюшев, Н. Н.* Компонентный состав низкобелковых продуктов питания для детей, страдающих фенилкетонурией / Н.Н. Петюшев, А.В. Садовская, Ю.С. Усеня // Наука, питание и здоровье : материалы II Международного конгресса (Минск, 3-4 октября 2019 г.). — Минск : Беларуская навука, 2019. — С. 179–184.
5. *Саванович, И. И.* Лечебное питание при непереносимости глютена у детей : учеб.-метод. пособие / А. В. Сикорский. — Минск : БГМУ, 2013. — 26 с.
6. Специализированные продукты лечебного питания для детей с фенилкетонурией. Методическое письмо Министерства здравоохранения Российской Федерации от 24.07.2012 № 15-1/10/2-836.
7. *Шоломицкая, И.А.* Глютенная энтеропатия : учеб.-метод. пособие / И. А. Шоломицкая, Н. В. Капранов. — Минск : БГМУ, 2010. — 18 с.

Информация об авторах

Уложнинова Марина Юрьевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, д.29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: ml0510@mail.ru

Евтушевская Людмила Владимировна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, д.29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: olishenia@mail.ru

Петюшев Николай Николаевич, кандидат технических наук, начальник отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, д.29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: petushev@belproduct.com

Гоман Дмитрий Иосифович, научный сотрудник отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, д.29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: goman1191@gmail.com

Станкевич Ольга Николаевна, инженер-технолог отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, д.29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: potato@belproduct.com

Information about authors

Ulozhinova Marina Yurievna, PhD (Engineering), senior researcher of the technology department for products from root crops of the RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (st. Kozlova, 29, 220037, Minsk, Republic of Belarus)

E-mail: ml0510@mail.ru

Evtushevskaya Lyudmila Vladimirovna, PhD (Engineering), senior researcher of the department of technologies for products from root crops of the RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova St., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: olishenia@mail.ru

Petyushev Nikolay Nikolaevich, PhD (Engineering), head of the department of technology for products from root crops of the RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: petushev@belproduct.com

Dmitry Iosifovich Goman, research associate of the technology department for products from root crops of the RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (Kozlova str., 29, 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: goman1191@gmail.com

Olga Nikolaevna Stankevich, process engineer of the technology department for products from root crops of the RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29 Kozlova St., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: potato@belproduct.com