

УДК 664.8:633.11:531.133.1

Медико-биологическая оценка нового консервированного продукта из пророщенного зерна пшеницы

М. Л. Зенькова

Белорусский государственный
экономический университет, г. Минск,
Беларусь

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Зенькова Мария Леонидовна

E-mail: mariya_lz@mail.ru

ЗАЯВЛЕНИЕ О ДОСТУПНОСТИ ДАННЫХ:

данные текущего исследования

доступны по запросу

у корреспондирующего автора.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Зенькова, М.Л. (2023). Медико-биологическая оценка нового консервированного продукта из пророщенного зерна пшеницы. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (3), 68-81.

<https://doi.org/10.36107/spfp.2023.452>

ПОСТУПИЛА: 17.04.2023

ПРИНЯТА: 15.09.2023

ОПУБЛИКОВАНА: 30.09.2023

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

авторы сообщают об отсутствии
конфликта интересов.



АННОТАЦИЯ

Введение: Эксперимент *in vivo* на лабораторных животных позволяет оценить безопасность нового консервированного продукта из пророщенного зерна пшеницы и его эффективность при употреблении в пищу на модели гиперлипидемии для профилактики алиментарно-зависимых заболеваний. Данные исследования позволяют сформировать гипотезу о полезности нового продукта для организма человека.

Цель: Изучить влияние нового консервированного продукта «Зерна пророщенные (пшеница)» на состояние органов и систем организма лабораторных животных при экспериментальной гиперлипидемии, определить гликемический индекс нового пищевого продукта.

Материалы и методы: Эксперимент проводили на 34 крысах линии Wistar в возрасте 1,5–2 месяцев массой 180–200 г и 36 мышах ICR. Экспериментальная модель гиперлипидемии была поставлена путем использования гипержировой диеты в течение 35 сут. Доля простых липидов в рационе была увеличена до 40 %. Крысы были разделены на 3 группы: группа № 1 контроль (стандартный рацион вивария), группы № 2 и № 3 — на гиперлипидемической диете.

Результаты: Проведен эксперимент *in vivo* по влиянию консервированного пророщенного зерна пшеницы на морфометрические показатели и работоспособность лабораторных животных, показатели крови и на моторную функцию тонкого кишечника. Подтверждена безопасность использования продукта в составе диет с повышенным содержанием пищевых волокон. Изучено влияние нового продукта на повышение уровня глюкозы в крови после его употребления. Показано, что в условиях экспериментальной гиперлипидемии, длительное употребление консервированного пророщенного зерна пшеницы не изменяет функционального состояния органов и систем организма лабораторных животных, способствует нормализации и снижению их веса, повышению физической выносливости и работоспособности. Экспериментально доказано положительное влияние на нормализацию обменных процессов за счет снижения уровня холестерина, триглицеридов, липопротеидов низкой плотности и глюкозы в крови. При употреблении консервированного пророщенного зерна пшеницы наблюдалась тенденция к усилению моторной функции тонкого кишечника. Определен гликемический индекс исследуемого пищевого продукта.

Выводы: Использование консервированного пророщенного зерна в пищу или для составления блюд является эффективным способом профилактики нарушений метаболических процессов при воздействии гиперкалорийного питания. Полученные результаты позволяют рекомендовать консервы «Зерна пророщенные (пшеница)» в качестве продукта питания для различных возрастных категорий населения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

доклинические исследования, лабораторные животные, гиперлипидемия, пророщенное зерно, консервы, безопасность, гликемический индекс

Medical-Biological Evaluation of a New Canned Product from Sprouted Wheat

Belarusian State Economic University,
Minsk, Belarus

Maria L. Zenkova

CORRESPONDENCE:

Maria L. Zenkova

E-mail: mariya_lz@mail.ru

FOR CITATIONS:

Zenkova, M.L. (2023). Medical-Biological evaluation of a new canned product from sprouted wheat. *Storage and Processing of Farm Products*, (3), 68-81. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.452>

RECEIVED: 17.04.2023

ACCEPTED: 15.09.2023

PUBLISHED: 30.09.2023

DECLARATION OF COMPETING

INTEREST: none declared.



ABSTRACT

Background: An in vivo experiment on laboratory animals allows us to evaluate the safety of a new canned product made from sprouted wheat grain and its effectiveness when consumed in a model of hyperlipidemia for the prevention of nutrition-related diseases. These studies allow us to form a hypothesis about the usefulness of the new product for the human body.

Purpose: To study the effect of the new canned product “Sprouted grains (wheat)” on the state of organs and body systems of laboratory animals with experimental hyperlipidemia, to determine the glycemic index of the new food product.

Materials and Methods: The experiment was carried out on 34 Wistar rats aged 1.5–2 months weighing 180–200 g and 36 ICR mice. An experimental model of hyperlipidemia was established by using a hyperfat diet for 35 days. The proportion of simple lipids in the diet was increased to 40 %. The rats were divided into 3 groups: group No. 1 control (standard vivarium diet), groups No. 2 and No. 3 — on a hyperlipidemic diet.

Results: An in vivo experiment was conducted on the effect of canned sprouted wheat grain on the morphometric parameters and performance of laboratory animals, blood parameters and on the motor function of the small intestine. The safety of using the product as part of diets with a high dietary fiber content has been confirmed. The effect of the new product on increasing blood glucose levels after its consumption was studied. It has been shown that in conditions of experimental hyperlipidemia, long-term consumption of canned sprouted wheat grain does not change the functional state of the organs and body systems of laboratory animals, helps to normalize and reduce their weight, increase physical endurance and performance. A positive effect on the normalization of metabolic processes by reducing the level of cholesterol, triglycerides, low-density lipoproteins and glucose in the blood has been experimentally proven. When consuming canned sprouted wheat grain, there was a tendency to increase the motor function of the small intestine. The glycemic index of the food product under study was determined.

Conclusion: The use of canned sprouted grains for food or for preparing dishes is an effective way to prevent metabolic disorders caused by hypercaloric nutrition. The results obtained allow us to recommend canned food “Sprouted grains (wheat)” as a food product for various age categories of the population.

KEYWORDS

preclinical studies, laboratory animals, hyperlipidemia, sprouted grains, canned food, safety, glycemic index

ВВЕДЕНИЕ

Пророщенные зерна злаковых культур и семена растений, являясь естественным источником пищевых веществ, употребляются в пищу как самостоятельно, так и в составе блюд, как один из ингредиентов, повышая их пищевую ценность. В настоящее время пророщенные зерна являются основой для производства многих продуктов питания, а также используются для диетического лечебного и диетического профилактического питания (Погожева с соавт., 2006; Пономарева с соавт., 2016; Benincasa et al., 2019; Демидова & Галиева, 2007; Зенькова с соавт., 2020; Зенькова с соавт., 2014; Цурцумия с соавт., 2016; Bantle et al., 2008; Lairon, 2007). В научных работах имеются сведения о пользе пророщенного зерна, основанные на причинно-следственных связях, описанных в литературе (Шаршунов с соавт., 2016; Lemmens et al., 2018). Но эти данные не дают достаточную информацию о полезных свойствах пророщенного зерна. Их полезность и безопасность должны быть оценены в исследованиях *in vivo*.

В публикациях, посвященных медико-биологическим исследованиям пищевых продуктов, приводится новая информация о безопасности, пищевой ценности, степени усвоения, эффективности и путях действия отдельных компонентов продуктов питания. Большинство исследований проводятся на грызунах и только некоторые на людях (Устинова с соавт., 2005; Цед с соавт., 2012; Мельникова с соавт., 2017; Мельникова с соавт., 2018). Имеются сведения о влиянии высушенного пророщенного зерна гречихи на усвояемость жиров и морфологические параметры лабораторных животных (Molska et al., 2023). Доклинические исследования являются важным этапом и направлены на оценку безопасности новых продуктов и изучения их влияния на организм лабораторных животных и, следовательно, людей. Исследования по влиянию консервированного пророщенного зерна на организм лабораторных животных ранее не проводились.

Цель исследования — изучить гликемический индекс и влияние нового продукта «Зерна пророщенные (пшеница)» на организм лабораторных животных. Для достижения цели необходимо: (1) изучить морфологические показатели лабораторных животных, употреблявших в пищу консервированные пророщенные зерна пшеницы; (2) изучить гема-

тологические и биохимические показатели крови лабораторных животных; (3) изучить влияние консервированных пророщенных зерен пшеницы на работоспособность и выносливость лабораторных животных; (4) изучить влияние консервированных пророщенных зерен пшеницы на изменение уровня глюкозы в крови лабораторных животных; (5) изучить влияние консервированных пророщенных зерен пшеницы на моторную функцию тонкого кишечника лабораторных животных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования

Объектом исследования служили консервы из пророщенного зерна пшеницы «Зерна пророщенные (пшеница)», изготовленные в промышленных условиях по ТУ ВУ 70036606.132–2021 «Консервы «Зерна пророщенные». Технические условия». Предварительно консервы вскрывались, жидкая часть отделялась в течение 3 мин. свободным стеканием и для исследований использовались консервированные пророщенные зерна пшеницы (белок 4,2 %, жир 0,1 %, углеводы 20,9 %, пищевые волокна до 4,7 %) (Зенькова и др., 2014; 2020).

Эксперимент проводился на крысах-самках линии Wistar в возрасте 1,5–2 мес. массой 180–200 г и мышах ICR (виварий Института биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси). Лабораторные животные предварительно были взвешены и рандомизированы на 3 группы: 1-я контрольная (14 животных); 2 и 3-я с экспериментальной гиперлипидемией (общее количество крыс — 20). Животные содержались в контролируемых условиях окружающей среды (18–22°C и относительной влажности воздуха 50–70%). Световой режим составлял 12 ч. света и 12 ч. темноты. Перед кормлением животных выдерживали в карантинных условиях в течение двух недель.

Исследования проводились в соответствии с «Международными рекомендациями (этический кодекс) по проведению медико-биологических исследований с использованием животных», разработанным и опубликованным в 1985 году Советом международных научных организаций и «Европейской конвенцией о защите позвоночных животных, исполь-

зубных для экспериментов или в иных научных целях» от 18 марта 1986 г.

Методы

Экспериментальная гиперлипидемия

В течение 35 сут. животным опытных групп 2 и 3 вводили в пищу Cholesterol (Sigma, Германия) в дозе 500 мг/кг, растворенный в подогретом свином жире. Общее количество жира составило 3,5 г на крысу в сут., в результате чего доля простых липидов в рационе была увеличена до 40%. Жир расплавлялся на плитке в термостойком стакане, туда вносился взвешенный порошкообразный Cholesterol, затем производилось смешивание со свежеприготовленной пищей, от которой предварительно отбиралось 25,2 г от нормы на клетку, чтобы общий вес пищи сохранялся постоянным. Данные, включенные в публикацию, были получены на группах крыс: вариант 1 — контрольные животные содержались на стандартном корме; вариант 2 — животные содержались на гиперлипидемической диете; вариант 3 — животные содержались на гиперлипидемической диете.

С целью исследования эффективности диетотерапии с содержанием пищевых волокон, на 36 сутки животных 2 и 3 группы переводили на стандартный рацион вивария с добавлением консервированных пророщенных зерен пшеницы, на котором они находились в течение 30 суток. Количество консервированных пророщенных зерен пшеницы в рационе группы 2 составляло 2,8 г/крысу, что соответствовало суточной норме потребления пищевых волокон. Количество консервированных пророщенных зерен пшеницы в рационе группы 3 составляло 8 г/крысу, что соответствовало повышенному содержанию пищевых волокон.

Изучение морфометрических показателей лабораторных животных

Изучали морфометрические показатели (массу тела, абсолютную и относительную массы органов). Животных взвешивали на весах Scout Pro модели SPU202. Взвешивание производилось раз в неделю, натощак, в утреннее время. Выделяли следующие органы: печень, селезенку, тимус. Органы взвешивали на электронных весах Explorer модели EP214. Весовые индексы органов рассчитывались как отношение массы органов к массе тела животных

в день выведения крыс из эксперимента по (Рыбакова с соавт., 2015).

Определение биохимических показателей крови крыс

Проводили на автоматическом анализаторе «Hitachi-902» (Швейцария), адаптированном к реактивам «Rosh Diagnostics» (Германия) и «P.Z.Company» (Польша). Биохимический анализ крови включал определение следующих показателей: общий белок, альбумин, щелочная фосфатаза, аланинаминотрансфераза, аспартатаминотрансфераза, холестерин, липопротеиды низкой и высокой плотности, триглицериды, глюкоза, билирубин. Забор крови у животных для биохимического анализа проводили через 35 и 65 сут. содержания на диете.

Определение гематологических показателей крови крыс

Проводили на анализаторе URIT-VET PLUS 300 (Китай). Забор крови для гематологических исследований осуществляли через 30 сут. Определяли количество эритроцитов ($\times 10^{12}/л$), лейкоцитов ($\times 10^9/л$), лимфоцитов ($\times 10^9/л$), тромбоцитов ($\times 10^9/л$), средний объем тромбоцитов (ng), тромбоциты %, величину гематокрита (%), концентрацию гемоглобина (г/л), средний объем эритроцитов (мкм³), количество лимфоцитов (%), моноцитов (%), гранулоцитов (%), среднее содержание гемоглобина в эритроците (pg), среднюю концентрацию гемоглобина в эритроците (г/л).

Изучение работоспособности в условиях по тесту Порсолта

Проводили в соответствии с (Каркищенко с соавт., 2011) с нагрузкой 10% от массы животного в виде набора металлических колец, которые прикрепляли к хвосту с помощью эластичного резинового кольца. Исследование проводилось в стандартных условиях (утренние часы, обычный уровень освещения), в бассейне с температурой воды (28 ± 2) °C. Животных рандомизировали в группы по исходным значениям выносливости, а также адаптировали к условиям эксперимента, что позволило создать выборки данных в корректных условиях и устранить возможное влияние индивидуальных особенностей отдельных животных на результаты эксперимента.

Изучение моторной функции тонкого кишечника

Влияние консервированных пророщенных зерен пшеницы на моторную функцию тонкого кишечника изучали на ненаркотизированных мышах ICR обоих полов (самцы и самки) ($n = 36$, по 6 особей в группе), которых брали в опыт через 4 ч после кормления зерновой смесью. За 1 ч до опыта убирали воду. О сократительной активности тонкого кишечника у мышей судили по скорости продвижения контрастной массы по кишечнику в течение 20 мин после введения последней в желудок с помощью зонда. В качестве контрастной массы использовали 0,5 % раствор гуммиарабика (Chemapol, Чехия) с феноловым красным (Poch, Польша).

В эксперименте по изучению моторной функции тонкого кишечника формировались три группы из самок и три группы из самцов. Первая группа получала 0,5 % раствор гуммиарабика, вторая (группа сравнения) — батон с 0,5 % раствором гуммиарабика, третья (экспериментальная группа) — измельченные консервированные пророщенные зерна пшеницы с 0,5 % раствором гуммиарабика. Через 20 мин после введения контрастной массы и исследуемого продукта с контрастной массой в эквивалентном объеме, мышей подвергали эвтаназии в соответствии с (Рыбакова & Макарова, 2015) и извлекали тонкий кишечник в соответствии с (Коптяева с соавт., 2018). Скорость продвижения контрастной массы по кишечнику определяли по отношению длины участка тонкого кишечника, по которому прошла контрастная масса ко всей длине тонкого кишечника. Усиление или торможение моторной функции тонкого кишечника оценивали по величине эффекта, выраженного в процентах.

Гликемический индекс

У животных всех групп после 18-часовой пищевой депривации определяли концентрацию глюкозы в крови, затем в течение 30 мин животным скармливали образцы консервированных пророщенных зерен пшеницы при свободном доступе (из расчета — 30 г на особь). Забор крови осуществляли через 30, 60, 90 и 120 мин индивидуально. За эталон был принят контрольный образец глюкозы (3 г/кг), гликемический индекс которого был принят равным 100 единицам. Расчет площадей под гликемическими кривыми, полученными в ходе исследований, проводили по методике, описанной в (Wolever

& Jenkins, 1986) с использованием следующей формулы, при условии, что последняя точка гликемии (120 мин.) располагалась выше базального уровня:

$$S = \left(A + \frac{B}{2} \right) \cdot t + (B + C) \cdot \frac{T}{2} + (C + D) \cdot \frac{T}{2} \quad (1)$$

где A, B, C, D — прирост глюкозы крови, т.е. разница между ее базальным уровнем и содержанием в исследованные промежутки времени;

t, T — разные временные интервалы между взятиями образцов крови.

На основании полученных данных рассчитывали гликемический индекс консервов «Зерна пророщенные (пшеница)».

Анализ данных

Статистическую обработку проводили с использованием программы Excel. Достоверность оценивали по критерию t -Стьюдента с учетом дисперсии (F -тест), параметрического статистического метода при помощи программы Statistica 6,0. Критический уровень статистической значимости при проверке статистических гипотез принимали равным 0,05. Данные представляли в виде $X \pm S_x$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Общее состояние крыс, которые содержались на стандартном корме и в условиях экспериментальной гиперлипидемии, было в пределах нормы. Все животные полностью и с удовольствием поедали корм (Рисунок 1).

Регистрацию массы тела животных проводили каждые 7 сут. (Таблица 1). Данные, представленные в Таблице 1, показывают, что самки опытной и контрольной групп в начале эксперимента достоверно не отличались между собой по исходной массе тела. Увеличение массы тела в течение 35 сут. было отмечено во всех 3-х группах животных. Начиная с 7 сут. у животных 2 и 3 экспериментальных групп, получавших высококалорийную пищу, наблюдалось увеличение массы тела, по сравнению с контрольными животными, которые находились на обычном питании. На 35 сут. исследования масса тела

Рисунок 1

Кормление крыс во время эксперимента



крыс 2 и 3 групп была больше в среднем на 13% по сравнению с контролем.

С целью повышения эффективности диетотерапии была применена диета, обогащенная пищевыми волокнами, и оценена ее эффективность. Предварительно было установлено количество пищевых волокон, содержащихся в рационах. Животные групп № 2 и № 3 после 35 сут. были переведены на стандартный рацион вивария с добавлением консервированных пророщенных зерен пшеницы в разных дозах. После 30 сут. содержания на этой диете вес животных групп № 2 и № 3 стабилизировался и не отличался от веса контрольных животных (Таблица 2). При этом вес крыс группы № 2, употреблявших в пищу пророщенные зерна в дозе 2,8 г/крысу в день, уменьшился в среднем на 5%, а вес крыс группы № 3, употреблявших в пищу пророщенные зерна в дозе 8 г/крысу — на 7,9%. Полученные данные согласуются с мнением других исследователей, которые указывают на то, что употребления пищевых волокон приводит к стабилизации массы

Таблица 1

Динамика массы тела крыс при экспериментальной гиперлипидемии

Группы животных	Масса тела, г					
	1 сутки	7 сутки	14 сутки	21 сутки	28 сутки	35 сутки
Группа № 1 контроль (n = 14)	190,00 ± 4,50	209,30 ± 4,29	212,10 ± 5,65	225,0 ± 4,77	231,40 ± 6,79	234,00 ± 4,29
Группа № 2 (n = 10)	190,00 ± 4,63	215,70 ± 5,71	219,30 ± 5,92	250,0 ± 3,73	254,30 ± 4,12*	265,40 ± 4,92*
Группа № 3 (n = 10)	190,00 ± 3,09	220,00 ± 3,45	220,70 ± 4,93	245,0 ± 3,12	255,70 ± 5,11*	266,10 ± 5,47*

Примечание. * — различия статистически достоверны, $P < 0,05$ по сравнению с контролем.

Таблица 2

Динамика массы тела крыс после смены диеты

Группы животных	Масса тела, г					
	1 сутки	7 сутки	14 сутки	21 сутки	28 сутки	30 сутки
Группа № 1 контроль (n = 7)	234,00 ± 4,29	240,7 ± 7,02	245,7 ± 7,59	248,7 ± 6,41	250,9 ± 5,08	250,4 ± 5,54
Группа № 2 пророщенные зерна 2,8 г/крысу/сут. (n = 7)	265,40 ± 4,92	260,0 ± 6,04	255,0 ± 6,24	254,0 ± 8,86	254,0 ± 6,67	253,0 ± 5,80
Группа № 3 пророщенные зерна 8 г/крысу/сут. (n = 7)	266,10 ± 5,47	260,0 ± 6,28	255,0 ± 6,00	250,0 ± 7,18	246,0 ± 6,18	245,0 ± 7,18

тела (Lairon, 2007; Демидова с соавт., 2007; Цурцумия с соавт., 2016). Таким образом, 30-ти дневное употребление консервированного пророщенного зерна пшеницы, способствует нормализации и снижению веса животных с экспериментальной гиперлипидемией.

В ходе исследования была проведена оценка относительной (к весу тела) массы органов животных. Оценка относительной массы органов животных представляет собой объективный показатель, который используется для интегральной характеристики общетоксического действия различных веществ. Отражая, в некоторой степени, физиологическое состояние организма, абсолютные и относительные массы органов тела нередко изменяются под воздействием ряда внешних факторов. Анализ относительной массы сердца, печени, селезенки и почек контрольных животных (группа 1) и животных опытных вариантов (группы 2 и 3), не показал достоверных различий.

На модели физиологической нагрузки было продемонстрировано увеличение физической выносливости и работоспособности экспериментальных животных (крысы), находившихся на 30 дневной диете с различным содержанием консервированных пророщенных зерен пшеницы по сравнению с контрольной группой (Таблица 3). При наблюдении во всех группах крысы плавали с одинаковой интенсивностью.

Как следует из приведенных в Таблице 3 результатов экспериментальных исследований, значения

Таблица 3

Длительность плавания крыс с грузом после употребления консервированных пророщенных зерен пшеницы

Группы животных	Вес животных, г	Время плавания, сек.
Группа №1 (контроль) (n =7)	250,85±5,08	800,20±22,69
Группа №2 (n =7)	254,00±6,67	748,33±28,92
Группа №3 (n =7)	246,00±6,18	1447,80±21,65*

Примечание. * – достоверные отличия от контроля при $P < 0,01$.

группы № 1 (контроль) и группы № 2 статистически не различаются с учетом ошибки, в отличие от группы № 3. Время плавания крыс группы №3, в рационе которых было повышенное содержание консервированных пророщенных зерен пшеницы, увеличилось на 80 % по отношению к контрольной группе. Полученные данные свидетельствуют о благоприятном влиянии консервированных пророщенных зерен пшеницы на физическую работоспособность, по сравнению со стандартным питанием. Таким образом, применение диеты с консервированными пророщенными зернами пшеницы в течение 30 сут. привело к увеличению выносливости и работоспособности экспериментальных животных.

Общие клинические исследования крови, являясь одним из важнейших диагностических методов, отражают реакцию кроветворных органов при воздействии на организм различных физиологических и патологических факторов. Кровь объединяет работу многих физиологических систем организма, а именно обеспечивает его гомеостатический потенциал и способность противостоять экстремальным воздействиям. Функциональная система крови представляет собой иерархию подсистем регуляции: качественного и количественного состава клеток крови (Ермакова & Кудяшева, 2021)¹.

Исследования гематологических показателей крови у контрольных и опытных животных показали, что все они находились в пределах физиологических норм. Не были выявлены различия между контрольной и опытными группами, употреблявшими в пищу консервированные пророщенные зерна пшеницы в течение 30 сут. (Таблица 4).

Данные, представленные в Таблице 4, свидетельствуют об отсутствии повреждающего действия на гемопоэз и свойства крови у животных, употреблявших в пищу консервированное пророщенное зерно пшеницы, что подтверждается стабильным уровнем форменных элементов крови.

Определены биохимические показатели в сыворотке крови, которые являются объективными критериями сдвигов параметров функционирования организма и гомеостаза внутренней среды организма. Через 35 сут. экспериментальной гиперлипидемии

¹ Амиров, Д. Р., Тамимдаров, Б. Ф., & Шагеева, А. Р. (2020). *Клиническая гематология животных: Учебное пособие*. Казань: Центр информационных технологий КГАВМ.

Таблица 4

Характеристика гематологических показателей крови крыс

Гематологические показатели	Группа №1 (контроль)	Группа №2	Группа №3
WBC количество лейкоцитов, $\times 10^9/\text{л}$	$7,17 \pm 0,67$	$6,76 \pm 0,32$	$7,24 \pm 0,32$
LYM количество лимфоцитов $10^9/\text{л}$,	$4,20 \pm 0,38$	$4,76 \pm 0,46$	$5,28 \pm 1,06$
RBC количество эритроцитов, $\times 10^9/\text{л}$	$7,71 \pm 0,22$	$7,85 \pm 0,20$	$7,74 \pm 0,11$
LY % кол-во лимфоцитов, %	$60,09 \pm 4,56$	$65,80 \pm 6,72$	$57,46 \pm 4,01$
GR % количество гранулоцитов, %	$32,60 \pm 4,03$	$29,84 \pm 6,10$	$34,16 \pm 3,65$
MI % количество моноцитов, %	$7,31 \pm 0,66$	$7,36 \pm 0,66$	$8,38 \pm 0,93$
HGB концентрация гемоглобина, г/л	$140,00 \pm 2,79$	$147,00 \pm 4,30$	$141,00 \pm 3,51$
HCT величина гематокрита, %	$45,31 \pm 1,73$	$45,30 \pm 1,75$	$44,76 \pm 0,86$
MCH среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг	$18,10 \pm 0,36$	$17,88 \pm 0,42$	$18,16 \pm 0,25$
MCHC средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г/л	$309,17 \pm 5,29$	$310,40 \pm 3,93$	$314,60 \pm 3,20$
MCV средний объем эритроцитов, мкм^3	$58,79 \pm 0,92$	$57,74 \pm 1,11$	$57,88 \pm 0,40$
PLT количество тромбоцитов $\times 10^9/\text{л}$	$886,57 \pm 19,90$	$925,60 \pm 42,69$	$948,00 \pm 40,07$
MPV средний объем тромбоцитов, пг	$5,71 \pm 0,15$	$5,62 \pm 0,13$	$5,80 \pm 0,17$
PCT тромбокрит, %	$0,49 \pm 0,01$	$0,50 \pm 0,01$	$0,55 \pm 0,03$

у крыс отмечали статистически значимое увеличение ряда биохимических показателей в сыворотке крови (Таблица 5).

Исследование крови крыс с экспериментальной гиперлипидемией в течение 35 сут., показало нарушение липидного спектра, что выражалось изменением уровня холестерина, триглицеридов

Таблица 5

Биохимические показатели в сыворотке крови крыс при экспериментальной гиперлипидемии

Биохимические показатели	Контроль ($n = 7$)	Группа с экспериментальной гиперлипидемией ($n = 6$)
Холестерин, ммоль/л	$1,75 \pm 0,07$	$2,20 \pm 0,14^*$
Триглицериды, ммоль/л	$1,42 \pm 0,03$	$1,70 \pm 0,06^*$
HDL, липопротеиды высокой плотности, ммоль/л	$0,67 \pm 0,01$	$0,70 \pm 0,01$
LDL, липопротеиды низкой плотности, ммоль/л	$0,24 \pm 0,01$	$0,35 \pm 0,04^*$

Биохимические показатели	Контроль ($n = 7$)	Группа с экспериментальной гиперлипидемией ($n = 6$)
Глюкоза, ммоль/л	$6,23 \pm 0,15$	$8,03 \pm 0,18^*$
АСТ, аспартатаминотрансфераза, У/л	$188,53 \pm 4,46$	$215,98 \pm 6,76^*$
АЛТ, аланинаминотрансфераза, У/л	$74,10 \pm 5,88$	$91,58 \pm 7,80$
Щелочная фосфатаза, У/л	$146,02 \pm 21,62$	$443,98 \pm 25,69^*$

Примечание. * – достоверные отличия от контрольной группы, $P \leq 0,05$.

и содержания липопротеидов низкой плотности по сравнению с животными контрольной группы. Уровень холестерина увеличился на 25,7%, триглицеридов – на 19,7%, липопротеидов низкой плотности – на 45,8%. У группы животных, потреблявших высокожировую рацион, наблюдалось также увеличение уровня глюкозы на 28,9%. Не было отмечено достоверных изменений у животных экспериментальной группы в уровне липопротеидов высокой плотности по сравнению с контролем. Анализ результатов активности ферментов сыворотки крови крыс, содержащихся на диете с повышенным содержанием жиров, показал статистически значимое увеличение активности аспартатаминотрансферазы и щелочной фосфатазы.

С целью исследования эффективности диетотерапии с содержанием пищевых волокон, на 36 день эксперимента животных 2 и 3 группы с гиперлипидемией переводили на стандартный рацион вивария с различным содержанием пищевых волокон. Забор крови для биохимических исследований проводили по истечении 30 сут. Оценка биохимических показателей крови показала положительное влияние консервированных пророщенных зерен пшеницы на нормализацию обменных процессов в организме лабораторных животных в условиях гиперлипидемии, за счет снижения уровня холестерина, триглицеридов, липопротеидов низкой плотности и глюкозы в крови (Таблица 6).

В ходе эксперимента установлено, что потребление крысами консервированных пророщенных зерен

Таблица 6

Биохимические показатели крови крыс со сменой диеты в течение 30 сут.

Биохимические показатели	Группа №1 (контроль) $n = 7$	Группа №2 (пророщенные зерна 2,8 г/крысу/сут.) $n = 7$	Группа №3 (пророщенные зерна 8 г/крысу/сут.) $n = 7$
Общий белок, г/л	$75,30 \pm 1,82$	$76,06 \pm 3,17$	$77,51 \pm 2,04$
Альбумин, г/л	$39,93 \pm 2,07$	$38,42 \pm 4,12$	$39,32 \pm 2,83$
Холестерин, ммоль/л	$1,89 \pm 0,11$	$1,72 \pm 0,12$	$1,81 \pm 0,0$
Триглицериды, ммоль/л	$1,47 \pm 0,25$	$1,52 \pm 0,12$	$1,60 \pm 0,12$
HDL, липопротеиды высокой плотности, ммоль/л	$0,68 \pm 0,01$	$0,72 \pm 0,04$	$0,71 \pm 0,03$
LDL, липопротеиды низкой плотности ммоль/л	$0,23 \pm 0,02$	$0,23 \pm 0,04$	$0,25 \pm 0,02$
Глюкоза, ммоль/л	$5,87 \pm 0,11$	$6,06 \pm 0,15$	$5,90 \pm 0,24$
АСТ, аспартатаминотрансфераза, У/л	$214,43 \pm 8,14$	$239,48 \pm 16,81$	$210,06 \pm 7,66$
АЛТ, аланинаминотрансфераза, У/л	$84,94 \pm 6,26$	$92,92 \pm 14,75$	$88,08 \pm 10,27$
Щелочная фосфатаза, У/л	$102,77 \pm 10,69$	$108,64 \pm 23,44$	$104,94 \pm 15,64$
Билирубин, мкмоль/л	$2,71 \pm 0,18$	$2,15 \pm 0,14$	$2,94 \pm 0,22$

пшеницы, содержащих пищевые волокна в суточной и высокой дозах, привело к нормализации биохимических показателей крови животных. Не было выявлено статистически значимых отличий в биохимических показателях у крыс второй и третьей групп по сравнению со значениями у контрольных животных.

Проведены исследования по влиянию консервированных пророщенных зерен пшеницы на моторную функцию тонкого кишечника. Результаты исследования представлены в Таблицах 7 и 8.

Таблица 7

Влияние консервированного пророщенного зерна на моторную функцию тонкого кишечника мышей-самцов

Группа животных (n = 6)	Моторная функция тонкого кишечника, $X \pm Sx$	Процент эффекта
Контроль (0,5 % гумми арабик)	$0,69 \pm 0,02$	–
Группа сравнения (батон)	$0,73 \pm 0,01$	+ 6
Экспериментальная группа (консервиро- ванные пророщенные зерна пшеницы)	$0,84 \pm 0,01^{**}$	+ 22 ^{**}

Примечание. * – различия статистически достоверны по сравнению с контролем, $P < 0,05$; (**) – различия статистически достоверны по сравнению с группой сравнения, $P < 0,05$; (–) – торможение моторной функции; (+) – усиление моторной функции.

Таблица 8

Влияние консервированного пророщенного зерна на моторную функцию тонкого кишечника мышей-самок

Группа животных, (n=6)	Моторная функция тонкого кишечника, $X \pm Sx$	Процент эффекта
Контроль (0,5 % гумми арабик)	$0,75 \pm 0,04$	–
Группа сравнения (батон)	$0,79 \pm 0,03$	+ 5
Экспериментальная группа (консервиро- ванные пророщенные зерна пшеницы)	$0,84 \pm 0,03$	+ 12

Примечание. (–) – торможение моторной функции; (+) – усиление моторной функции.

Через 20 мин. эксперимента желудки животных в группе контроля, группе сравнения и в экспериментальной группе, получавшей консервированные пророщенные зерна пшеницы, оказывались без содержимого, которое полностью эвакуировалось в тонкий кишечник. Содержимое кишечника распределялось по пройденному участку в контрольной группе (0,5 % гуммиарабик) одной порцией, в группе сравнения двумя порциями и в группе, получавшей консервированные пророщенные зерна пшеницы, двумя-тремя порциями. Тонкий кишечник имел нормальный вид, вздутый или других отклонений не наблюдалось. Отмечалась тенденция к стимуляции двигательной активности тонкого кишечника у мышей-самок ICR (Таблица 8), у мышей-самцов зафиксировано статистически достоверное различие по значениям индекса моторной активности тонкого кишечника по сравнению с контрольной группой животных (22 %, $p < 0,05$), получавших 0,5 % раствор гуммиарабика, а так же и с группой сравнения, получавшей батон, что связано, очевидно, с присутствием в образце растительных пищевых волокон (Таблица 7). Таким образом, при проведении эксперимента показано, что употребление в пищу консервированного пророщенного зерна пшеницы не вызывает никаких дисфункций тонкого кишечника. Установлено, что у животных, употреблявших в пищу пророщенные зерна пшеницы наблюдалась тенденция к усилению моторной функции кишечника, не влияющая на их общее физиологическое состояние.

Исследован гликемический индекс консервированного пророщенного зерна пшеницы. Гликемический индекс можно отнести к показателю пищевой ценности продуктов, который имеет значение для составления рационов здорового питания людей. Доказано, что не только количество углеводов, но и их качественный состав влияет на скорость адсорбции и содержание глюкозы в крови (Забалуева, 2018; Черникова & Кнышенко, 2018). Как известно, простые углеводы пищи очень быстро всасываются из желудочно-кишечного тракта, повышая концентрацию глюкозы в крови (Влощинский с соавт., 2013). Резко возрастает секреция и синтез инсулина, глюкоза элиминируется печенью и мышечными тканями, трансформируется в гликоген, а ее концентрация снижается и возникает чувство голода. Сложные полисахариды, резистентный крахмал, пищевые волокна замедляют всасывание глюкозы (Куценкова с соавт., 2017).

У крыс, подвергавшихся пищевой депривации в эксперименте, минимальные показатели уровня глюкозы в крови на фоне лишения пищи достигали 4,1 ммоль/л, а максимальные — 5,0 ммоль/л, что соответствовало физиологическим нормам. В Таблице 9 представлены рассчитанные относительные гликемические индексы исследуемых образцов.

Таблица 9

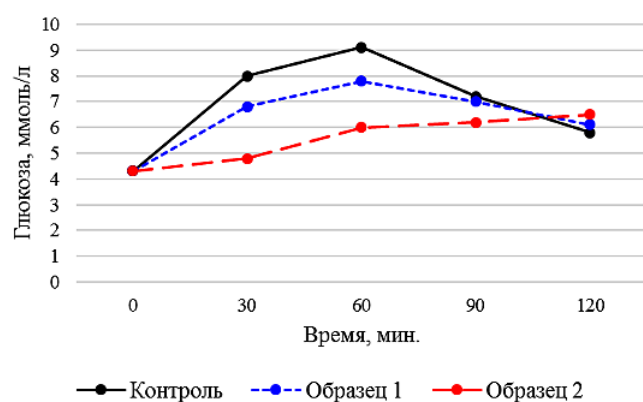
Относительный гликемический индекс консервированного пророщенного зерна пшеницы

Образцы	Интеграл (площадь кривой)	Гликемический индекс
Контроль (глюкоза)	7743	100,00
Образец № 1 (батон)	5033	67,36 ± 4,37
Образец №2 (консервированные пророщенные зерна пшеницы)	3000	38,85 ± 1,75

Установлено, что у животных, получавших консервированные пророщенные зерна пшеницы, содержавшие клетчатку, прирост гликемии был более низким по сравнению с контрольной группой (глюкоза) и животными, получавшими в пищу батон (Рисунок 2).

Рисунок 2

Изменение уровня глюкозы в крови животных при потреблении консервированного пророщенного зерна пшеницы



Произведенные расчеты позволяют сделать вывод о том, что консервированные пророщенные зерна пшеницы можно отнести к продуктам с низким гликемическим индексом (Таблица 9). Сделанный вывод согласуется с рядом рекомендаций по питанию, в которых значения выше 70 характеризуют продукты с высоким, в диапазоне 55–69 со средним и ниже 55 с низким гликемическим индексом².

Одним из показателей, свидетельствующим о состоянии углеводного обмена, является коэффициент Бодуэна, или гипергликемический коэффициент, — отношение содержания глюкозы через 30 мин (берется наибольшая величина) к ее уровню натощак. Известно, что коэффициент Бодуэна в норме составляет 1,3–1,5.³ Увеличение этого коэффициента отражает нарушение процессов регуляции метаболизма углеводов в организме. В контрольной группе (глюкоза) данный коэффициент превышал норму и в среднем составлял 1,78±0,13, а в группе животных, получавших батон, данный коэффициент составил 1,43±0,02. Экспериментально установлено, что исследуемые консервированные пророщенные зерна пшеницы, значительно понижали коэффициент Бодуэна до 1,06 (Таблица 10). Данный факт свидетельствует о поддержании процесса усвоения глюкозы на физиологически нормальном уровне.

Таблица 10

Величина гипергликемического коэффициента

Образцы	Гипергликемический коэффициент
Контроль (глюкоза)	1,78 ± 0,13
Образец №1 (батон)	1,43 ± 0,02*
Образец №2 (консервированные пророщенные зерна пшеницы)	1,06 ± 0,02**

Примечание. * — различия статистически достоверны по сравнению с контролем, $P < 0,05$; ** — различия статистически достоверны по сравнению с контролем, $P < 0,01$.

² Nutrition recommendations and interventions for diabetes: A position statement of the american diabetes association. (2008). *Diabetes Care*, 31, 61–78. <https://doi.org/10.2337/dc08-s061>

³ Комаров, Ф. И., Коровкин, Б. Ф., & Меньшиков, В. В. (2001). *Биохимические исследования в клинике*. М.: Джангар.

Результаты исследований позволяют рекомендовать консервированные пророщенные зерна пшеницы с большим содержанием пищевых волокон для профилактического питания, которое предусматривает потребление продуктов с низким гликемическим индексом.

ВЫВОДЫ

Доклинические лабораторные испытания показали, что в условиях экспериментальной гиперлипидемии, длительное введение в пищу консервированных пророщенных зерен пшеницы не изменяет функционального состояния важнейших органов и систем организма животных. Пророщенные зерна пшеницы не влияют на индекс внутренних органов (печень, сердце, почки, селезенка), что свидетельствует о безопасности применения исследованного продукта питания. Употребление в пищу консервированных пророщенных зерен пшеницы способствовало нормализации и снижению массы тела лабораторных животных на модели гиперлипидемии. Результаты эксперимента свидетельствуют об отсутствии повреждающего действия на гемопоз и свойства крови у животных, употреблявших в пищу консервированные пророщенные зерна пшеницы, что подтверждается стабильным уровнем форменных элементов крови. Применение диеты с повышенным содержанием консервированных пророщенных зерен пшеницы в течение 30 суток, привело к увеличению выносливости и работоспособности экспериментальных животных.

Оценка биохимических показателей крови продемонстрировала положительное влияние консервированных пророщенных зерен пшеницы на нормализацию обменных процессов в организме лабораторных животных в условиях экспери-

ментальной гиперлипидемии за счет снижения уровня холестерина, триглицеридов, липопротеидов низкой плотности и глюкозы в крови. Употребление в пищу консервированных пророщенных зерен пшеницы не вызывает дисфункций тонкого кишечника. Установлено, что у животных наблюдалась тенденция к усилению моторной функции кишечника, не влияющая на их общее физиологическое состояние. Определен гликемический индекс исследуемого пищевого продукта. Экспериментальный рацион, представленный консервированными пророщенными зернами пшеницы, относится к продуктам с низким гликемическим индексом. Таким образом, консервированные пророщенные зерна пшеницы являются безопасным натуральным продуктом с длительным сроком годности и могут употребляться как самостоятельное блюдо на завтрак, как гарнир на обед или ужин, а также добавляться в разные блюда, такие как салат или йогурт, придавая им новые вкусовые характеристики и полезные свойства. Они также хорошо сочетаются с мясом птицы, в мучных изделиях (оладьи с пророщенным зерном), или изделиях из картофеля (драники с пророщенным зерном).

БЛАГОДАРНОСТЬ

Автор выражает благодарность заведующему отделом фармакологии и фармации Института биорганической химии НАН Беларуси, кандидату биологических наук Огурцовой Светлане Эдуардовне за помощь в проведении эксперимента, а также доценту кафедры товароведения и экспертизы товаров Белорусского государственного экономического университета, кандидату биологических наук Мельниковой Людмиле Александровне за помощь в подготовке статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Влощинский, П. Е., Березовикова, И. П., Колпаков, А. Р., & Клеблеева, Н. Г. (2013). Влияние многокомпонентных крупяных смесей на содержание глюкозы в крови экспериментальных животных. *Техника и технология пищевых производств*, (3), 90–94.
- Vloshchinskii, P. E., Berezovikova, I. P., Kolpakov, A. R., & Klebleeva, N. G. (2013). The effect of multicomponent cereal mixtures on the glucose content in the blood of experimental animals. *Equipment and Technology of Food Production*, (3), 90–94. (In Russ.)
- Демидова, Т. Ю., & Галиева, О. Р. (2007). Профилактика и управление предиабетическими нарушениями углеводного обмена у больных с метаболическим синдромом. *Ожирение и метаболизм*, (4), 19–24.
- Demidova, T. Yu., & Galieva, O. R. (2007). Prevention and management of prediabetic disorders of carbohydrate metabolism in patients with metabolic syndrome. *Obesity and Metabolism*, (4), 19–24. (In Russ.)
- Ермакова, А. Е., & Кудяшева, А. Г. (2021). Изменчивость гематологических показателей у разных видов лабораторных мышей. Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. *Экспериментальная биология и экология*, (5), 13–19. <https://doi.org/10.19110/1994-5655-2021-5-13-19>
- Ermakova, A. E., & Kudyasheva, A. G. (2021). Variability of hematological parameters in different types of laboratory mice. *News of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Experimental Biology and Ecology*, (5), 13–19. (In Russ.) <https://doi.org/10.19110/1994-5655-2021-5-13-19>
- Забалуева, Т. В. (2018). Гликемический индекс повышения уровня сахара в крови при смешивании разных жиров. *Современные инновации*, (5), 79–83.
- Zabalueva, T. V. (2018). The glycemic index of the increase in blood sugar levels when mixing different fats. *Modern Innovations*, (5), 79–83. (In Russ.)
- Зенькова, М. Л., Акулич, А. В., Мельникова Л. А., & Тимофеева В. Н. (2020). Исследование нутриентного профиля пророщенного зерна мягкой пшеницы, выращенной в Беларуси. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (3), 58–66. <https://doi.org/10.36107/spfp.2020.339>
- Zen'kova, M. L., Akulich, A. V., Mel'nikova L. A., & Timofeeva V. N. (2020). Study of the nutrient profile of sprouted soft wheat grain grown in Belarus. *Storage and Processing of Farm Products*, (3), 58–66. (In Russ.) <https://doi.org/10.36107/spfp.2020.339>
- Зенькова, М. Л., Бойко, М. Ю., & Мацикова, О. В. (2014). Продукты длительного хранения из зерна и блюда на их основе. *Пищевая промышленность: Наука и технологии*, (1), 23–28.
- Zen'kova, M. L., Boiko, M. Yu., & Matsikova, O. V. (2014). Long-term storage products from grain and dishes based on them. *Food Industry: Science and Technology*, (1), 23–28. (In Russ.)
- Каркищенко, В. Н., Капанадзе, Г. Д., Деньгина, С. Е., & Станкова, Н. В. (2011). Разработка методики оценки физической выносливости мелких лабораторных животных для изучения адаптогенной активности некоторых лекарственных препаратов. *Биомедицина*, (1), 72–74.
- Karkishchenko, V. N., Kapanadze, G. D., Den'gina, S. E., & Stankova, N. V. (2011). Development of a methodology for assessing the physical endurance of small laboratory animals to study the adaptogenic activity of certain drugs. *Biomedicine*, (1), 72–74. (In Russ.)
- Коптяева, К. Е., Мужикян, А. А., Гушин, Я. А., Беляева, Е. В., Макарова, М. Н., & Макаров, В. Г. (2018). Методика вскрытия и извлечения органов лабораторных животных. Сообщение 2: Мышь. *Лабораторные животные для научных исследований*, (4), 50–73. <https://doi.org/10.29296/2618723X-2018-04-05>
- Koptyaeva, K. E., Muzhikyan, A. A., Gushchin, Ya. A., Belyaeva, E. V., Makarova, M. N., & Makarov, V. G. (2018). Methods of opening and extraction of organs of laboratory animals. Message 2: Mouse. *Laboratory Animals for Scientific Research*, (4), 50–73. (In Russ.) <https://doi.org/10.29296/2618723X-2018-04-05>
- Куценкова, В. С., Семина, А. И., Лямина, Н. П., & Неповинных, Н. В. (2017). Перспективы применения продуктов, обогащенных пищевыми волокнами, в диетотерапии пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями. *Кардиосоматика*, 8(1), 47–48.
- Kutsenkova, V. S., Semina, A. I., Lyamina, N. P., & Nepovinnykh, N. V. (2017). Prospects for the use of products enriched with dietary fiber in the diet therapy of patients with cardiovascular diseases. *Cardiosomatics*, 8(1), 47–48. (In Russ.)
- Мельникова, Л. А., & Журня, А. А. (2018). Оценка эффективности обогащенных хлебобулочных изделий для школьного питания. *Пищевая промышленность: Наука и технологии*, 11(3), 12–18.
- Mel'nikova, L. A., & Zhurnya, A. A. (2018). Evaluation of the effectiveness of enriched bakery products for school meals. *Food Industry: Science and Technology*, 11(3), 12–18. (In Russ.)
- Мельникова, Л. А., Рябова, К. С., & Жукова, И. А. (2017). Исследование влияния изотонических безалкогольных напитков адаптогенного действия на экспериментальных животных с использованием физиологических тестов. *Вестник Могилевского государственного университета продовольствия*, (1), 66–71.
- Mel'nikova, L. A., Ryabova, K. S., & Zhukova, I. A. (2017). Investigation of the effect of adaptogenic isotonic soft drinks on experimental animals using physiological tests. *Bulletin of the Mogilev State University of Food*, (1), 66–71. (In Russ.)

- Погожева, А. В., Дербенева С. А., & Байгарин, Е. К. (2006). Оценка эффективности использования хлеба, изготовленного из пророщенного зерна, в диетотерапии больных пожилого возраста с сердечно-сосудистыми заболеваниями. *Вопросы питания*, 75(5), 45–48.
- Pogozheva, A. V., Derbeneva S. A., & Baigarin, E. K. (2006). Evaluation of the effectiveness of the use of bread made from sprouted grain in the diet therapy of elderly patients with cardiovascular diseases. *Nutrition Issues*, 75(5), 45–48. (In Russ.)
- Пономарева, Е. И., Алехина Н. Н., & Бакаева И. А. (2016). Хлеб из биоактивированного зерна пшеницы повышенной пищевой ценности. *Вопросы питания*, 85(2), 116–121.
- Ponomareva, E. I., Alekhina N. N., & Bakaeva I. A. (2016). Bread made from bioactivated wheat grain of increased nutritional value. *Nutrition Issues*, 85(2), 116–121. (In Russ.)
- Рыбакова, А. В., & Макарова, М. Н. (2015). Методы эвтаназии лабораторных животных в соответствии с Европейской директивой 2010/63. *Международный вестник ветеринарии*, (2), 96–107.
- Ryakova, A. V., & Makarova, M. N. (2015). Methods of euthanasia of laboratory animals in accordance with the European Directive 2010/63. *International Bulletin of Veterinary Medicine*, (2), 96–107. (In Russ.)
- Устинова, А. В., Дыдыкин, А. С., Хвыля, С. И., Конь, И. Я., & Углицких, А. К. (2005). Нутриентная адекватность и медико-биологическая оценка консервов для энтерального питания детей раннего возраста. *Пищевая промышленность*, (10), 88–90.
- Ustinova, A. V., Dydykin, A. S., Khvylya, S. I., Kon', I. Ya., & Uglitskikh, A. K. (2005). Nutritional adequacy and biomedical assessment of canned food for enteral nutrition of young children. *Food Industry*, (10), 88–90. (In Russ.)
- Цед, Е. А., Василенко, З. В., Королева, Л. М., Волкова, С. В., Астапенко, С. В., & Селемина, Н. М. (2012). Доклиническая комплексная оценка свойств напитка брожения на основе рисового гриба. *Пиво и напитки*, (5), 64–67.
- Tsed, E. A., Vasilenko, Z. V., Koroleva, L. M., Volkova, S. V., Astapenko, S. V., & Selemina, N. M. (2012). Preclinical comprehensive assessment of the properties of the fermentation drink based on rice mushroom. *Beer and Drinks*, (5), 64–67. (In Russ.)
- Цурцумия, Д., Приходько, Е., Тетерина, Л., Селиверстов, П., Ситкин, С., & Радченко, В. (2016). Пищевые волокна в коррекции дислипидемии. *Врач*, (9), 29–37.
- Tsurtsumiya, D., Prikhod'ko, E., Teterina, L., Seliverstov, P., Sitkin, S., & Radchenko, V. (2016). Dietary fiber in the correction of dyslipidemia. *Doctor*, (9), 29–37. (In Russ.)
- Черникова, Н. А., & Кнышенко, О. А. (2018). Гликемический индекс и его роль в управлении и контроле сахарного диабета. *Эндокринология: Новости, мнения, обучение*, 7(4), 16–22. <https://doi.org/10.24411/2304-9529-2018-14002>
- Chernikova, N. A., & Knyshenko, O. A. (2018). Glycemic index and its role in the management and control of diabetes mellitus. *Endocrinology: News, opinions, training*, 7(4), 16–22. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/2304-9529-2018-14002>
- Шаршунов, В. А., Урбанчик, Е. Н., Шалюта, А. Е., & Галдова, М. Н. (2016). Получение биологически активного зеонового продукта на основе смесей пророщенного зерна пшеницы и овса голозерного. *Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук*, (4), 118–125.
- Sharshunov, V. A., Urbanchik, E. N., Shalyuta, A. E., & Galdova, M. N. (2016). Obtaining a biologically active grain product based on mixtures of sprouted wheat and naked oats. *News of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of Agricultural Sciences*, (4), 118–125. (In Russ.)
- Bantle, J. P., Wylie-Rosett, J., Albright, A. L., Apovian, C. M., Clark, N. G., Franz, M. J., Hoogwerf, B. J., Lichtenstein, A. H., Mayer-Davis, E., Mooradian, A. D., & Wheeler, M. L. (2008). Nutrition recommendations and interventions for diabetes: A position statement of the American diabetes association. (2008). *Diabetes Care*, 31(Suppl. 1), 61–78. <https://doi.org/10.2337/dc08-s061>
- Benincasa, P., Falcinelli, B., Lutts, S., Stagnari, F., & Galieni, A. (2019). Sprouted grains: A comprehensive review. *Nutrients*, 11(2), Article 421. <https://doi.org/10.3390/nu11020421>
- Lairon, D. (2007). Dietary fiber and control of body weight. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 17(1), 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2006.07.006>
- Lemmens, E., Moroni, A. V., Pagand, J., Heirbaut, P., Ritala, A., Karlen, Y., Le, K.-A., van der Broeck, H. C., Brouns, F. J. P. H., de Brier, N., & Delcour, J. A. (2019). Impact of cereal seed sprouting on its nutritional and technological properties: A critical review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(1), 305–328. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12414>
- Molska, M., Reguła, J., & Świeca, M. (2023). Adding modified buckwheat sprouts to an atherogenic diet — the effect on selected nutritional parameters in rats. *Plant Foods for Human Nutrition*, 78, 279–285. <https://doi.org/10.1007/s11130-023-01047-9>
- Wolever, T. M. S., & Jenkins, D. J. A. (1986). The use of the glycemic index in predicting the blood glucose response to mixed meals. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 43(1), 167–172. <https://doi.org/10.1093/ajcn/43.1.167>