

З. В. Ловкис, Ю. С. Усеня, М. Ю. Уложина, Л. В. Филатова

Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию, Минск, Беларусь

ПРИМЕНЕНИЕ КЛЕТЧАТКИ ЛЬНЯНОЙ КАК ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИНГРЕДИЕНТА В ПРОИЗВОДСТВЕ ОБОГАЩЕННЫХ ПИЩЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

Аннотация: Использование вторичных продуктов переработки масличных культур, которые за счет своей высокой пищевой и биологической ценности могут выступать в качестве обогащающих ингредиентов при производстве функциональных продуктов питания, является актуальной областью исследования и совершенствования пищевых технологий. В статье приведены результаты исследования физико-химического, жирнокислотного и витаминно-минерального состава, а также пищевой ценности образцов клетчатки льняной белорусского производства. На основе полученных данных установлена возможность использования клетчатки льняной в производстве пищевых концентратов функционального назначения с целью их обогащения пищевыми волокнами, полиненасыщенными жирными кислотами, белком. При выборе пищевых концентратов для обогащения данными нутриентами учтены современные тенденции развития пищевой промышленности, ориентированные на производство продукции повышенной пищевой ценности массового потребления, в том числе по содержанию физиологически активных ингредиентов, продуктов быстрого приготовления, с длительными сроками хранения и др. Разработан ассортимент новых видов пищевого концентрата с клетчаткой льняной. С применением методов математического моделирования определены рациональные дозировки внесения обогащающего ингредиента, изготовлены опытные партии продукции, исследованы их пищевая ценность, показатели качества и безопасности. Полученные данные могут быть использованы при проектировании новых видов обогащенной и специализированной пищевой продукции. **Благодарности.** Исследования проведены в рамках Государственной научно-технической программы «Агропромкомплекс–2020», 2016–2020 годы, подпрограмма «Агропромкомплекс – эффективность и качество».

Ключевые слова: функциональные продукты питания, растительное сырье, масличные культуры, клетчатка льняная, микронутриенты, обогащающие ингредиенты, пищевые технологии, рецептурный состав, пищевая ценность, полиненасыщенные жирные кислоты, пищевые концентраты

Для цитирования: Применение клетчатки льняной как физиологически функционального ингредиента в производстве обогащенных пищевых концентратов / З. В. Ловкис, Ю. С. Усеня, М. Ю. Уложина, Л. В. Филатова // Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2019. – Т. 57, № 3. – С. 368–378. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-368-378>

Z. V. Lovkis, Y. S. Usenia, M. Y. Ulozhinova, L. V. Filatova

The Research and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Foodstuffs, Minsk, Belarus

APPLICATION OF FLAXSEED FIBER AS PHYSIOLOGICALLY FUNCTIONAL INGREDIENT FOR PRODUCTION OF ENRICHED FOOD CONCENTRATES

Abstract: Application of secondary products of oilseed crops processing, which due to high nutritional and biological value, can be enriching ingredients during production of functional food products, is an important area of research and improvement of food technology. The paper presents the results of study of physical and chemical, fatty acid and vitamin and mineral composition, as well as nutritional value of domestic flaxseed fiber samples in Belarus. Based on data obtained, it was determined that flaxseed fiber can be used for production of functional food concentrates with the purpose to enrich them with dietary fibers, polyunsaturated fatty acids and protein. When choosing food concentrates for enrichment with these nutrients, current trends of food industry development focused on production of high nutritional value products of in bulk consumption were considered, including the level of physiologically active ingredients, instant food, with long shelf life, etc. Assortment of new types of food concentrates with flaxseed fiber has been developed. Mathematical simulation methods helped to determine rational dosages of enrichment ingredient, experimental batches of products were produced, their nutritional value, quality and safety indicators were studied. The data obtained can be used for design of new types of enriched and specialized food products. **Acknowledgments.** The research was carried out as part of the State Research and Technical Program “Agropromkompleks-2020” for 2016-2020, subprogram “Agropromkompleks – efficiency and quality”.

Keywords: functional food products, vegetable raw materials, oilseed crops, flaxseed fiber, micronutrients, enriching ingredients, food technologies, formulation composition, nutritional value, polyunsaturated fatty acids, food concentrates

For citation: Lovkis Z. V., Usenia Y. S., Ulozhinova M. Y., Filatova L. V. Application of flaxseed fiber as physiologically functional ingredient for production of enriched food concentrates. *Vestsi Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2019, vol. 57, no 3, pp. 368-378 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2019-57-3-368-378>

Введение. Результаты обследования фактического питания различных групп населения Республики Беларусь и их пищевого статуса свидетельствуют о наличии существенных отклонений показателей пищевой и энергетической ценности суточных рационов питания населения от рекомендуемых уровней «Норм физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для различных групп населения Республики Беларусь» (утв. МЗ РБ 31.12.2002 г.). Выявленный дефицит важнейших пищевых веществ (белков, пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ, полиненасыщенных жирных кислот) в питании населения, приводящих к возникновению различных алиментарных заболеваний, послужил причиной разработки функциональных продуктов питания – обогащенных продуктов массового потребления за счет использования преимущественно натуральных источников дефицитных микронутриентов.

Поиск путей использования вторичных продуктов переработки масличных культур (льна, тыквы, подсолнечника, рапсоропши) с высокой пищевой ценностью позволил выявить новые источники микронутриентов натурального происхождения, которые в качестве физиологически активных ингредиентов могут использоваться при производстве продуктов питания функционального назначения. Вторичные продукты (отходы) переработки масличных культур – жмыхи, содержащие до 7 % масла, – характеризуются высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), в том числе омега-3 класса – до 50 % от общей массовой доли жирных кислот; белка – до 35 %, который по своим свойствам не уступает белкам животного происхождения, но переваривается значительно легче, а также пищевых волокон – до 15 %, содержат оставшиеся после процесса переработки антиоксиданты растительного происхождения, флавоноидные соединения, макро- и микроэлементы, которые оказывают положительное воздействие на организм человека. Высокая питательная ценность жмыхов масличных культур легла в основу производства различных БАДов.

ПНЖК, в особенности омега-3 класса (линоленовая), являются важным эссенциальным фактором питания, так как оказывают выраженное влияние на организм человека, особенно детей: входят в состав структурных компонентов клеточных мембран, влияя на их проницаемость, текучесть, активность встроенных ферментов; играют особую роль в созревании и функционировании ЦНС детей, участвуя в процессе миелинизации нервных волокон; обеспечивают нормальное развитие сенсорных, моторных, поведенческих и других функций за счет концентрации в синаптических мембранах и модуляции нейротрансмиссии; выполняют важнейшую роль стимулов нейрогенеза, синаптогенеза и миграции нейронов; участвуют в образовании биологически активных веществ – эйкозаноидов [1–6].

Незаменимые линолевая (омега-6) и линоленовая (омега-3) жирные кислоты различаются по положению двойных связей относительно омега-конца молекулы жирной кислоты. Организм человека не способен их синтезировать. Эти ПНЖК должны поступать в организм с пищей, в противном случае возникают характерные признаки их недостаточности (задержка роста, плохое заживление ран, нарушение репродуктивной функции, задержка развития остроты зрения, снижение скорости обработки информации, снижение иммунной защиты организма).

Источниками линолевой (омега-6) жирной кислоты являются обычные растительные масла (подсолнечное, кукурузное), а источники линоленовой (омега-3) – ограничены и в относительно больших количествах встречаются в рыбе, морепродуктах, яичном желтке, масличных культурах. Например, в рапсовом масле массовая доля омега-3 жирных кислот составляет 10 % от общего количества жирных кислот, в льняном – 54 %, в семенах чиа – 61 %, а в клетчатке льняной – 35 % [7].

Омега-3 ПНЖК играют важную роль в обеспечении нормального течения многих физиологических процессов в организме взрослых и детей, способствуют правильному формированию центральной нервной системы ребенка и его нормальному развитию и являются важным элементом здорового питания человека. По данным научной литературы [7–24], поступление с пищей суммы омега-3 ПНЖК должно составлять не менее 1,5–2 % от общей энергоемкости рациона.

Результаты изучения фактического питания населения Республики Беларусь показывают, что потребление как взрослыми, так и детьми омега-3 ПНЖК с их ежедневным рационом находится на низком уровне¹. В связи с этим в настоящее время производится большое количество биологически активных добавок к пище, содержащих значительное количество омега-3 ПНЖК. Однако употребление натуральных пищевых продуктов, обогащенных омега-3 ПНЖК, как для детей, так и для взрослых является наиболее предпочтительным. Следовательно, вторичные продукты переработки масличных культур, содержащие в своем составе ценные микронутриенты (ПНЖК, белок, пищевые волокна, витамины и минералы), могут быть успешно использованы в качестве физиологически эффективных пищевых добавок для производства обогащенных продуктов питания, что может иметь как экономическое (использование отходов производства растительных масел), так и социальное (обеспечение населения продуктами питания с высокой пищевой ценностью) значение.

Одной из перспективных масличных культур в Республике Беларусь является лен. Сырьевые зоны по его выращиванию сосредоточены в Витебской, Минской и Могилевской областях². В республике организовано производство льняного семени, льняного масла, а также осуществляется переработка вторичного продукта его производства – жмыха – на физиологически функциональный ингредиент – клетчатку, который предназначен для использования в различных отраслях пищевой промышленности в качестве обогащающей добавки.

Цель работы – исследование возможности использования клетчатки льняной в качестве физиологически функционального ингредиента в производстве функциональных продуктов питания, разработанных на основе пищевых концентратов (сухих завтраков, супов и каш быстрого приготовления, киселя и какао-напитка), для восполнения дефицита эссенциальных нутриентов (пищевых волокон, полиненасыщенных кислот и белка) в рационе питания населения Республики Беларусь.

Основная часть. В Научно-практическом центре Национальной академии наук Беларуси по продовольствию в 2017–2018 гг. проведены исследования по установлению химического состава и технологических свойств клетчатки льняной – продукта, получаемого в качестве вторичного при производстве льняного масла путем тонкодисперсного измельчения сухого льняного жмыха. По внешнему виду продукт представляет собой сыпучий, сухой, однородный, тонкодисперсный порошок со свойственным льну вкусом и запахом, без постороннего привкуса, от кремового до серого цвета, со средним размером торговой фракции (не более 200 мкм).

Для проведения исследований были отобраны образцы клетчатки льняной производства Республики Беларусь:

образец №1 – клетчатка льняная, ТУ ВУ 190 098 413.005–2011, УП «Нэофарм», г. Могилев, производится из жмыха «коричневого льна»;

образец №2 – клетчатка льняная, ТУ ВУ 2 900 340 416.011–2017, ООО «Клуб«Фарм-Эко», г. Дрогичин, производится из жмыха «белого льна».

Анализ физико-химического, жирнокислотного и витаминно-минерального состава, пищевой ценности образцов клетчатки льняной показал, что оба образца клетчатки льняной имеют высокую пищевую ценность и хорошие органолептические показатели. В 100 г образцов №1 и №2 клетчатки льняной содержится практически одинаковое количество белка – 37,1 и 37,38 г, жиров – 8,8 и 9,0 г, и сырой клетчатки – 10,6 и 10,9 г соответственно, а также равное количество углеводов – 41,4 г.

Однако исследование жирнокислотного состава образцов клетчатки льняной показало, что образец №1 содержит незаменимые ПНЖК, в том числе омега-3 класса (линоленовая), которая составляет 48 % от массовой доли жирных кислот, в то время как образец №2 не содержит ПНЖК омега-3 класса, кроме того, образец №1 содержит большее количество микроэлементов (рис. 1).

¹ Об утверждении санитарных норм и правил «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь» и признании утратившим силу постановления Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 14 марта 2011 г. №16 [Электронный ресурс] : постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 20 нояб. 2012 г., №180 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. 2012. №8/26679

² Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by>. Дата доступа: 15.12.2016

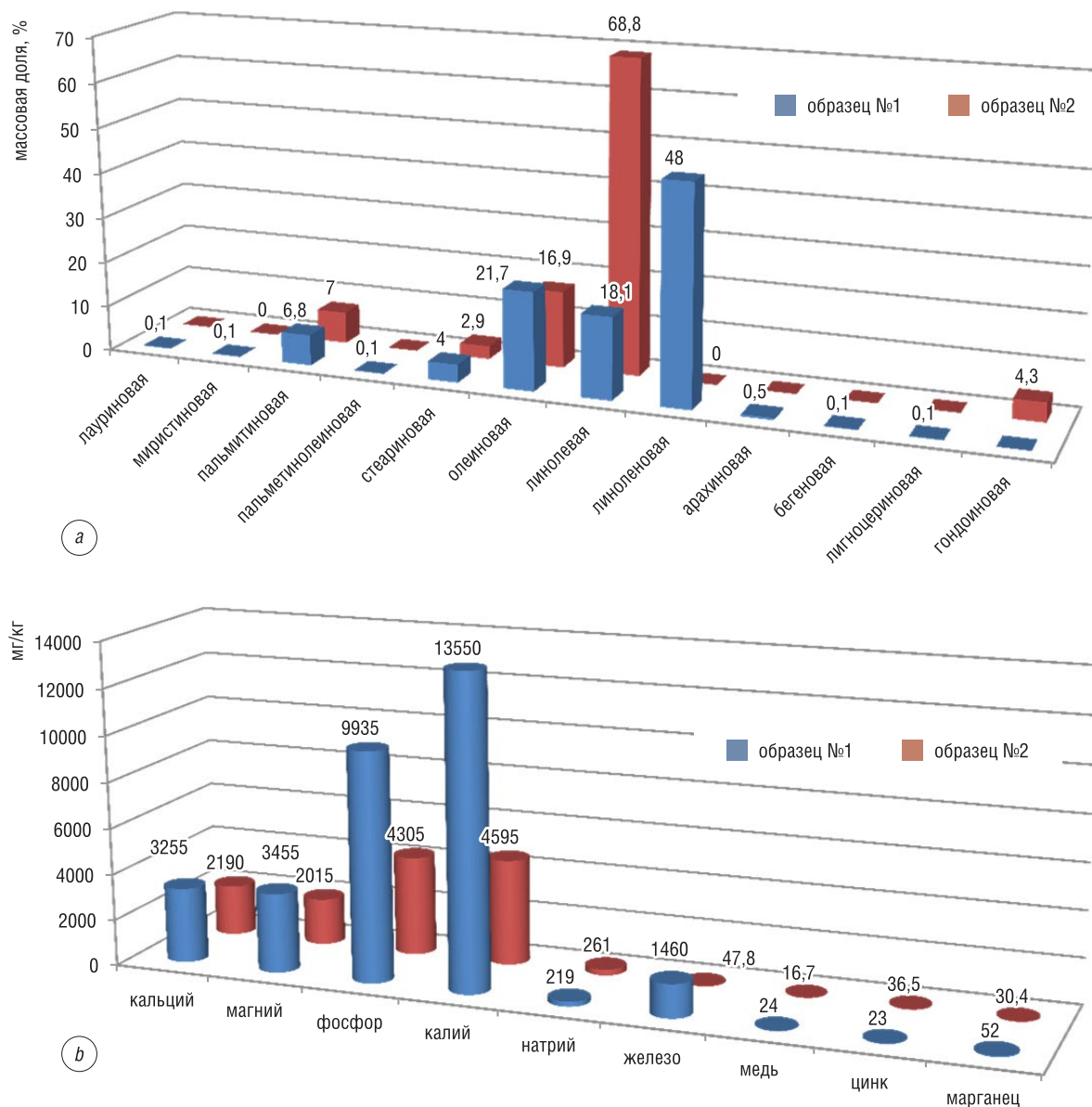


Рис. 1. Жирнокислотный (a) и минеральный (b) составы образцов клетчатки льняной
 Fig. 1. Fatty acid (a) and mineral (b) composition of flax fiber samples

Следовательно, образец №1 клетчатки льняной можно рассматривать как натуральный сырьевой ингредиент, имеющий высокую пищевую ценность за счет высокого содержания омега-3 ПНЖК, белка, пищевых волокон, микроэлементов и перспективную обогащающую добавку для производства пищевых продуктов функционального назначения.

Изучение нормативно-технологической базы на производство пищевконцентратной продукции, научно-технической документации на новые обогащающие ингредиенты, организации промышленного производства функциональных продуктов подтвердило возможность применения порошка клетчатки льняной в производстве пищевых концентратов в качестве физиологически функционального ингредиента.

Для создания функциональных продуктов питания, обогащенных клетчаткой льняной, с учетом современных тенденций развития пищевой промышленности, ориентированных на производство продукции повышенной пищевой ценности массового потребления, быстрого приготовления, с длительными сроками хранения, в качестве основы определены три группы пищевконцентратной продукции:

- 1) зерновые сухие завтраки на примере кукурузных палочек;
- 2) 1-е и 2-е обеденные блюда – на примере супа-пюре картофельно-горохового и каши гречневой быстрого приготовления;
- 3) сладкие блюда – кисель яблочный, какао-напиток.

Эти группы пищевых концентратной продукции весь сезон пользуются спросом у потребителей различных возрастных категорий.

В состав пищевых концентратов, взятых за основу для создания продуктов, обогащенных клетчаткой льняной, входят различные виды предварительно подготовленного сырья: гречневая крупа, кукурузная крупа, хлопья гороховые, сухое картофельное пюре, овощи сушеные, специи, сок концентрированный яблочный, сухие молочные продукты, какао и др. Данные виды сырья получили широкое распространение на территории Республики Беларусь, что свидетельствует о большой продовольственной базе, на основе которой возможно создание новой пищевых концентратной продукции функционального назначения с заданными свойствами и структурой.

Проведены исследования по подбору рецептурных ингредиентов, определению соотношений ингредиентов с целью получения конечного продукта – пищевого концентрата, обогащенного клетчаткой льняной, обладающего оптимальными органолептическими свойствами, физико-химическими показателями и пищевой ценностью. Предварительный анализ унифицированных рецептур обозначенных групп пищевых концентратов показал возможность введения в рецептурные составы обогащающего компонента в дозировках, указанных в табл. 1.

Для рационального использования сырьевых компонентов и получения продукта функционального назначения с заданными конкретными характеристиками пищевой ценности (высокое содержание омега-3 ПНЖК и белка) с помощью пакета прикладной программы Matlab были смоделированы оптимизированные рецептурные составы новых видов обогащенных пищевых концентратов. В табл. 2 приведен диапазон варьирования сырьевых ингредиентов в рецептурных составах новых видов обогащенных пищевых концентратов.

В качестве критерия оптимизации рецептурных составов выбрана энергетическая ценность обогащенных продуктов.

Решение задачи оптимизации рецептурных составов позволило определить массовую долю каждого конкретного ингредиента в рецептурных составах новых видов пищевых концентратов, обогащенных клетчаткой льняной, при обеспечении заданного содержания белка, омега-3 ПНЖК, а также минимальной энергетической ценности в конечном продукте.

С учетом данных, полученных при моделировании рецептурных составов пищевых концентратов, обогащенных клетчаткой льняной, на ОАО «Лидские пищевые концентраты» выработаны опытные партии 5 новых видов продукции с дозировкой обогащающего ингредиента от 10 до 18 %, в зависимости от группы продукции. Проведены исследования полученных образцов новой обогащенной продукции по показателям пищевой ценности, качества и безопасности (табл. 3).

Результаты проведенных исследований, характеризующие пищевую ценность новых видов обогащенных пищевых концентратов, показали, что новые виды пищевых концентратной продукции имеют богатый жирнокислотный состав, содержат масляную, капроновую, каприловую, каприновую, лауриновую, миристиновую, пентадециловую, пальмитиновую, пальметинолеиновую, маргариновую, маргаринолеиновую, арахисовую, стеариновую, бегеновую, лигноцериную

Т а б л и ц а 1. Дозировка внесения клетчатки льняной в состав новых видов пищевых концентратов по НТД

T a b l e 1. Dosage of flax fiber in composition of new types of food concentrates according to NTD

Вид продукта	Вносимая дозировка клетчатки льняной, %	Сырье, подлежащее пересчету в РЦ
Палочки кукурузные	10–15	Крупа кукурузная
Суп-пюре картофельно-гороховый	15–18	Сухое картофельное пюре, гороховые хлопья
Каша гречневая	15–20	Крупа гречневая
Кисель яблочный	12–15	Сахар, крахмал
Какао-напиток	15–18	Сахар, сухое молоко

Т а б л и ц а 2. Диапазон варыравання сыровых інгрэдыентаў у рэцэптурных саставах новых відаў абогачаных пішчэвых канцэнтратаў

T a b l e 2. Range of variation of raw ingredients in formulations of new types of enriched food concentrates

Інгрэдыенты	x	Дыяпазон варыравання, %	Энергетычная цэннасць, ккал
<i>Рэцэптурны састав №1 «Палочки кукурузныя з клетчаткай льнянай»</i>			
Крупа кукурузная	x_1	0–100	328
Клетчатка льняная	x_2	0–100	389
Соль поваренная йодіраванная	x_3	0–1	0
<i>Рэцэптурны састав №2 «Суп – пюре картофельна-гороховы з клетчаткай льнянай»</i>			
Пюре картофельнае сухое	x_4	40–60	337
Горох варена-сушэны	x_5	10–20	298
Клетчатка льняная	x_6	10–30	389
Соль поваренная йодіраванная	x_7	5–10	0
<i>Рэцэптурны састав №3 «Каша грэчневая не трэбуючая варкі з клетчаткай льнянай»</i>			
Крупа грэчневая	x_8	60–70	329
Клетчатка льняная	x_9	0–100	389
Соль поваренная йодіраванная	x_{10}	0–100	0
<i>Рэцэптурны састав №4 «Кісель хуткага прыгатавання з клетчаткай льнянай»</i>			
Сахар-песок	x_{11}	50–100	399
Крахмал картофельны	x_{12}	0–20	313
Клетчатка льняная	x_{13}	0–100	389
Сок яблочны канцэнтраваны	x_{14}	7	280
<i>Рэцэптурны састав №5 «Какао-напіток хуткага прыгатавання з клетчаткай льнянай»</i>			
Сахар песок	x_{15}	40–70	399
Молоко цэльнае сухое	x_{16}	10–25	479
Клетчатка льняная	x_{17}	10–30	389
Порошок какао	x_{18}	5–15	273

жирные кислоты, а также наиболее ценные – линоленовую (омега-3), линолевую (омега-6) и олеиновую (омега-9) жирные кислоты. На рис. 2 приведены данные, характеризующие количественное содержание данных ПНЖК в новых обогаченных продуктах.

Линоленовая кислота обеспечивает нормальное развитие плода, процессы роста, правильное развитие головного мозга, органов зрения, половых желез, отвечает за биохимию нервной системы, работу синапсов, передачу нервных импульсов; борьбу со стрессом; мозговую активность; выработку простагландина Е; регулировку артериального давления и уровня холестерина в крови. Линолевая кислота способствует поддержанию процессов роста и развития жизненно важных органов, регулированию гормонального баланса, предотвращению повышения уровня холестерина, борьбе с лишним весом. Олеиновая кислота – одна из основных полезных жирных кислот, без которых невозможен правильный обмен веществ в организме человека [7–12].

Разработанные продукты имеют высокое содержание белка (более 4 г/100 г продукта), являются источником омега-3 ПНЖК, содержат значительное количество клетчатки, витамины и минеральные вещества.

На основе анализа данных, приведенных в табл. 3, установлено, что новые виды обогаченных пищевых концентратов в расчете на 100 г сухого продукта содержат: белка – до 26 % от нормы физиологической потребности в сутки для взрослого населения и до 20 % – для детей дошкольного и школьного возраста; клетчатки – до 20 % от средней суточной нормы потребления; витамины: С – от 4,55 до 192,4 мг/100 г, В₂ – от 0,15 до 0,60 мг/100 г, В₆ – от 0,015 до 0,09 мг/100 г, В₉ – до 228,63 мг/100 г, А и Е; имеют низкое содержание жиров, что позволяет отнести их к продуктам здорового питания.

Т а б л и ц а 3. Показатели пищевой ценности новых видов обогащенных пищевых концентратов

T a b l e 3. Nutritional value indicators of new types of enriched food concentrates

Показатель пищевой ценности	Каша гречневая, не требующая варки с клетчаткой льняной (образец № 1)	Суп-пюре картофельно-гороховый с клетчаткой льняной (образец № 2)	Палочки кукурузные с клетчаткой льняной (образец № 3)	Какао-напиток быстрого приготовления с клетчаткой льняной (образец № 4)	Кисель быстрого приготовления с клетчаткой льняной «Лянок» (образец № 5)
W белка, %	12,69	15,5	10,75	14,56	3,63
W клетчатки %	3,2	5,1	3,4	2,4	2,3
W жира, %	7,04	6,33	2,07	10,37	1,22
W углеводов, %	72,6	65,6	76,1	79,9	87,6
Энергетическая ценность	404,52	337,99	349,38	396,29	369,33
Омега-3, г/100 г	0,63	0,756	0,42	0,63	0,5
<i>Витаминно-минеральный состав (массовая доля)</i>					
Кальций, мг/кг	338	447	212	1215	189
Магний, мг/кг	1420	1370	683	1235	481
Фосфор, мг/кг	2205	2090	1135	2395	759
Калий, мг/кг	2570	3985	1109	3155	752
Марганец, мг/кг	8,03	8,3	4,8	6,71	3,8
Железо, мг/кг	127	155	123	104	80,7
Медь, мг/кг	7,06	7,27	3,96	9,25	2,52
Цинк, мг/кг	12,6	12,1	6,88	13,6	4,36
W вит С, мг/100 г	4,55	10,1	Не обнаружен	192,4	Не обнаружен
W вит В ₁ , мг/100 г	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен
W вит В ₂ , мг/100 г	0,029	0,06	0,015	0,057	Не обнаружен
W вит В ₆ , мг/100 г	0,31	0,43	0,09	0,15	0,04
W вит В ₃ , мг/100 г	1,92	2,89	2,09	16,74	12,87
W вит А, мг/100 г	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен	21,1	Не обнаружен
W вит Е, мг/100 г	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен	43,91	Не обнаружен
W фолиевой кислоты, мг/100 г	98,84	Не обнаружен	228,63	Не обнаружен	Не обнаружен

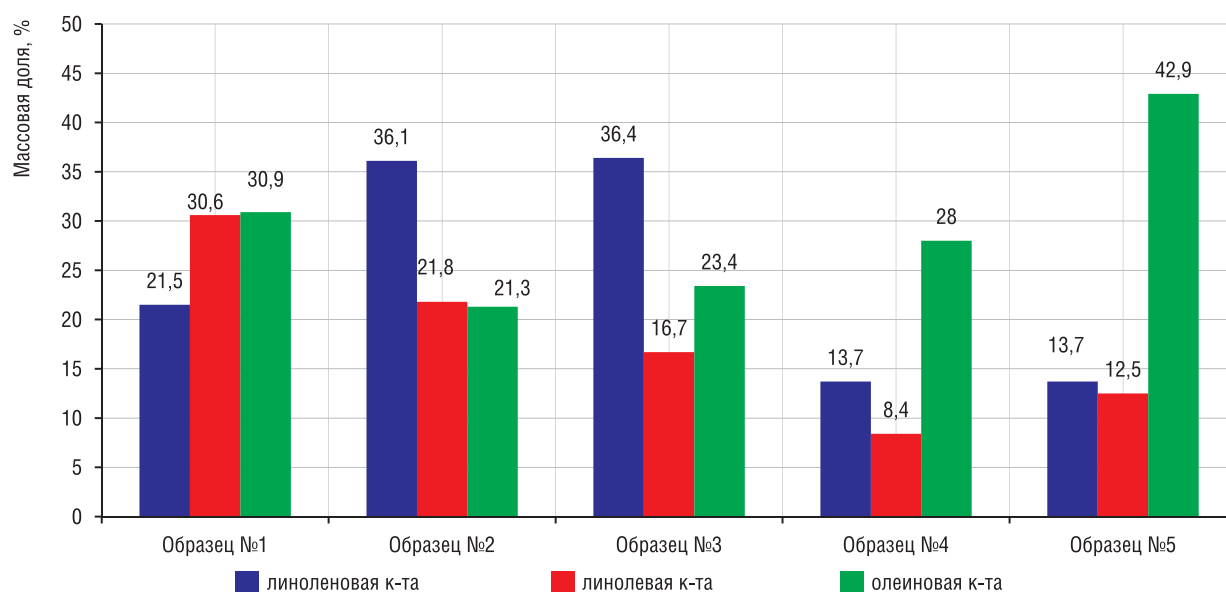


Рис. 2. Содержание линоленовой (омега-3), линолевой (омега-6) и олеиновой (омега-9) полиненасыщенных жирных кислот в образцах новых видов обогащенных пищевых концентратов

Fig. 2. Content of linolenic (omega-3), linoleic (omega-6) and oleic (omega-9) polyunsaturated fatty acids in samples of new types of enriched food concentrates

В образцах новой продукции установлено высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот: линоленовой (омега-3) – до 36,4 %, линолевой (омега-6) – до 30,6 % и олеиновой (омега-9) – до 42,9 % от массовой доли жирных кислот. Наличие достоверно подтвержденного содержания линоленовой ПНЖК в образцах новых видов обогащенной продукции в количестве от 0,42 до 0,75 г/100 г продукта позволяет позиционировать их как «источник омега-3 ПНЖК».

С целью подтверждения функционально-биологического эффекта от употребления разработанных обогащенных пищевых концентратов проведены доклинические исследования. Установлено, что употребление новых видов обогащенной продукции способствует нормализации обменных процессов в организме, снижению уровня глюкозы в крови и триглицеридов, повышению иммунной защиты организма.

С учетом результатов доклинических исследований новых видов обогащенных пищевых концентратов, в соответствии с требованиями ТР ТС 027, в ГУ «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» согласованы маркировочные надписи на упаковке разработанных продуктов, содержащие информацию о специальных питательных свойствах, лечебном, диетическом или профилактическом назначении данных продукции.

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, что клетчатка льняная является перспективным натуральным сырьем отечественного производства, которое может применяться при создании новых видов функциональных продуктов питания для всех групп населения. Однако пищевая ценность клетчатки льняной, произведенной из сырья различного ботанического происхождения, может в значительной степени отличаться. Например, в клетчатке, произведенной из семян «коричневого льна», кроме белков и микроэлементов установлено высокое содержание ПНЖК класса омега-3, в то время как в клетчатке из семян «белого льна» наличие омега-3 ПНЖК не было установлено. Такие сведения должны учитываться специалистами пищевых предприятий при выборе обогащающих функциональных ингредиентов для создания специализированных продуктов питания с заданными конкретными свойствами и составом.

На основе полученных результатов разработан ассортимент пищевых концентратов 5 наименований: каша гречневая, не требующая варки, с клетчаткой льняной; суп-пюре картофельно-гороховый с клетчаткой льняной; палочки кукурузные с клетчаткой льняной; кисель с клетчаткой льняной; какао-напиток с клетчаткой льняной, обогащенных омега-3 ПНЖК, белком, пищевыми волокнами за счет использования клетчатки льняной, обладающих подтвержденными доклиническими исследованиями свойствами по нормализации обменных процессов в организме, снижению уровня глюкозы в крови и триглицеридов, обладающих иммуномодулирующим эффектом.

Установлено, что в 100 г новых видов обогащенных пищевых концентратов содержится: белка – до 26 % и клетчатки – до 20 % от суточной нормы физиологической потребности, омега-3 ПНЖК – до 0,7 г, что позволяет рекомендовать данные продукты в качестве «источника омега-3 ПНЖК» к употреблению всеми группами населения для укрепления иммунной системы организма, нормальной работы пищеварительной системы, повышения сопротивляемости организма стрессу. Выпуск новых обогащенных продуктов осуществляется на ОАО «Лидские пищевые концентраты».

В результате проведенных исследований получены новые научные данные о пищевой и биологической ценности образцов клетчатки льняной отечественного произрастания, возможностях ее использования в обогащении пищевых концентратов. Социально-экономическая значимость работы заключается в обеспечении населения Республики Беларусь обогащенными пищевыми продуктами отечественного производства с целью восполнения дефицитных нутриентов (полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, белка, пищевых волокон) в рационе питания и способствующими сохранению здоровья.

Благодарности. Исследования проведены в рамках Государственной научно-технической программы «Агропромкомплекс–2020», 2016–2020 годы, подпрограмма «Агропромкомплекс – эффективность и качество».

Список использованных источников

1. Amate, L. Dietary long-chaine polyunsaturated fatty acids from different sources affect fat and fatty acid excretions in rats / L. Amate, A. Gil, M. Ramirez // *The J. of Nutrition*. – 2001. – Vol. 131, N 12. – P. 3216–3221. <https://doi.org/10.1093/jn/131.12.3216>
2. Polyunsaturated fatty acids and inflammatory bowel disease / A. Belluzzi [et al.] // *Amer. J. of Clinical Nutrition*. – 2000. – Vol. 71, suppl. 1. – P. 339S–342S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/71.1.339s>
3. Reduced asthma symptoms with n-3 fatty acid ingestion are related to 5-series leukotriene production / K. S. Broughton [et al.] // *Amer. J. of Clinical Nutrition*. – 1997. – Vol. 65, N 4. – P. 1011–1017. <https://doi.org/10.1093/ajcn/65.4.1011>
4. Visual acuity and fatty acid status of term infants fed human milk and formulas with and without docosahexaenoate and arachidonate from egg yolk lecithin / S.E. Carlson [et al.] // *Pediatric Research*. – 1996. – Vol. 39, N 5. – P. 882–888. <https://doi.org/10.1203/00006450-199605000-00024>
5. Carlson, S.E. Long chain polyunsaturated fatty acids in infants and children / S.E. Carlson // *Annales Nestlé*. – 1997. – Vol. 55, N 2. – P. 52–62.
6. Dietary supplementation with w-3-polyunsaturated fatty acids and vitamin E after myocardial infarction: results of the GISSI-Prevenzione trial // *Lancet*. – 1999. – Vol. 354, N 9177. – P. 447–455. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(99\)07072-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(99)07072-5)
7. Filer, L.J. Essential dietary lipids / L.J. Filer, E. E Ziegler // *Present knowledge in nutrition / Intern. Life Sciences Inst.* ; ed.: E. E. Ziegler, L. J. Filer. – 7th ed. – Washington, 1996. – P. 58–67.
8. Impact of early dietary intake and blood lipid composition of long-chain polyunsaturated fatty acids on later visual development / D.R. Hoffman [et al.] // *J. of Pediatric Gastroenterology a. Nutrition*. – 2000. – Vol. 31, N 5. – P. 540–553. <https://doi.org/10.1097/00005176-200011000-00016>
9. The role of docosahexaenoic acid in retinal function / B.G. Jeffrey [et al.] // *Lipids*. – 2001. – Vol. 36, N 9. – P. 859–871. <https://doi.org/10.1007/s11745-001-0796-3>
10. Is there a relation between docosahexaenoic acid concentration in mothers' milk and visual development in term infants? / M. Jorgensen [et al.] // *J. of Pediatric Gastroenterology a. Nutrition*. – 2001. – Vol. 32, N 3. – P. 293–296. <https://doi.org/10.1097/00005176-200103000-00011>
11. Judge, M.P. A docosahexaenoic acid-functional food during pregnancy benefits infant visual acuity at four but not six months of age / M.P. Judge, O. Harel, C.J. Lammi-Keefe // *Lipids*. – 2007. – Vol. 42, №2. – P. 117–122. <https://doi.org/10.1007/s11745-006-3007-3>
12. Long chain polyunsaturated fatty acid (LC-PUFA) and perinatal development / B. Koletzko [et al.] // *Acta Paediatrica*. – 2001. – Vol. 90, N 4. – P. 460–464. <https://doi.org/10.1080/080352501750126492>
13. Effects of high-dose fish oil on rheumatoid arthritis after stopping nonsteroidal anti-inflammatory drug. Clinical and immune correlates / J.M. Kremer [et al.] // *Arthritis a. Rheumatism*. – 1995. – Vol. 38, N 8. – P. 1107–1114. <https://doi.org/10.1002/art.1780380813>
14. Supplementation with docosahexaenoic acid in the last trimester of pregnancy: maternal-fetal biochemical findings / P. Sanjurjo [et al.] // *J. of Perinatal Medicine*. – 2004. – Vol. 32, N 2. – P. 132–136. <https://doi.org/10.1515/JPM.2004.024>
15. Health effects of omega-3 fatty acids on asthma / H.M. Schachter [et al.]. – Rockville : Agency for Healthcare Research a. Quality, U.S. Dep. of Health a. Human Services, 2004. – 103 p. – (Evidence report/technology assessment ; no. 91).
16. Vitamin & mineral deficiency: a global progress report [Electronic resource] / The Micronutrient Initiative, UNICEF. – Ottawa : The Micronutrient Initiative, 2004. – Mode of acces: <https://www.unicef.org/media/files/vmd.pdf>. – Date of access: 25.06.2019.
17. Relationship between omega-3 longchain polyunsaturated fatty acid status during early infancy and neurodevelopmental status at 1 year of age / R. G. Voigt [et al.] // *J. of Human Nutrition a. Dietetics*. – 2002. – Vol. 15, N 2. – P. 111–120. <https://doi.org/10.1046/j.1365-277x.2002.00341.x>
18. Wolff, R. L. Fatty acid composition of some pine seed oils / R.L. Wolff, C. C. Bayard // *J. of the Amer. Oil Chemists' Soc.* – 1995. – Vol. 72, N 9. – P. 1043–1046. <https://doi.org/10.1007/bf02660719>
19. Исаев, В. А. Полиненасыщенные жирные кислоты и их роль в мозговом кровообращении [Электронный ресурс] / В. А. Исаев. – Режим доступа: <http://www.kmaslo.ru/index039c.php?cnt=articles&item=11>. – Дата доступа: 24.06.2019.
20. Нетребенко, О. К. Некоторые эссенциальные микроэлементы в питании недоношенных детей. – М. : Нестле Фуд, 2004. – 136 с.
21. Никонович, С. Н. Функциональные свойства жировых продуктов нового поколения / С. Н. Никонович, Т. И. Тимофеевко, Н. Ф. Гринь // *Изв. высш. учеб. заведений. Пищевая технология*. – 2006. – № 1. – С. 18–20.
22. Обогащение пищевых продуктов и биологически активные добавки. Технология, безопасность и нормативная база = Food fortification and supplementation. Technological, safety and regulatory aspects / ред.-сост. П. Б. Оттавей ; пер. с англ. И. С. Горожанкиной. – СПб. : Профессия, 2010. – 309 с. – (Научные основы и технологии).
23. Жиры. Химический состав и экспертиза качества / О. Б. Рудаков [и др.]. – М. : ДеЛи принт, 2005. – 311 с.
24. Цибулевский, А. Ю. Тканевые базофилы желудочно-кишечного тракта и их роль в физиологических и патологических процессах / А. Ю. Цибулевский, Ю. К. Елецкий // *Архив анатомии, гистологии и эмбриологии*. – 1991. – Т. 100, № 2. – С. 92–100.

References

1. Amate L., Gil A., Ramirez M. Dietary long-chain polyunsaturated fatty acids from different sources affect fat and fatty acid excretions in rats. *The Journal of Nutrition*, 2001, vol. 131, no. 12, pp. 3216–3221. <https://doi.org/10.1093/jn/131.12.3216>
2. Belluzzi A., Boschi S., Brignola C., Munarini A., Cariani G., Miglio F. Polyunsaturated fatty acids and inflammatory bowel disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2000, vol. 71, suppl. 1, pp. 339S–342S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/71.1.339s>
3. Broughton K. S., Liebman M., Kleppinger K. M., Johnson C. S., Pace B. K. Reduced asthma symptoms with n-3 fatty acid ingestion are related to 5-series leukotriene production. *American Journal of Clinical Nutrition*, 1997, vol. 65, no. 4, pp. 1011–1017. <https://doi.org/10.1093/ajcn/65.4.1011>
4. Carlson S. E., Ford A. J., Werkman S. H., Peeples J. M., Koo W. W. K. Visual acuity and fatty acid status of term infants fed human milk and formulas with and without docosahexaenoate and arachidonate from egg yolk lecithin. *Pediatric Research*, 1996, vol. 39, no. 5, pp. 882–888. <https://doi.org/10.1203/00006450-199605000-00024>
5. Carlson S. E. Long chain polyunsaturated fatty acids in infants and children. *Annales Nestlé*, 1997, vol. 55, no. 2, pp. 52–62.
6. Dietary supplementation with w-3-polyunsaturated fatty acids and vitamin E after myocardial infarction: results of the GISSI-Prevenzione trial. *Lancet*, 1999, vol. 354, no. 9177, pp. 447–455. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(99\)07072-5](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(99)07072-5)
7. Filer L. J., Ziegler E. E. Essential dietary lipids. *Present knowledge in nutrition*. 7th ed. Washington, 1996, pp. 58–67.
8. Hoffman D. R., Birch E. E., Birch D. G., Uauy R., Castañeda Y. S., Lapus M. G., Wheaton D. H. Impact of early dietary intake and blood lipid composition of long-chain polyunsaturated fatty acids on later visual development. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 2000, vol. 31, no. 5, pp. 540–553. <https://doi.org/10.1097/00005176-200011000-00016>
9. Jeffrey B. G., Mitchell D. C., Neuringer M., Weisinger H. S. The role of docosahexaenoic acid in retinal function. *Lipids*, 2001, vol. 36, no. 9, pp. 859–871. <https://doi.org/10.1007/s11745-001-0796-3>
10. Jørgensen M. H., Hernell O., Hughes E. L., Michaelsen K. F. Is there a relation between docosahexaenoic acid concentration in mothers' milk and visual development in term infants? *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 2001, vol. 32, no. 3, pp. 293–296. <https://doi.org/10.1097/00005176-200103000-00011>
11. Judge M. P., Harel O., Lammi-Keefe C. J. A docosahexaenoic acid-functional food during pregnancy benefits infant visual acuity at four but not six months of age. *Lipids*, 2007, vol. 42, no. 2, pp. 117–122. <https://doi.org/10.1007/s11745-006-3007-3>
12. Koletzko B., Agostoni C., Carlson S. E., Clandinin T., Hornstra G., Neuringer M., Uauy R., Yamashiro Y., Willatts P. Long chain polyunsaturated fatty acid (LC-PUFA) and perinatal development. *Acta Paediatrica*, 2001, vol. 90, no. 4, pp. 460–464. <https://doi.org/10.1080/080352501750126492>
13. Kremer J. M., Lawrence D. A., Petrillo G. F., Litts L. L., Mullaly P. M., Rynes R. I. et al. Effects of high-dose fish oil on rheumatoid arthritis after stopping nonsteroidal anti-inflammatory drug. Clinical and immune correlates. *Arthritis and Rheumatism*, 1995, vol. 38, no. 8, pp. 1107–1114. <https://doi.org/10.1002/art.1780380813>
14. Sanjurjo P., Ruiz-Sanz J. I., Jimeno P., Aldámiz-Echevarría L., Aquino L., Matorras R., Esteban J., Banqué M. Supplementation with docosahexaenoic acid in the last trimester of pregnancy: maternal-fetal biochemical findings. *Journal of Perinatal Medicine*, 2004, vol. 32, no. 2, pp. 132–136. <https://doi.org/10.1515/JPM.2004.024>
15. Schachter H. M., Reisman J., Tran K., Dales B., Kourad K., Barnes D., Sampson M., Morrison A., Gaboury I., Blackman J. *Health effects of omega-3 fatty acids on asthma. Evidence report/technology assessment. No. 91*. Rockville, Agency for Healthcare Research and Quality, U. S. Department of Health and Human Services, 2004. 103 p.
16. UNICEF. *Vitamin & mineral deficiency: a global progress report*. Ottawa, The Micronutrient Initiative, 2004. Available at: <https://www.unicef.org/media/files/vmd.pdf> (accessed 25.06.2019).
17. Voigt R. G., Jensen C. L., Fraley J. K., Rozelle J. C., Brown F. R., Heird W. C. Relationship between omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acid status during early infancy and neurodevelopmental status at 1 year of age. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 2002, vol. 15, no. 2, pp. 111–120. <https://doi.org/10.1046/j.1365-277x.2002.00341.x>
18. Wolff R. L., Bayard C. C. Fatty acid composition of some pine seed oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1995, vol. 72, no. 9, pp. 1043–1046. <https://doi.org/10.1007/bf02660719>
19. Isaev V. A. Polyunsaturated fatty acids and their role in the cerebral circulation. Available at: <http://www.kmaslo.ru/index039c.php?cnt=articles&item=11> (accessed 24.06.2019) (in Russian).
20. Netrebenko O. K. *Some essential trace elements in the nutrition of premature babies*. Moscow, Nestle Fud Publ., 2004. 136 p. (in Russian).
21. Nikonovich S. N., Timofeenko T. I., Grin' N. F. Functional properties of fat products of a new generation. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Pishchevaya tekhnologiya = News of Institutes of Higher Education. Food Technology*, 2006, no. 1, pp. 18–20 (in Russian).
22. Ottaway P. B. *Food fortification and supplementation: technological, safety and regulatory aspects*. Cambridge, Woodhead Publishing Ltd, 2008. 269 p. <https://doi.org/10.1201/9781439832820>
23. Rudakov O. B., Ponomarev A. N., Polyanskii K. K., Lyubar' A. V. *Fats. Chemical composition and quality expertise*. Moscow, DeLi print Publ., 2005. 311 p. (in Russian).
24. Tsibulevskii A. Yu., Eletsii Yu. K. Tissue basophils of the gastrointestinal tract and their role in physiological and pathological processes. *Arkhiv anatomii, gistologii i embriologii [Archive of Anatomy, Histology and Embryology]*, 1991, vol. 100, no. 2, pp. 92–100 (in Russian).

Информация об авторах

Ловкис Зенон Валентинович – член-корреспондент НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор, генеральный директор, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию (ул. Козлова, 29, 220037, Минск, Республика Беларусь). E-mail: info@belproduct.com

Усеня Юлия Сергеевна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник – заместитель начальника отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию (ул. Козлова, 29, 220037, Минск, Республика Беларусь). E-mail: Yulia1484@mail.ru

Уложинава Марина Юрьевна – аспирант, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию (ул. Козлова, 29, 220037, Минск, Республика Беларусь). E-mail: potato@belproduct.com

Филатова Ленина Всеволодовна – старший научный сотрудник отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию (ул. Козлова, 29, 220037, Минск, Республика Беларусь). E-mail: potato@belproduct.com

Information about the authors

Lovkis Zenon V. - Corresponding Member of NAS of Belarus, D.Sc. (Engineering), Professor. The Research and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Foodstuffs (29 Kozlova Str., 220037 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com

Usenia Yuliya S. - Ph.D. (Engineering). The Research and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Foodstuffs (29 Kozlova Str., 220037 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Yulia1484@mail.ru

Ulozhinova Marina Yu. - Postgraduate student. The Research and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Foodstuffs (29 Kozlova Str., 220037 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: potato@belproduct.com

Filatova Lenina V. - The Research and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Foodstuffs (29 Kozlova Str., 220037 Minsk, Republic of Belarus). E-mail: potato@belproduct.com