2020 Т. 50 № 2 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)
https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-232-241
Оригинальная статья
УДК 664.7:613.22
http://fptt.ru/

Перспективы использования амаранта и непропаренной гречихи в сухих безглютеновых смесях для детей с непереносимостью глютена

С. А. Урубков*, С. С. Хованская, С. О. Смирнов

ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН,
142718, Россия, Московская область, Ленинский район,
пос. Измайлово, 22

**e-mail: glen.vniiz@gmail.com*

Дата поступления в редакцию: 11.03.2020
Дата принятия в печать: 29.05.2020

© С. А. Урубков, С. С. Хованская, С. О. Смирнов, 2020

Аннотация.
Введение. Строгая диета является основным способом лечения заболеваний непереносимости глютена. Однако она нередко нарушается, особенно детьми, из-за ограниченного ассортимента рекомендуемых продуктов и блюд. В питание детей с непереносимостью глютена должны быть включены продукты на зерновой основе, не содержащие глютен и обеспечивающие детей углеводами, в том числе пищевыми волокнами, растительными белками, жирами, витаминами группы В, минеральными веществами (калием, магнием, селеном и др.). В связи с этим актуальна разработка новых видов специализированной безглютеновой продукции, позволяющей расширить рацион питания. Данное исследование направлено на изучение содержания основных пищевых веществ (белков, жиров, углеводов), а также общее содержание минеральных веществ в амарантовой муке и муке из нативной гречневой крупы.
Объекты и методы исследования. Исследование проводили методом инфракрасной спектроскопии на анализаторе SpectraStar 2500. На основании полученных данных произведен расчет пищевой и энергетической ценности продуктов, содержащих амарантовую и гречневую муку, а также плодовоовощные и ягодные порошки, предназначенных для детей старше трех лет с непереносимостью глютена.
Результаты и их обсуждение. Исследования показали, что амарантовая мука имеет высокое содержание белка (13,4 %), липидов (5,1 %), а также зольности (2,8 %). Мука из нативной гречневой крупы содержит 7,5 % белка, 3,6 % липидов, зольность гречневой муки составила 1,4 %. Содержание углеводов у обоих образцов находится примерно на одном уровне 56–58 %. Согласно проведенным расчетам специализированные сухие безглютеновые смеси, предназначенные для детей старше трех лет с непереносимостью глютена, могут служить важным источником растительного белка (до 9,44 г/100 г готовой продукции) углеводов (до 40,08 г/100 г готовой продукции), а также энергетической ценности (от 158,12 до 221,85 ккал/100 г готовой продукции).
Выводы. Полученные данные подтверждают перспективу использования в качестве основных компонентов муку из гречихи и амаранта, а также плодовоовощные и ягодные порошки, которые обладают высокой питательной и биологической ценностью.

Ключевые слова. Продукты питания, зерно, дети, схема питания, целиакия, глютен

Финансирование. Научно-исследовательская работа выполнена за счет субсидий на выполнение государственного задания в рамках программы Фундаментальных научных исследований государственной академии наук на 2019–2021, тема № 0529-2019-0065 «Разработка специализированных безглютеновых зерновых смесей с амарантом для питания детей с непереносимостью глютена».

Для цитирования: Урубков, С. А. Перспективы использования амаранта и непропаренной гречихи в сухих безглютеновых смесях для детей с непереносимостью глютена / С. А. Урубков, С. С. Хованская, С. О. Смирнов // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 232–241. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-232-241.

Original article
Available online at http://fptt.ru/eng

Prospects for Using Amaranth and Native Buckwheat in Dry Gluten-Free Mixes for Children with Gluten Intolerance

S.A. Urubkov*, S.S. Khovanskaya, S.O. Smirnov

V.M. Gorbatov Research Center for Food Systems
of Russian Academy of Sciences,

Received: March 11, 2020
Accepted: May 29, 2020

22, Izmailovo settlement, Leninsky district, Moscow region, 142718, Russia

*e-mail: glen.vniiz@gmail.com

© S.A. Urubkov, S.S. Khovanskaya, S.O. Smirnov, 2020

Abstract.
Introduction. Diet therapy is one of the main approaches to the treatment of various diseases of the digestive system. A strict lifetime diet is the main method of treatment for gluten intolerance. However, young patients, who are particularly sensitive to dietary restrictions, often fail to follow the diet due to the limited menu of recommended foods and dishes. The diet for children with gluten intolerance should include a sufficient amount of gluten-free grain-based products. They provide children with carbohydrates, dietary fibers, vegetable proteins, fats, B vitamins, and minerals, e.g. potassium, magnesium, selenium, etc. In this regard, it is urgent to develop new types of specialized gluten-free products to expand the diet both in terms of nutritional value and taste diversity.
Study objects and methods. The research is part of a project on the development of dry gluten-free mixes based on buckwheat and amaranth with fruit, vegetable, and berry raw materials. The new formulations are intended for children older than three years of age with gluten intolerance. The research objective was to study the main nutrients in amaranth and buckwheat flours. The study involved the method of infrared spectroscopy using a SpectraStar 2500 analyzer. The data obtained made it possible to calculate the nutritional and energy value of products based on amaranth and buckwheat flours, as well as fruit, vegetable, and berry powders intended for children older than three years of age with gluten intolerance.
Results and discussion. Amaranth flour proved to be rich in protein (13.4%), lipids (5.1%), and ash (2.8%). Native buckwheat flour contained 7.5% of protein, 3.6% of lipids, and 1.4% of ash. The carbohydrate content appeared approximately the same in both samples (56–58%). The dry gluten-free mixes can serve as an important source of vegetable protein (up to 9.44 g per 100 g of the finished product), carbohydrates (up to 40.08 g per 100 g of the finished product, and energy (from 158.12 to 221.85 kcal per 100 g of the finished product).
Conclusion. The high nutritional and biological value of amaranth and buckwheat flours, as well as fruit, vegetable, and berry powders, confirmed the prospect of using them as the main components for functional foods. Amaranth and buckwheat contain no gluten but are rich in protein, amino acids, saturated and unsaturated fatty acids, minerals, and biologically active elements, which makes them an important source of nutrition for children with gluten intolerance.

Keywords. Food, grain, children, food scheme, celiac disease, gluten

Funding. The research was funded by the state grant within the Fundamental Scientific Research Program of the State Academy of Sciences for 2019–2021, project No. 0529-2019-0065 “Development of specialized gluten-free grain mixes with amaranth for children with gluten intolerance”.

For citation: Urubkov SA, Khovanskaya SS, Smirnov SO. Prospects for Using Amaranth and Native Buckwheat in Dry Gluten-Free Mixes for Children with Gluten Intolerance. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(2):232–241. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-232-241.

Введение

Питание играет ведущую роль в обеспечении здоровья человека и имеет особое значение в детском возрасте, когда в организме интенсивно протекают процессы роста и развития, формируются органы и системы, совершенствуются их функции.

Диетотерапия – неотъемлемая часть лечения заболеваний органов пищеварения детского возраста. Строгая диета является основным способом лечения заболеваний непереносимости глютена, в том числе целиакии. Эффективность лечения непереносимости глютена напрямую зависит от приверженности к безглютеновой диете, которая нередко нарушается из-за ограниченного ассортимента рекомендуемых продуктов и блюд, особенно больными детского возраста [1–3].

Целиакия встречается примерно у 1 % населения во всем мире, но значительное количество скрытых форм не диагностируются. Исследования показывают, что распространенность заболевания за последние 50 лет увеличилась в 4–5 раз. Одновременно наблюдается отчетливая тенденция к нарастанию частоты гастроэнтерологической патологии в детском возрасте (рис. 1) [1–4].

Глютен представляет собой компонент клейковины злаков, состоящий из глютенинов – белков эндосперма, растворяющихся только в слабых кислотах или щелочах, и проламинов – белков, растворимых в 60–80 % растворе этанола. Эти белки отражают характеристики аминокислотного состава, а именно высокое содержание и большое число аминокислотных последовательностей пролина и глутамина, определяющих токсичность глиадина (в пшенице), секалина (во ржи), гордеина (в ячмене) и авенина (в овсе) для больных целиакией. Однако не все белки, относящиеся к глютенинам и проламинам, токсичны для организма человека. Проламины риса и кукурузы практически не содержат глутамина и пролина, но содержат больше лейцина и аланина – безопасных аминокислот для больных с непереносимостью глютена.

В питание детей с непереносимостью глютена должны быть включены в достаточном количестве продукты на зерновой основе, не содержащие глютен

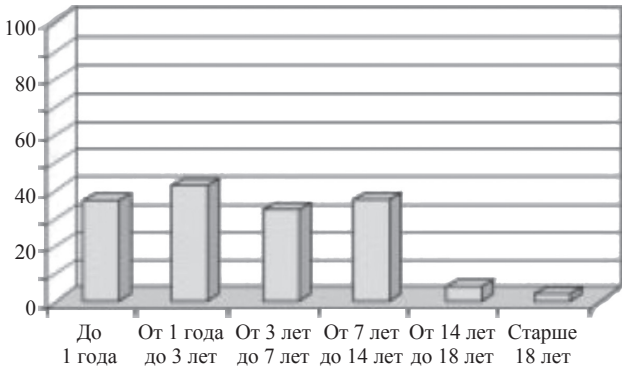

Рисунок 1. Распределение больных целиакией по возрасту на момент обращения [4]

Figure 1. Age distribution of patients with celiac disease on admission [4]

и обеспечивающие детей углеводами, в том числе пищевыми волокнами, растительными белками, жирами, витаминами группы В, минеральными веществами (калием, магнием, селеном и др.). Принципиально важным является отказ от употребления хлеба, хлебобулочных и кондитерских изделий, макаронных изделий, пшеничной, манной, овсяной, перловой, ячневой круп и продуктов, которые содержат «скрытый» глютен, используемый в составе пищевой добавки в процессе производства [3].

Отказ от продуктов на основе такого распространенного зернового сырья как пшеница, рожь и овес, снижает возможность обеспечения полноценного рациона разнообразными продуктами. У детей на фоне соблюдения безглютеновой диеты часто наблюдаются дефицит ценных минеральных и биологически активных веществ, таких как калий, селен, магний, а также витаминов группы В и пищевых волокон (клетчатки). Недостаток потребления нутриентов, а также нарушения их всасывания напрямую формирует риск нарушений физического развития ребенка [3, 5].

Целью данного исследования было определение основных пищевых веществ (белков, жиров и углеводов), а также общего содержания минеральных веществ, выраженное параметром зольность в 100 г готовых изделий из гречневой и амарантовой муки, а также плодовоовощных и ягодных порошков.

На основании содержания основных нутриентов и энергетической ценности в 100 г готовых изделий произведен расчет удовлетворения рекомендуемой суточной потребности (РСП) основных нутриентов для разработанных смесей печенья, кексов и блинчиков на примере их потребления детьми 6 лет.

Специализированная продукция из амаранта и гречихи может стать источником дефицитных макро- и микроэлементов, полноценного белка и других биологически ценных соединений [6–9]. Расширение линейки отечественной специализированной безглютеновой продукции, в том числе за счет использования новых видов глютен не содержащего сырья, относится к актуально научно-практической задаче, решение которой позволит оптимизировать подход к организации питания больных с непереносимостью глютена, повысить комплаентность лечения, улучшить качество жизни пациента и его семьи. Потребление специализированных продуктов позволяет снизить частоту и степень выраженности дефицитных состояний необходимых организму нутриентов [1–3, 5].

Объекты и методы исследования

Было исследовано содержание основных нутриентов и зольности в муке амарантовой 1 сорта по ТУ 9293-004-77872064-2011 и в крупе гречневой ядрица (непропаренная) 1 сорта по ТУ 10.61.32-004-06861298-2018.

Влажность определяли по ГОСТ 9404-88, зольность определяли по ГОСТ 32933-2014. Исследование содержания белков, жиров и углеводов проводили методом инфракрасной спектроскопии на анализаторе SpectraStar 2500 (номер госрегистрации 34294-12) согласно ГОСТ 10846-91, ГОСТ 29033-91, ГОСТ 26176-91, ГОСТ 31675-2012. Достоверность результатов была подкреплена проведенными исследованиями общего содержания белка на полуавтоматическом анализаторе азота, состоящего из полуавтоматической установки для перегонки паром ГВЛ 139 (производства VELP Scientifically Europe 2013 года), дигестора с программируемым нагревом ВЛ 6 и автоматического титратора Easy Puls с электродом EG 11-BNC. Все приборы поверены и находятся в аккредитованной лаборатории ФГБУ ГЦАС «Московский».

В качестве готовой продукции рассматривали печенье, кексы и блины из сухих безглютеновых смесей, включающих муку из нативной гречневой крупы, амарантовую муку, плодовоовощные и ягодные порошки, а также дополнительные компоненты. Для расчета основных пищевых веществ и калорийности в 100 г готовой продукции использовали следующий ингредиентный состав и соотношение компонентов в сухих смесях: амарантовая мука и мука из нативной гречневой крупы в соотношении 1:1 и 2:1, яблочный (входит в состав всех изделий), свекольный и клюквенный порошки (в соответствии с наименованием) не более 10 % смеси, а также дополнительные компоненты: соль, сахар-песок, сода пищевая, кислота лимонная. При расчете также учитывались яйцо куриное (для кексов и печенья) и сливочное масло (для кексов и блинов (при намазке на уже готовое изделие).

Для определения расчетной энергетической ценности готового продукта процентное содержание соответствующих пищевых веществ умножалось на следующие коэффициенты: белки – 4,0 ккал/г,

жиры – 9,0 ккал/г, углеводы – 4,0 ккал/г. Сумма полученных произведений является теоретической калорийностью 100 г продукта.

Амарант. Амарант является одной из древнейших сельскохозяйственных культур. Основными странами производителями и потребителями амаранта являются США, Мексика, Китай, Канада, Аргентина и Перу. Амарант обладает рядом особенностей, позволяющим противостоять неблагоприятным для большинства злаковых климатическим условиям.

Международный научный интерес к данной культуре возник недавно. Лишь в начале XX века появились первые исследования, выполненные академией наук США, которые практически заново открыли древнюю культуру, подтвердив ее высокую питательную и биологическую ценность [10].

Амарант является богатым источником белка, липидов, β-каротина, витаминов, минеральных веществ и пищевых волокон. Крахмал амаранта уникален своей высокой растворимостью и усвояемостью по сравнению с крахмалом пшеницы, риса и овса. Амарант не содержат глютен. При этом количество белка с полным набором аминокислот примерно на 30 % выше, чем у традиционных зерновых культур. Мировые исследования относят амарант к источнику биологически активных соединений, обладающих антиоксидантными и антимикробными свойствами, а также антидиабетическими, антигиперлипидемическими и антигиперхолестеринемическим эффектами [11].

Одним из распространенных способов применения зерна амаранта является измельчение его в муку и использование в качестве добавки для улучшения питательных свойств хлеба, хлебобулочных и кондитерских изделий. В России амарант является нетрадиционной культурой и в настоящее время реализуется в качестве пищевого продукта, обозначенного как «функциональное питание» из-за его полезных свойств, способствующих укреплению здоровья.

Амарант содержит 13–19 % белка, 5–13 % липидов, 62–74 % углеводов, 9 % пищевых волокон и 2,14–2,91 % золы. Основными минеральными веществами, которые содержатся в зерне амаранта, являются Fe, Mg, Mn, K, P, S, Na, Se. Амарант также богат витаминами комплекса В. Амарант является источником лизина и других биологически активных соединений, таких как фенольные соединения, сквален, фолат, фитаты и токоферолы [12–14].

Амарант содержит изолейцин (58 мг/г белка), лизин (75 мг/г белка), треонин (56 мг/г белка), лейцин (88 мг/г белка), а также триптофан, валин, гистин, аспарагиновую кислоту и серосодержащие аминокислоты. Обычно лизин выступает в качестве лимитирующей аминокислоты в злаковых культурах. Количество лизина в амаранте в два раза больше, чем у пшеницы, и в три раза больше, чем у кукурузы, что делает его источником белка высокого качества.

По сравнению с большинством видов зерновых содержание липидов также выше – около 5–13 %. Липиды амаранта состоят из триацилглицеролов, фосфолипидов и сквалена, жирорастворимых витаминов в виде токоферолов и токотриенолов (5–8 %) и стеринов (0,27–0,32 мг/г). Липиды амаранта богаты ненасыщенными жирными кислотами, составляющими около 73 % от общего количества жирных кислот. Причем большинство принадлежит линолевой (44,5–47,8 %) и олеиновой (23,7–28,8 %) кислотам [11, 12, 14].

Одними из наиболее важных элементов, содержащихся в амаранте, являются биологически активные соединения токоферолы и токотриенолы – в совокупости называемые витамином Е. Общий уровень концентрации от 63,7 до 129,3 мг/кг. Основная функция данных соединений заключается в том, что они действуют как природные антиоксиданты. Содержание в зерне витамина Е часто коррелирует с относительным содержанием ненасыщенных жирных кислот в целом [15].

Крахмал амаранта состоит из амилопектина (93,6–95,2 %). Гранулы крахмала имеют небольшой размер относительно крахмала других зерновых. Эти свойства придают крахмалу более высокую устойчивость к действию амилазы, а также высокую растворимость и усвояемость. Крахмал амаранта также имеет высокий гликемический индекс, что способствует более быстрому восстановлению после физической активности, присущей детскому организму [16, 17].

В амарантовой муке содержатся аскорбиновая кислота (23,6 мг/кг) и витамины группы В: B_3 (66,5 мг/кг), B_6 (7,6 мг/кг) и B_2 (4,9 мг/кг) [10].

В России имеется положительный опыт использования продуктов, содержащих амарант в питании детей с непереносимостью глютена. Больные переносили диету без каких-либо аллергических и диспепсических реакций, наблюдалось улучшение показателей нутритивого статуса пациентов, а также снижение психоэмоционального напряжения благодаря внесению в рацион дополнительного ассортимента продуктов [18].

Отсутствие глютена и высокие показатели содержания основных нутриентов, полноценного белка, насыщенных и ненасыщенных жирных кислот, минеральных веществ, витаминов, а также биологически активных элементов делают амарант важным источником питания ребенка при непереносимости глютена.

Гречиха. В России гречиха по потреблению является второй после риса крупяной культурой. Это обусловлено сложившимися кулинарными традициями. По данным Росстата за последние 3 года средний валовой сбор гречихи составил около 1 млн т/год, что составляет более 35 % выработки от общего производства в мире. Важно отметить, что во многих странах ЕС гречиху не выращивают.

В настоящее время в промышленной практике российских предприятий гречневой мукой заменяют 10–20 % пшеничной муки в составе рецептур бисквитов, печенья, хлебобулочных изделий, а также кулинарной продукции. Из зерна гречихи традиционно получают муку для детского и диетического питания.

В последние десятилетия гречиха стала предметом интенсивных исследований во всем мире. Гречиха не содержит глютен, является хорошим источником растительного белка, обладает уникальными качествами, обусловленными наличием в ней ряда соединений с антиоксидантными свойствами, а также возможностью производить безглютеновые продукты с низким гликемическим индексом. Например, исследования мучных смесей с гречихой показало повышение антиоксидантной активности; потребление хлеба с добавлением гречневой муки приводило к снижению уровня глюкозы в крови и гипогликемии после приема пищи [19, 20]. Было исследовано влияние различного количества гречневой муки на качество безглютенового хлеба [21].

В процессе производства пропаренной гречневой крупы применяется процесс обработки зерна, включающий пропаривание с последующей сушкой и охлаждением, что приводит к ухудшению нутриентного состава крупы, в отличии от нативной, где основные нутриенты и витамины не затронуты тепловой обработкой. Мука, произведенная из непропаренной гречневой крупы, содержит больше витаминов (С, B_1, B_2, PP, Р и витамин Е), минеральных веществ и природных антиоксидантов, которые необходимы для организма человека. Гречневая мука содержит необходимые организму микроэлементы: железо, фосфор, медь, магний, калий, цинк и другие. Она характеризуется высокой пищевой и биологической ценностью, богата клетчаткой и минеральными веществами. Продукты из гречихи особо ценны в диетическом отношении, т. к. содержат в своем составе незаменимые аминокислоты и трудноусвояемые углеводы. Применение муки из непропаренной гречневой крупы при производстве пищевых продуктов улучшает работу внутренних органов [22, 23].

По сравнению с другими злаковыми белки гречихи имеют высокую биологическую ценность из-за большого содержания лизина с аминокислотным коэффициентом усвояемости белков 99,45.

Гречневая крупа содержит 12,8 % белка, характеризующегося высоким содержанием (более 50 %) альбуминов глобулинов. Это наиболее ценные фракции, т. к. легко и полно усваиваются организмом человека благодаря воздействию ферментов ЖКТ. В гречневой крупе высокое содержание таких эссенциальных аминокислот, как лизин, изолейцин, валин, треонин, лейцин и фенилаланин. Белок гречихи также богат аргинином, аланином, серином, глицином, гистидином и аспарагиновой кислотой. Гречневая крупа содержит 68,8 % углеводов, в том числе крахмал – 55,4 %, пищевые волокна – 11,3 %, моно- и дисахариды – 2,1 %. Крахмал гречихи обладает высокой водопоглотительной способностью и набухаемостью. По содержанию пищевых волокон гречневая крупа занимает первое место среди всех видов крупы. В гречневой крупе содержится 3,3 % липидов, в котором 69 % составляют моно- и полиненасыщенные жирные кислоты: линолевая, линоленовая, олеиновая. Большую ценность представляют витаминный и минеральный комплекс гречневой крупы. Гречневая крупа отличается высоким содержанием витаминов B_1, B_2, B_6, PP, пантотеновой кислоты, фолацина, холина. Крупа содержит в больших количествах токоферол (витамин Е), который является антиоксидантом, защищающим ненасыщенные жирные кислоты от быстрого окисления и прогоркания. В ней также присутствуют биотин, β-каротин и рутин. В гречневой крупе содержится достаточное количество фосфора, магния, калия, цинка, марганца, меди, кремния, присутствует сера [20].

Результаты и их обсуждение

В результате проведенных исследований получены данные по содержанию основных пищевых веществ (белков, жиров, углеводов, а также зольности) в муке из амаранта, а также в муке из нативной гречневой крупы (табл. 1).

Как видно из таблицы 1, амарантовая мука имеет высокое содержание белка (13,4 %), что соответствует данным других исследований, подтверждающих, что количество белка в зерне амаранта больше, чем в традиционных зерновых культурах, включая безглютеновые [11, 22, 23]. Кроме того, амарантовая мука содержит больше липидов, чем гречневая мука – 5,1 % против 3,6 % соответственно, а также имеет более высокую зольность (2,8 %) – показатель отражающий общее количество минеральных веществ в зерне. Зольность гречневой муки составила 1,4 %. Содержание углеводов у обоих образцов находится примерно на одном уровне 56–58 %.

Таблица 1. Химический состав муки из амаранта и непропаренной гречневой крупы

Table 1. Chemical composition of amaranth flour and natural buckwheat

№ п/п	Наименование продукта	Влажность, %	Белок, %	Липиды, %	Углеводы, %	Зольность, %
1	Амарантовая мука	7,8	13,4	5,1	58,3	2,8
2	Мука из нативной гречневой крупы	14,4	7,5	3,6	56,1	1,4

Таблица 2. Расчетное содержание основных пищевых веществ и энергетической ценности продуктов для питания детей старше трех лет с непереносимостью глютена, на 100 г готовой продукции

Table 2. Basic nutrients and energy value of foods for children older than three years of age with gluten intolerance, per 100 g of finished product

Наименование	Белок, г	Жиры, г	Углеводы, г	Энергетическая ценность, ккал
Печенье свекольное (1:1)	9,39	6,28	38,07	217,62
Печенье клюквенное (1:2)	8,30	5,91	38,78	214,61
Кекс свекольный (1:1)	9,44	6,28	39,15	221,85
Кекс клюквенный (1:2)	8,41	5,92	40,08	219,64
Блинчики (1:1)	6,78	2,55	33,22	155,08
Блинчики (1:2)	7,21	2,85	32,00	157,30

На основании полученных данных произведен расчет пищевой и энергетической ценности 100 г готовой продукции, получаемой из смесей, сочетающих муку из нативной гречневой крупы и амарантовую муку, а также плодовоовощные и ягодные порошки, предназначенные для питания детей старше трех лет с непереносимостью глютена (табл. 2).

На основании содержания основных нутриентов и энергетической ценности в 100 г готовых изделий произведен расчет удовлетворения рекомендуемой суточной потребности (РСП) основных нутриентов для разработанных смесей печенья, кексов и блинчиков на примере их потребления детьми 6 лет (рис. 2).

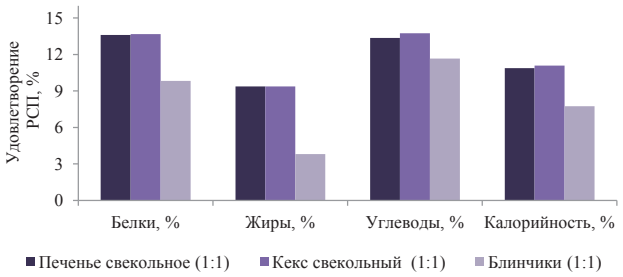

Рисунок 2. Удовлетворение РСП детского организма 6 лет в пищевых веществах и энергии при включении в рацион продукции с использованием безглютеновых смесей, % на порцию 50 г готовой продукции

Figure 2. Recommended daily intake of nutritional substances and energy for 6-year-old children on a gluten-free diet with gluten-free mixes, % per serving 50 g of finished product

Исходя из рисунка 2, ребенок в возрасте 6 лет с рекомендованной для данного возраста порцией свекольного кекса (50 г) удовлетворит суточную потребность в белке на 14 % от РСП, жире – 9 % от РСП, углеводах – 14 % от РСП и энергии – 11 % от РСП [5].

Согласно представленным данным специализированные сухие безглютеновые смеси, предназначенные для детей старше трех лет с непереносимостью глютена, могут служить важным источником белка (от 6,78 до 9,44 г на 100 г готовой продукции), жиров (от 2,55 до 6,28 г на 100 г готовой продукции), углеводов (от 32,00 до 40,08 г на 100 г готовой продукции), а также энергетической ценности (от 157,30 до 221,85 ккал на 100 г готовой продукции).

Выводы

Безглютеновые продукты из амаранта не распространены на Российском рынке, а продукты из гречихи традиционны для российского потребителя. Сочетание данных культур в специализированной безглютеновой продукции для детей старше трех лет позволит восполнить дефицит полноценного белка, макро- и микроэлементов, а также других биологически ценных соединений.

Амарантовая мука обладает высоким содержанием белка – 13,4 %. Значение содержания белка в муке из нативной гречневой крупы примерно в 2 раза ниже. Амарантовая мука содержит больше липидов (5,1 %), а также имеет более высокую зольность (2,8 %), в отличие от гречневой муки – 3,6 % и 1,4 % соответственно. Содержание углеводов у обоих образцов муки находится примерно на одном уровне – 56–58 %.

Результаты данного исследования подтвердили перспективу использования в качестве основных компонентов муку из гречихи и амаранта, которая обладает высокой питательной и биологической ценностью. Отсутствие глютена и высокие показатели содержания белка, аминокислот, насыщенных и ненасыщенных жирных кислот, минеральных веществ, а также биологически активных элементов делают амарант и гречиху важным источником питания ребенка при непереносимости глютена.

Дальнейшие исследования будут посвящены разработке рецептур сухих безглютеновых смесей для детей старше трех лет из гречневой и амарантовой муки с добавлением плодовоовощных и ягодных порошков, исследованию содержания основных нутриентов, минеральных веществ и аминокислотного состава в получаемых сухих смесях.

Таким образом, разрабатываемые смеси с использованием амаранта, гречихи и плодовоовощных и ягодных порошков могут расширить ассортимент продукции, которая не содержит глютен, для детей старше трех лет с

непереносимостью глютена. С учетом пищевой ценности амаранта разработка специализированной продукции с его включением открывает новые перспективы для формирования безглютеновых рационов питания и будет способствовать расширению вкусового разнообразия и улучшению обеспеченности нутриентами больных целиакией и иными формами непереносимости глютена.

Критерии авторства

Все авторы ответственны за идеи исследования и внесли значительный вклад в концепцию и разработку исследования. С. А. Урубков участвовал в обработке и анализе данных, а также написании данной статьи. С. С. Хованская участвовала в составлении структуры и коррекции содержания статьи. С. О. Смирнов участвовал в коррекции содержания статьи, а также осуществлял общее руководство исследованиями.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность лаборатории качества продуктов и аналитических методов исследования НИИПП и СПТ – филиал ФГБНУ «ФИЦ питания и биотехнологии» за проведение анализов.

Contribution

All the authors are responsible for the ideas behind the research and made a significant contribution to its concept and development. S.A. Urubkov processed and analyzed the data, as well as prepared the manuscript. S.S. Khovanskaya designed the structure of the article and improved the content. S.O. Smirnov supervised the project and completed the manuscript.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Acknowledgements

The authors would like to express their sincere gratitude to the laboratory of food quality and analytical research methods of the Research Institute of Food Concentrate Industry and Special Food Technology of the Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology (Moscow).

Список литературы

1. Всероссийский консенсус по диагностике и лечению целиакии у детей и взрослых / А. И. Парфенов, И. В. Маев, А. А. Баранов [и др.] // Альманах клинической медицины. – 2016. – Т. 44, № 6. – С. 661–668. DOI: https://doi.org/10.18786/2072-0505-2016-44-6-661-688.

2. Increased prevalence and mortality in undiagnosed celiac disease / A. Rubio-Tapia, R. A. Kyle, E. L. Kaplan [et al.] // Gastroenterology. – 2009. – Vol. 137, № 1. – P. 88–93. DOI: https://doi.org/10.1053/j.gastro.2009.03.059.

3. Бельмер, С. В. Эпидемиология целиакии: факты и выводы / С. В. Бельмер // Лечащий врач. – 2013. – № 1. – С. 16–19.

4. Журавская, Н. В. Целиакия у детей / Н. В. Журавская, А. И. Петрова, Н. В. Туркина // Медицинская сестра. – 2005. – № 6. – С. 4–6.

5. Тутельян, В. А. Детское питание: руководство для врачей / В. А. Тутельян, И. Я. Конь. – М. : Медицинское информационное агентство, 2017. – 782 с.

6. Grain-based products for baby food / S. A. Urubkov, S. S. Khovanskaya, N. V. Dremina [и др.] // Вопросы детской диетологии. – 2018. – Т. 16, № 4. – С. 67–72.

7. Урубков, С. А Исследование содержания основных макронутриентов в безглютеновых зерновых культурах и продуктах их переработки / С. А. Урубков, С. С. Хованская, С. О. Смирнов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2019. – Т. 81, № 2 (80). – С. 102–107. DOI: https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-2-102-107.

8. Егорова, Е. Ю. Разработка пищевого концентрата – полуфабриката безглютеновых кексов с амарантовой мукой / Е. Ю. Егорова, И. Ю. Резниченко // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. – С. 36–45. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-36-45.

9. Егорова, Е. Ю. Разработка рецептур сухих смесей с амарантовой и кунжутной мукой для изготовления безглютеновых оладий / Е. Ю. Егорова, Л. А. Козубаева // Хлебопродукты. – 2018. – № 2. – С. 40–42.

10. Emerging opportunities in exploring the nutritional/functional value of amaranth / L. M. Coelho, P. M. Silva, J. T. Martins [et al.] // Food and Function. – 2018. – Vol. 9, № 11. – P. 5499–5512 DOI: https://doi.org/10.1039/c8fo01422a.

11. Nutraceutical value of kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) / A. Martinez-Lopez, M. C. Millan-Linares, N. M. Rodriguez-Martin [et al.] // Journal of Functional Foods. – 2020. – Vol. 65. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103735.

12. Burgos, V. E. Characterization and nutritional value of precooked products of kiwicha seeds (*Amaranthus caudatus*) / V. E. Burgos, M. Armada // Food Science and Technology. – 2015. – Vol. 35, № 3. – P. 531–538. DOI: https://doi.org/10.1590/1678-457X.6767.

13. Chauhan, A. Total dietary fibre and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (*Amaranthus* spp.) flour / A. Chauhan, D. C. Saxena, S. Singh // LWT – Food Science and Technology. – 2015. – Vol. 63, № 2. – P. 939–945. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.115.

14. Tapia-Blacido, D. Development and characterization of biofilms based on Amaranth flour (*Amaranthus caudatus*) / D. Tapia-Blacido, P. J. Sobral, F. C. Menegalli // Journal of Food Engineering. – 2005. – Vol. 67, № 1–2. – P. 215–223. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.05.054.

15. Rapid techniques for the extraction of vitamin E isomers from Amaranthus caudatus seeds: ultrasonic and supercritical fluid extraction / R. Bruni, A. Guerrini, S. Scalia [et al.] // Phytochemical Analysis. – 2002. – Vol. 13, № 5. – P. 257–261. DOI: https://doi.org/10.1002/pca.651.

16. Venskutonis, P. R. Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: a review on composition, properties, and uses / P. R. Venskutonis, P. Kraujalis // Comprehensie Review in Food Science and Food Safety. – 2013. – Vol. 12, № 4. – P. 381–412. DOI: https://doi.org/10.1111/1541-4337.12021.

17. Урубков, С. А. Сравнительный анализ гликемического индекса амаранта и других продуктов без глютена / С. А. Урубков, С. С. Хованская, С. О. Смирнов // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 629–634. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-629-634.

18. Эффективность продуктов из амаранта в безглютеновом питании детей с непереносимостью глютена / И. А. Бавыкина, А. А. Звягин, Л. А. Мирошниченко [и др.] // Вопросы питания. – 2017. – Т. 86, № 2. – С. 91–99. DOI: https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00038.

19. Antioxidant activity of tartary (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.) and common (*Fagopyrum esculentum* moench) buckwheat sprouts / C.-L. Liu, Y.-S. Chen, J.-H. Yang [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2008. – Vol. 56, № 1. – P. 173–178. DOI: https://doi.org/10.1021/jf072347s.

20. Beitane, I. Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.) flour: Composition and technological properties / I. Beitane // Buckwheat: Composition, production and uses / F. George. – Nova Science Publishers, 2018. – P. 1–30.

21. Wronkowska, M. Effect of starch substitution by buckwheat flour on gluten-free bread quality / M. Wronkowska, M. Haros, M. Soral-Śmietana // Food and Bioprocess Technology. – 2013. – Vol. 6, № 7. – P. 1820–1827. DOI: https://doi.org/10.1007/s11947-012-0839-0.

22. Марьин, В. А. Оценка потребительских свойств и морфология поверхности гречневой крупы ядрица различных цветовых оттенков / В. А. Марьин, А. Л. Верещагин, И. Г. Фомина // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – Т. 31, № 4. – С. 59–63.

23. Высочина, Г. И. Амарант (*Amaranthus* L.): химический состав и перспективы использования (обзор) / Г. И. Высочина // Химия растительного сырья. – 2013. – № 2. – С. 5–14. DOI: https://doi.org/10.14258/jcprm.1302005.

24. Protein content and amino acids profile of pseudocereals / C. Mota, M. Santos, R. Mauro [et al.] // Food Chemistry. – 2016. – Vol. 193. – P. 55–61. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.043.

References

1. Parfenov AI, Maev IV, Baranov AA, Bakulin IG, Sabel′nikova EA, Krums LM, et al. The Russian consensus on diagnosis and treatment of coeliac disease in children and adults. Almanac of Clinical Medicine. 2016;44(6):661–668. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.18786/2072-0505-2016-44-6-661-688.

2. Rubio-Tapia A, Kyle RA, Kaplan EL, Johnson DR, Page W, Erdtmann F, et al. Increased prevalence and mortality in undiagnosed celiac disease. Gastroenterology. 2009;137(1):88–93. DOI: https://doi.org/10.1053/j.gastro.2009.03.059.

3. Bel′mer SV. Ehpidemiologiya tseliakii: fakty i vyvody [Epidemiology of celiac disease: facts and conclusions]. Lechaschi Vrach. 2013;(1):16–19. (In Russ.).

4. Zhuravskaya NV, Petrova AI, Turkina NV. Tseliakiya u detey [Celiac disease in children]. Meditsinskaya sestra. 2005;(6):4–6. (In Russ.).

5. Tutel′yan VA, Kon′ IYa. Detskoe pitanie: rukovodstvo dlya vrachey [Children's food: a doctors' guide]. Moscow: Medical News Agency; 2017. 782 p. (In Russ.).

6. Urubkov SA, Khovanskaya SS, Dremina NV, Smirnov SO. Grain-based products for baby food. Pediatric Nutrition. 2018;16(4):67–72.

7. Urubkov SA, Khovanskaya SS, Smirnov SO. Study of the content of the main macronutrients in gluten-free crops and products of their processing. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2019;81(2)(80):102–107. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-2-102-107.

8. Egorova EYu, Reznichenko IYu. Development of food concentrate – semi-finished product with amaranth flour for gluten-free cupcakes. Food Processing: Techniques and Technology. 2018;48(2):36–45. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-36-45.

9. Egorova EYu, Kozubayeva LA. Formulation of dry mix with amaranth and sesame flour for making gluten-free pancakes. Bread products. 2018;(2):40–42. (In Russ.).

10. Coelho LM, Silva PM, Martins JT, Pinheiro AC, Vicente AA. Emerging opportunities in exploring the nutritional/functional value of amaranth. Food and Function. 2018;9(11):5499–5512. DOI: https://doi.org/10.1039/c8fo01422a.

11. Martinez-Lopez A, Millan-Linares MC, Rodriguez-Martin NM, Millan F, Montserrat-de la Paz S. Nutraceutical value of kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). Journal of Functional Foods. 2020;65. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103735.

12. Burgos VE, Armada M. Characterization and nutritional value of precooked products of kiwicha seeds (*Amaranthus caudatus*). Food Science and Technology. 2015;35(3):531–538. DOI: https://doi.org/10.1590/1678-457X.6767.

13. Chauhan A, Saxena DC, Singh S. Total dietary fibre and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (*Amaranthus* spp.) flour. LWT – Food Science and Technology. 2015;63(2):939–945. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.115.

14. Tapia-Blacido D, Sobral PJ, Menegalli FC. Development and characterization of biofilms based on Amaranth flour (*Amaranthus caudatus*). Journal of Food Engineering. 2005;67(1–2):215–223. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.05.054.

15. Bruni R, Guerrini A, Scalia S, Romagnoli C, Sacchett G. Rapid techniques for the extraction of vitamin E isomers from Amaranthus caudatus seeds: ultrasonic and supercritical fluid extraction. Phytochemical Analysis. 2002;13(5):257–261. DOI: https://doi.org/10.1002/pca.651.

16. Venskutonis PR, Kraujalis P. Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: a review on composition, properties, and uses. Comprehensie Review in Food Science and Food Safety. 2013;12(4):381–412. DOI: https://doi.org/10.1111/1541-4337.12021.

17. Urubkov SA, Khovanskaya SS, Smirnov SO. Comparative analysis of the glycemic index of amaranth and other gluten-free products. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(4):629–634. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-629-634.

18. Bavykina IA, Zvyagin AA, Miroshnichenko LA, Gusev KYu, Zharkova IM. Efficient products from amaranth in a gluten-free nutrition of children with gluten intolerance. Problems of Nutrition. 2017;86(2):91–99. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00038.

19. Liu C-L, Chen Y-S, Yang J-H, Chiang B-H. Antioxidant activity of tartary (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.) and common (*Fagopyrum esculentum* Moench) buckwheat sprouts. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2008;56(1):173–178. DOI: https://doi.org/10.1021/jf072347s.

20. Beitane I. Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.) flour: Composition and technological properties. In: George F, editor. Buckwheat: Composition, production and uses. Nova Science Publishers; 2018. pp. 1–30.

21. Wronkowska M, Haros M, Soral-Śmietana M. Effect of starch substitution by buckwheat flour on gluten-free bread quality. Food and Bioprocess Technology. 2013;6(7):1820–1827. DOI: https://doi.org/10.1007/s11947-012-0839-0.

22. Maryin VA, Vereshchagin AL, Fomina IG. Estimation of consumer properties and surface morphology of the unground buckwheat of different colors. Food Processing: Techniques and Technology. 2013;31(4):59–63. (In Russ.).

23. Vysochina GI. Amaranth *(Amaranthus* L.): chemical composition and prospects of using (review). Chemistry of plant raw material. 2013;(2):5–14. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.14258/jcprm.1302005.

24. Mota C, Santos M, Mauro R, Samman N, Matos AS, Torres D, et al. Protein content and amino acids profile of pseudocereals. Food Chemistry. 2016;193:55–61. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.043.

Сведения об авторах

Урубков Сергей Александрович
канд. техн. наук, старший научный сотрудник отдела детского и диетического питания, «НИИ ПП и СПТ» – филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», 142718, Россия, Московская область, Ленинский район, пос. Измайлово, 22, тел.: +7 (495) 383-58-74, e-mail: glen.vniiz@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-2292-8649

Хованская Светлана Сергеевна
канд. техн. наук, заведующая отделом детского и диетического питания, «НИИ ПП и СПТ» – филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», 142718, Россия, Московская область, Ленинский район, пос. Измайлово, 22, тел.: +7 (495) 383-58-74, e-mail: khosveserg@yandex.ru

Information about the authors

Sergey A. Urubkov
Cand.Sci.(Eng.), Senior research of the Department of Children's and Dietary Nutrition, "NII PP I SPT" – branch of FGBUN "FRC of Nutrition and Biotechnology", 22, Izmailovo settlement, Leninsky district, Moscow region, 142718, Russia, phone: +7 (495) 383-58-74, e-mail: glen.vniiz@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-2292-8649

Svetlana S. Khovanskaya
Cand.Sci.(Eng.), Head of the Department of Children's and Dietary Nutrition, "NII PP I SPT" – branch of FGBUN "FRC of Nutrition and Biotechnology", 22, Izmailovo settlement, Leninsky district, Moscow region, 142718, Russia, phone: +7 (495) 383-58-74, e-mail: khosveserg@yandex.ru

Смирнов Станислав Олегович
канд. техн. наук, заместитель директора по научной работе, «НИИ ПП и СПТ» – филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», 142718, Россия, Московская область, Ленинский район, пос. Измайлово, 22, тел.: +7 (495) 383-58-74, e-mail: sts_76@bk.ru

Stanislav O. Smirnov
Cand.Sci.(Eng.), Deputy Director for Scientific Work, “NII PP I SPT” – branch of FGBUN “FRC of Nutrition and Biotechnology”, 22, Izmailovo settlement, Leninsky district, Moscow region, 142718, Russia, phone: +7 (495) 383-58-74, e-mail: sts_76@bk.ru