

Сравнительный анализ гликемического индекса амаранта и других продуктов без глютена

С. А. Урубков*^{ORCID}, С. С. Хованская, С. О. Смирнов



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

Дата поступления в редакцию: 18.07.2019
Дата принятия в печать: 15.10.2019

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



© С. А. Урубков, С. С. Хованская, С. О. Смирнов, 2019

Аннотация.

Введение. Основным способом лечения больных с непереносимостью глютена является диетотерапия. Однако у детей наблюдается дефицит многих важнейших компонентов пищи. Увеличивается риск возникновения аутоиммунных заболеваний, в особенности сахарного диабета I типа. Поэтому продукция для детей больных целиакией должна не только не содержать глютен, но и иметь адекватную биодоступность углеводов. В данной статье рассматривается химический состав амаранта, строение крахмальных зерен и его влияние на образование коллоидных растворов и атакуемость ферментами. Приводятся данные гликемического индекса амаранта и продуктов его переработки в сравнении с аналогичными значениями других безглютеновых культур (рис, гречиха, кукуруза).

Объекты и методы исследования. В работе исследовали: нативное зерно амаранта (*Amaranthus cruentus*), выращенное в штате Мехико, Мексика; зерно амаранта взорванное, произведено в г. Несауалькойотль, Мексика; амарантовую муку «Крупчатка», Мексика.

Результаты и их обсуждение. Зерно амаранта и получаемые из него продукты имеют высокий гликемический индекс по сравнению с другим безглютеновым зерновым сырьём. В нативном зерне амаранта гликемический индекс составил 87, во взорванном – 101, «крупчатке» – 97. Крахмал амаранта имеет высокую скорость переваривания организмом, что объясняется высоким содержанием амилопектина (от 88 до 98 %), который расщепляется быстрее, чем амилоза. Относительно малый размер крахмальных гранул (от 1,5 до 3,0 мкм) способствует увеличению атакуемости ферментами. Такие свойства характеризуют крахмал амаранта как гликемический или низкоустойчивый. Он легко переваривается и имеет низкую склонностью к ретроградации.

Выводы. Безглютеновые продукты с использованием зерна амаранта могут внести свой вклад в улучшение качества питания детей с непереносимостью глютена, благодаря своим уникальным питательным и функциональным свойствам. Однако, поскольку крахмал амаранта и продуктов его переработки обладает высоким гликемическим индексом, необходимо уделять внимание процентному соотношению данных компонентов в рецептурных смесях, подбору дополнительных компонентов и их влияние на общий гликемический индекс.

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

Финансирование. Научно-исследовательская работа выполнена за счёт 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. 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>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

Comparative Analysis of the Glycemic Index of Amaranth and Other Gluten-Free Products

S.A. Urubkov*^{ORCID}, S.S. Khovanskaya, S.O. Smirnov

V.M. Gorbatov Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences,
22, Izmailovo settlement, Leninsky district, Moscow region, 142718, Russia

Received: July 18, 2019

Accepted: October 15, 2019

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



© S.A. Urubkov, S.S. Khovanskaya, S.O. Smirnov, 2019

Abstract.

Introduction. For patients with gluten intolerance, diet therapy is the main method of treatment. However, gluten-free diets are found lacking in many important components. Children that fail to consume necessary nutrients or have problems with their absorption tend to be physically retarded. Gluten-free diet may increase the risk of autoimmune diseases, especially type I diabetes. Therefore, products for children with celiac diseases should be both gluten-free and have adequate bioavailability of carbohydrates. This article features the chemical composition of amaranth, the geometric structure of starch grains, and its effect on the formation of colloidal solutions. It also compares the glycemic index (GI) of amaranth with other gluten-free grains, i.e. rice, buckwheat, and corn.

Study objects and methods. The research featured native amaranth grain (*Amaranthus cruentus*) (Mexico), puffed amaranth kernels (Mexico), and coarse granular amaranth flour (Mexico).

Results and discussion. Amaranth grain contains 12.5–23% of protein, 50.7–77.0% of carbohydrates, 6.0–8.0% of lipids, 10.5–18.3% of dietary fiber, and 2.5–3.5% of minerals. The GI of amaranth and its products were compared with similar values of other gluten-free crops, namely rice, buckwheat, and corn. Amaranth grain and its products demonstrated a higher GI, if compared with other gluten-free grain raw materials. The GI of amaranth grain was 87, the GI of the puffed amaranth kernels was 101, and the GI of the coarse granular amaranth flour was 97. Amaranth starch is easy to digest, which is mainly due to the high content of amylopectin (88 to 98%), since amylopectin breaks down faster than amylose. The relatively small size of starch granules (1.5–3.0 microns) increases the attack capacity of enzymes. These properties make amaranth starch glycemic, or low-resistant, which means that amaranth is easily digested and possesses stability to retrogradation.

Conclusion. The unique nutritional and functional properties of amaranth gluten-free products can significantly improve the diet of children with gluten intolerance. However, amaranth starch and its products have a high GI. Hence, it is necessary to control the percentage of these components in formulations and be careful with the selection of additional components and their impact on the total GI.

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. 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>.

Введение

В структуре заболеваний детского возраста болезни органов пищеварения занимают существенное место как по распространенности, так и по тяжести клинических проявлений.

Целиакия – иммуноопосредованное, генетически детерминированное системное заболевание, возникающее в ответ на употребление глютена или соответствующих проламинов и характеризующееся развитием атрофической энтеропатии, появлением в сыворотке крови специфических антител и широким спектром глютензависимых клинических проявлений. Код Международной классификации болезней 10 пересмотра: K90.0 – целиакия [1].

У детей на фоне соблюдения безглютеновой диеты наблюдается дефицит макро- и микронутриентов, поступающих в организм с продуктами на зерновой основе: калия, селена, магния, а также витаминов группы В. Снижается поступление клетчатки, отмечается высокое потребление гидрогенизированных жиров.

В настоящее время в мировой практике существует широкий выбор глютен не содержащих продуктов (gluten free products), в которых в качестве

базовых ингредиентов используются безглютеновые злаки, такие как рис, гречиха, кукуруза, амарант и др.

Вызывает интерес зарубежный опыт использования безглютеновых зерновых и амаранта в продуктах детского питания в связи с высоким содержанием белка, полиненасыщенных жирных кислот, биологически активных и минеральных веществ. Необходимо отметить, что белок амаранта не вызывает аллергических реакций [2, 3].

При целиакии к признакам поражения желудочно-кишечного тракта присоединяются симптомы расстройств функций различных органов и систем, развиваются заболевания, в том числе связанные со снижением потребления зерновых культур и увеличением потребления обработанных пищевых продуктов. Одним из таких заболеваний является сахарный диабет I типа. Даже при строгом соблюдении безглютеновой диеты более 5 лет риск возникновения аутоиммунных заболеваний (в особенности сахарного диабета I типа) остается повышенным. Это необходимо учитывать при составлении рациона питания больного ребёнка [4].

Таким образом, существует необходимость изучения степени и скорости усвоения углеводов

безглютенового сырья, в частности амаранта и продуктов его переработки, при разработке и их использовании в продуктах питания детей больных целиакией.

В 1981 году Дженкинс и др. представили концепцию гликемического индекса (ГИ), которая позволяет классифицировать продукты в соответствии с уровнем гликемического ответа по сравнению с эталонным продуктом [5].

Использование ГИ необходимо, чтобы классифицировать продукты в соответствии с их способностью повышать уровень глюкозы в крови. Иными словами, ГИ выражает то количество глюкозы, которое образуется при переваривании продукта. Можно сказать, что ГИ показывает степень биодоступности углеводов в продукте при их усвоении организмом в форме глюкозы.

Ошибочно мнение, что ГИ выражает скорость усваивания углеводов. В этом понимании все углеводы в продукте при переваривании будут преобразованы в глюкозу. Чем ниже ГИ продукта, тем медленнее будет проходить их всасывание. Таким образом, ГИ нужен лишь для измерения длительности всасывания глюкозы, полученной из продукта питания. Это не соответствует физиологии человека. Все исследования, связанные с гликемическими индексами, показали, что низкий ГИ продукта означает, что при его переваривании организм получает и усваивает меньшее количество глюкозы.

Таким образом, исследование данных о гликемических индексах продуктов позволяет более точно подойти к разработке продуктов и организации питания детей больных целиакией, подвергающихся риску возникновения сахарного диабета, и, тем самым, повысить эффективность профилактики нарушений обмена углеводов и липидов.

Объекты и методы исследования

В работе исследовали: нативное зерно амаранта (*Amaranthus cruentus*), выращенное в штате Мехико, Мексика; зерно амаранта взорванное, произведено в г. Несауалькотль, Мексика; амарантовую муку «Крупчатка», Мексика.

Результаты и их обсуждение

Амарант является отличным источником крахмала, белка, липидов, пищевых волокон и минеральных веществ. В нативном зерне амаранта содержится 12,5–23 % белка, 50,7–77,0 % углеводов, 6,0–8,0 % липидов, 10,5–18,3 % пищевых волокон и 2,5–3,5 % минеральных веществ. Крахмал является наиболее распространенным углеводом в зерне амаранта. Зерно амаранта содержит ориентировочно 48–69 % крахмала. Это меньше, чем в рисе, гречихе и кукурузе, где его содержание может быть более 80 % [6].

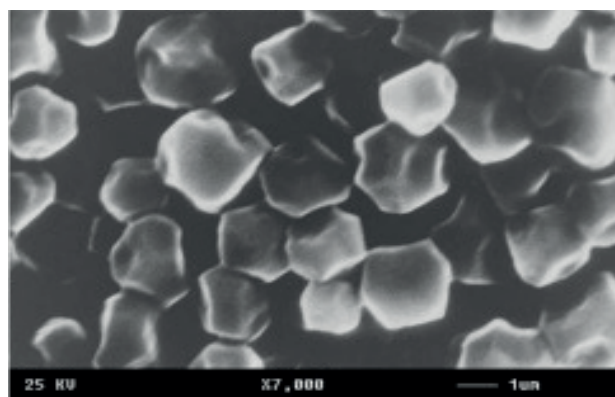


Рисунок 1. Крахмал амаранта; увеличение $\times 7000$ [10]

Figure 1. Amaranth starch; magnification $\times 7,000$ [10]

Крахмал амаранта состоит из двух полисахаридов: амилозы и амилопектина. Амилоза является линейным полимером глюкозы и легко растворяется в тёплой воде, но долго переваривается организмом, в то время как амилопектин имеет разветвлённую структуру, даёт чрезвычайно стойкие растворы, но в процессе пищеварения легко расщепляется на более мелкие цепочки и интенсивнее повышает уровень сахара в крови. Крахмал амаранта имеет низкое содержание амилозы: от 2 % до 12 % в зависимости от генотипа. Поэтому амилопектин является наиболее распространенным компонентом крахмала амаранта. Соответственно, количество амилопектина, который в среднем состоит из 1700 молекул, приходится на интервал от 88 до 98 % [7]. Для сравнения: крахмал риса содержит 18,5 % амилозы и 81,5 % амилопектина, кукурузный крахмал – 24,0 % амилозы и 76 % амилопектина [8].

В дополнение к амилозе и амилопектину гранулы крахмала амаранта содержат 0,16–0,28 % связанных липидов. Хотя липиды крахмальных гранул присутствуют в качестве второстепенных компонентов, они оказывают большое влияние на технологические и функциональные свойства крахмала [9, 10].

Гранулы крахмала амаранта имеют сферическую форму и диаметр в диапазоне от 1,5 до 3,0 мкм. Это меньше, чем у крахмалов других зерновых культур. На рисунке 1 представлен снимок крахмальных зёрен амаранта, полученный с помощью сканирующего электронного микроскопа.

На снимке чётко видны гранулы крахмала многоугольной формы. Они имеют стабильный размер, но их распределение по размеру сильно различаются между сортами и видами [6, 7].

В зависимости от сорта растения крахмал амаранта имеет различную температуру клейстеризации, но в среднем она составляет 69–72 °С. По сравнению с другими зерновыми культурами крахмал

Таблица 1. Гликемический индекс безглютеновых зерновых продуктов (за эталон принят ГИ глюкозы) [7, 12]

Table 1. GI of gluten-free cereal products (with glucose GI as standard) [7, 12]

Наименование	Гликемический индекс
Амарант зерно (нативное)	87
Амарант зерно (взорванное)	101
Амарант зерно «крупчатка»	97
Кукуруза	54
Кукурузная мука	70
Рис белый (нативный)	64
Рисовая мука	95
Рис белый (пропаренный)	70
Гречневая крупа (нативная)	45
Гречневая крупа (пропаренная)	54
Гречневая мука (нативная)	50

амаранта обычно дает более стойкие растворы со сравнительно высокой вязкостью [11]. Это объясняется небольшими размерами гранул крахмала и высоким содержанием амилопектина.

Многие исследования подтверждают, что готовая продукция на основе муки с низким содержанием амилозы устойчива к черствению. Это положительно влияет на сохранение свежести и увеличение сроков хранения продукции из амаранта.

Сравнение ГИ амаранта и продуктов его переработки с ГИ традиционного безглютенового сырья представлено в таблице 1.

Зерно амаранта и получаемые из него продукты имеют высокий ГИ (в мировой практике продукты с ГИ более 70 классифицируют как высокогликемические).

Konishi в своём исследовании сообщает, что крахмал амаранта переваривается быстрее в течение первого часа по сравнению с крахмалом кукурузы [13].

Известно, что скорость расщепления крахмала зависит не только от количества и активности ферментов, в частности амилазы, но и от атакуемости субстрата. Атакуемость крахмала увеличивается с уменьшением крахмальных зёрен или, иначе говоря, с увеличением их относительной поверхности. Поэтому высокая скорость переваривания крахмала амаранта также объясняется размером его гранул, низким содержанием амилозы и его высокой склонностью полностью терять кристаллическую и гранулированную структуру во время нагревания.

Величина ГИ зависит не только от вида углеводов, содержащихся в продукте, и преобладания амилозы или амилопектина, но и от влияния других нутриентов, содержащихся в продукте, и пищевых волокон, содержание которых в зерне амаранта изменяется в диапазоне 11–18 % [3]. Содержание пищевых волокон в продукте существенно

ограничивает доступность крахмала и других углеводов для расщепляющих их ферментов. Следовательно, снижает интенсивность всасывания глюкозы и её поступление в кровь.

Выводы

В данной статье мы показали, что амарант и продукты его переработки имеют более высокий ГИ по сравнению с другим безглютеновым зерновым сырьём.

Крахмал амаранта имеет высокую скорость переваривания организмом, что объясняется высоким содержанием амилопектина, который расщепляется быстрее, чем амилоза. Относительно малый размер крахмальных зёрен способствует увеличению атакуемости ферментом амилазой. Такие свойства характеризуют крахмал амаранта как гликемический или низкоустойчивый, который легко переваривается и имеет низкую склонность к ретроградации. Поэтому, несмотря на относительно невысокое содержание крахмала среди зерновых культур, особенно важно уделять внимание его свойствам при разработке продуктов и составлении рецептур изделий, а также организации питания детей больных целиакией с целью адекватного гликемического контроля.

Углеводы с высоким ГИ биодоступны, лучше усваиваются организмом и в большей степени преобразуются в глюкозу. Это способствует улучшению метаболизма за счет активизации синтеза различных гормонов и ферментов в организме; активизирует работу мозга; пополняет запасы гликогена в организме; приводит к нейтрализации токсинов; способствует борьбе со стрессом и выводу из депрессивных состояний, связанных с болезнью (ограничение питания и т. д.). Глюкоза обладает способностью поддерживать барьерную функцию печени против токсических веществ, благодаря участию в образовании парных серных и глюкуроновых кислот. Кроме того, повышение уровня глюкозы в крови приводит к более быстрому возникновению голода. Это способствует увеличению количества приёмов пищи и потребления калорий, что являются немаловажными факторами при соблюдении диетотерапии детей с непереносимостью глютена.

Результаты, приведённые в данном исследовании, могут быть использованы в исследованиях глютена в содержащих культур и продуктов их переработки при разработке рецептур безглютеновых продуктов для питания детей. Зерно амаранта при использовании его в смеси с другими зерновыми культурами может стать ценным пищевым продуктом в составе нутриома детей и за счет взаимного обогащения нутриентов покрыть дефицит белковых и липидных компонентов и повысить биологическую и питательную ценность [14].

Дальнейшие работы по изучению свойств зерновой продукции в сочетании с плодовоовощным и ягодным сырьём позволят разработать новый качественный сбалансированный продукт, используемый в рационе питания детей больных целиакией.

Критерий авторства

Все авторы ответственны за идеи исследования и в равной степени участвовали в написании данной статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

All the authors contributed equally to the study and bear equal responsibility for information published in this article.

Conflict of interest

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

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. Thompson, T. Case problem: questions regarding the susceptibility of buckwheat, amaranth, quinoa, and oats from a patient with celiac disease / T. Thompson // Journal of the American Dietetic Association. – 2001. – Vol. 101, № 5. – P. 586–587. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(01\)00147-X](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(01)00147-X).
3. Introduction of oats in the diet of individuals with coeliac disease: A systematic review / O. M. Pulido, Z. Gillespie, M. Zarkadas [et al.] // Advances in Food and Nutrition Research. – 2009. – Vol. 57. – P. 235–285. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(09\)57006-4](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)57006-4).
4. Бельмера, С. В. Детям с целиакией. Гастроэнтерология детского возраста / С. В. Бельмера, А. И. Хавкина. – М. : Медпрактика-М, 2003. – 360 с.
5. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange / D. J. A. Jenkins, T. M. S. Wolever, R. Taylor [et al.] // American Journal of Clinical Nutrition. – 1981. – Vol. 34, № 3. – P. 362–366.
6. Смирнов, С. О. Научно – практические основы комплексной переработки зерна амаранта / С. О. Смирнов, С. А. Урубков, А. С. Дронов // Хранение и переработка зерна. – 2015. – Т. 191, № 2. – С. 39–43.
7. Structural, thermal, and rheological properties of *Amaranthus hypochondriacus* and *Amaranthus caudatus* starches / N. Singh, S. Kaur, A. Kaur [et al.] // Starch/Staerke. – 2014. – Vol. 66, № 5–6. – P. 457–467. DOI: <https://doi.org/10.1002/star.201300157>.
8. Тутельян, В. А. Детское питание: руководство для врачей / В. А. Тутельян, И. Я. Конь. – М. : Медицинское информационное агентство, 2017. – 782 с.
9. Wheat starch production, structure, functionality and applications – a review / K. Shevkani, N. Singh, R. Bajaj [et al.] // International Journal of Food Science and Technology. – 2017. – Vol. 52, № 1. – P. 38–58. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.13266>.
10. Amaranth: Potential Source for Flour Enrichment / N. Singh, P. Singh, K. Shevkani [et al.] // Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention (Second Edition) / V. R. Preedy, R. R. Watson. – Academic Press, 2019. – P. 123–135. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814639-2.00010-1>.
11. Zhu, F. Structures, physicochemical properties, and applications of amaranth starch / F. Zhu // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2017. – Vol. 57, № 2. – P. 313–325. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.862784>.
12. Effects of processing methods on amaranth starch digestibility and predicted glycemic index / V. D. Capriles, K. D. Coelho, A. C. Guerra-Matias [et al.] // Journal of Food Science. – 2008. – Vol. 73, № 7. – P. H160–H164. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00869.x>.
13. Characterization of starch granules from waxy, nonwaxy, and hybrid seeds of *Amaranthus hypochondriacus* L. / Y. Konishi, H. Nojima, K. Okuno [et al.] // Agricultural and Biological Chemistry. – 1985. – Vol. 49, № 7. – P. 1965–1971. DOI: <https://doi.org/10.1080/00021369.1985.10867018>.
14. Grain-based products for baby food / S. A. Urubkov, S. S. Khovanskaya, N. V. Dremina [et al.] // Вопросы детской диетологии. – 2018. – Т. 16, № 4. – С. 67–72. DOI: <https://doi.org/10.20953/1727-5784-2018-4-67-72>.

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. Thompson T. Case problem: questions regarding the susceptibility of buckwheat, amaranth, quinoa, and oats from a patient with celiac disease. Journal of the American Dietetic Association. 2001;101(5):586–587. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(01\)00147-X](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(01)00147-X).

3. Pulido OM, Gillespie Z, Zarkadas M, Dubois S, Vavasour E, Rashid M, et al. Introduction of oats in the diet of individuals with coeliac disease: A systematic review. *Advances in Food and Nutrition Research*. 2009;57:235–285. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(09\)57006-4](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)57006-4).
4. Bel'mera SV, Khavkina AI. Detyam s tseliakiey. *Gastroehnterologiya detskogo vozrasta* [For children with celiac disease. *Gastroenterology of children*]. Moscow: Medpraktika-M; 2003. 360 p. (In Russ.).
5. Jenkins DJA, Wolever TMS, Taylor R, Barker H, Fielden H, Baldwin JM, et al. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *American Journal of Clinical Nutrition*. 1981;34(3):362–366.
6. Smirnov SO, Urubkov SA, Dronov AS. Nauchno – prakticheskie osnovy kompleksnoy pererabotki zerna amaranta [Scientific and practical foundations for complex processing of amaranth grain]. *Grain storage and processing*. 2015;191(2):39–43. (In Russ.).
7. Singh N, Kaur S, Kaur A, Isono N, Ichihashi Y, Noda T, et al. Structural, thermal, and rheological properties of *Amaranthus hypochondriacus* and *Amaranthus caudatus* starches. *Starch/Staerke*. 2014;66(5–6):457–467. DOI: <https://doi.org/10.1002/star.201300157>.
8. Tutel'yan VA, Kon' IYa. Detskoe pitaniye: rukovodstvo dlya vrachey [Children's food: a doctors' guide]. Moscow: Medical News Agency; 2017. 782 p. (In Russ.).
9. Shevkani K, Singh N, Bajaj R, Kaur A. Wheat starch production, structure, functionality and applications – a review. *International Journal of Food Science and Technology*. 2017;52(1):38–58. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.13266>.
10. Singh N, Singh P, Shevkani K, Singh Virdi A. Amaranth: Potential Source for Flour Enrichment. In: Preedy VR, Watson RR, editors. *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention (Second Edition)*. Academic Press; 2019. pp. 123–135. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814639-2.00010-1>.
11. Zhu F. Structures, physicochemical properties, and applications of amaranth starch. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2017;57(2):313–325. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.862784>.
12. Capriles VD, Coelho KD, Guerra-Matias AC, Arêas JAG. Effects of processing methods on amaranth starch digestibility and predicted glycemic index. *Journal of Food Science*. 2008;73(7):H160–H164. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00869.x>.
13. Konishi Y, Nojima H, Okuno K, Asaoka M, Fuwa H. Characterization of starch granules from waxy, nonwaxy, and hybrid seeds of *Amaranthus hypochondriacus* L. *Agricultural and Biological Chemistry*. 1985;49(7):1965–1971. DOI: <https://doi.org/10.1080/00021369.1985.10867018>.
14. Urubkov SA, Khovanskaya SS, Dremina NV, Smirnov SO. Grain-based products for baby food. *Clinical Practice in Pediatrics*. 2018;16(4):67–72. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.20953/1727-5784-2018-4-67-72>.

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

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

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

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