

# Актуальные проблемы развития пищевых и биотехнологий

## Topical issues of development of food and biological technologies

Научная статья  
УДК 664.2  
DOI: 10.14529/food220301

### ВОЗМОЖНОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ФРАКЦИЙ НАТИВНОГО КРАХМАЛА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СЫРЬЕВЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ ЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*А.А. Руськина, ruskina\_a@mail.ru*  
*И.Ю. Потороко, irina\_potoroko@mail.ru*

*Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия*

**Аннотация.** Статья направлена на изучение механизмов трансформации двух полимеров, из которых состоит крахмал – амилозы и амилопектина, в результате модификации. Модификация крахмала – довольно изученная область, однако в промышленных масштабах распространена именно химическая модификация. В последние десятилетия «зеленая» тема диктует свои правила ученым и промышленникам, поэтому физические способы модификации выходят на первый план. Однако физические способы модификации не так сильно изучены и распространены, как другие способы модификации. Модификация крахмала проводится для устранения недостатков нативных крахмалов и расширения использования крахмала в пищевой промышленности. Гели из нативных крахмалов имеют ряд недостатков, которые ограничивают их использование. Они легко ретроградируются и подвергаются синерезису. Следовательно, при модификации крахмала нужно изменить внутреннюю структуру, для того чтобы при дальнейшем внесении в пищевую систему продукта исключить подобные отрицательные эффекты. Свойства крахмала определяются соотношением амилозы и амилопектина. Их соотношение в нативных крахмалов – это примерно 20–25 % амилозы, остальное амилопектин. Изменяя именно эту характеристику, можно придавать крахмалом новые определенные свойства или усилить уже имеющиеся. На основании анализа научной литературы были получены данные, которые позволяют сделать выводы о том, что изменение в структуре молекулы крахмала соотношения полимеров амилозы и амилопектина позволяют получить новые свойства крахмала, а также устранить недостатки крахмальных гелей, при этом расширить возможности применения крахмала в различных отраслях промышленности, в том числе пищевой.

**Ключевые слова:** крахмал, амилоза, амилопектин, модификация, ультразвук

**Для цитирования:** Руськина А.А., Потороко И.Ю. Возможности трансформации фракций нативного крахмала для получения сырьевых ингредиентов целевого назначения // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2022. Т. 10, № 3. С. 5–12. DOI: 10.14529/food220301

---

© Руськина А.А., Потороко И.Ю., 2022

Original article  
DOI: 10.14529/food220301

## THE POSSIBILITIES OF NATIVE STARCH FRACTIONS TRANSFORMATION FOR THE PURPOSE RAW INGREDIENTS OBTAINING

**A.A. Ruskina**, *ruskina\_a@mail.ru*  
**I.Yu. Potoroko**, *irina\_potoroko@mail.ru*  
South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

**Abstract.** The article is aimed at studying the mechanisms of transformation of two polymers that make up starch – amylose and amylopectin, as a result of modification. Starch modification is a fairly well-studied area, but it is the chemical modification that is common on an industrial scale. In recent decades, the “green” theme dictates its own rules to scientists and industrialists, so the physical methods of modification come to the fore. However, the physical modification methods are not as well studied and widespread as other modification methods. Starch modification is carried out to eliminate the shortcomings of native starches and expand the use of starch in the food industry. The native starch gels have a number of disadvantages that limits their use. They easily retrograde and undergo syneresis. Therefore, when modifying starch, it is necessary to change the internal structure in order to eliminate such negative effects when the product is further introduced into the food system. The properties of starch are determined by the ratio of amylose and amylopectin. Their ratio in native starches is approximately 20–25 % amylose, the rest is amylopectin. By changing this particular characteristic, it is possible to impart new specific properties to starch or to strengthen existing ones. Based on the analysis of the scientific literature, data were obtained that allow us to conclude that a change in the structure of the starch molecule in the ratio of amylose and amylopectin polymers makes it possible to obtain new properties of starch, as well as eliminate the shortcomings of starch gels, while expanding the possibilities of using starch in various industries, including the food industry.

**Keywords:** starch, amylose, amylopectin, modification, ultrasound

**For citation:** Ruskina A.A., Potoroko I.Yu. The possibilities of native starch fractions transformation for the purpose raw ingredients obtaining. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2022, vol. 10, no. 3, pp. 5–12. (In Russ.) DOI: 10.14529/food220301

### Введение

Для решения проблемы продовольственной безопасности правительством Российской Федерации применяются принципиальные меры, которые направлены на создание условий для производителей в части замещения импортных товаров и сырья отечественными аналогами, а также создание новых инновационных технологий для решения проблемы дефицита пищевых добавок для обеспечения процессов производства.

Безусловно, отечественные сырьевые компоненты должны стать достойной альтернативой и смогут не только обеспечить пищевые производства бесперебойными поставками необходимого сырья, но и существенно снизить себестоимость конечного продукта в сложных санкционных условиях.

Наиболее уязвимы в текущих момент кондитерская, мясная и молочная отрасли,

производственные процессы которых выстроены на применении пищевых добавок для обеспечения структуры конечного продукта. Основными поставщиками загустителей, структурообразователей в нашей стране являются предприятия крахмалопаточной отрасли, которые в последние десятилетия интенсивно развиваются, однако этого недостаточно для удовлетворения всех потребностей пищевой промышленности. В этой связи основным направлением должно быть не столько увеличение объемов производимого сырья, сколько инновационные подходы в модификации свойств определенных сырьевых компонентов с ориентацией на запросы переработчиков для дальнейшего внедрения их в пищевые системы.

Пищевые структурообразующие добавки на основе крахмалов в пищевых производствах традиционно используется в технологиях

соусов и кетчупов, хлебобулочных изделий, мучных кондитерских изделиях, а также в формировании реологических свойств молочных и мясных продуктов.

Кроме того, к инновационным областям применения крахмала относят технологии получения низкокалорийных эмульсий, биоразлагаемых упаковочных материалов, пленочных и термопластичных материалов, которые обладают улучшенными термическими, механическими свойствами, а также являются экологически безопасными для окружающей среды и человека [4].

Нативные крахмалы уникальны по своей природе, ресурсно высоко возобновляемые, но для применения в качестве структурных ингредиентов требуется проведения процессов их модификации, не изменяющих их экологичности. В настоящее время известны различные подходы в области модификации крахмалов – это развивающаяся область с многочисленными возможностями, ориентированная на получение крахмалов с новыми и/или улучшенными функциональными свойствами в соответствии с требованиями отрасли.

Развитие промышленной модификации крахмалов для пищевых производств привело к появлению новых производственных технологий переработки сырья и созданию новых сырьевых компонентов с улучшенными функциональными свойствами для дальнейшего внедрения их в пищевые системы продукта. Эти высокотехнологичные производства разрабатываются специально для создания конкурентных преимуществ продукта, в том числе улучшения его сенсорных характеристик, снижения затрат на рецептуру и на производство и в то же время продлевают его

срок годности, явно делая крахмал преимущественным компонентом на всех этапах производственного цикла пищевого продукта [13].

Нативные крахмалы в технологических процессах при использовании для пищевых и технических целей, как правило, подвергаются воздействию высоких температур в присутствии воды. Характер происходящих при этом изменений структуры зерен крахмала является отличительным признаком вида крахмала. Так, при повышении температуры водных крахмальных суспензий более 30 °С происходит частичный разрыв водородных, самых непрочных связей в молекулах зерен крахмала, ведущий к изменению его микроструктуры. При этом наблюдается резкое возрастание гидратации амилозы и амилопектина, что соответственно обуславливает увеличение размера зерен – происходит их так называемое «набухание». При дальнейшем повышении температуры амилоза частично из аморфной части зерен переходит в раствор, а амилопектин остается в основном в нерастворенном состоянии. При разрушении зерен происходит деструкция кристаллической части зерен, полисахариды переходят в раствор, и начинается процесс клейстеризации [1, 17].

Как известно, крахмалы относятся к усвояемым полисахаридам, состоят из двух фракций: амилозы (рис. 1а), которая состоит из  $\alpha$ -1,4 D-гликопиранозильных звеньев, и амилопектина (рис. 1б), который состоит из большого количества коротких цепей, соединенных вместе  $\alpha$ -1,6-связью.

Согласно сведениям Халикова Р.М, полученным при изучении процессов трансформации фракций, амилоза и амилопектин формируют структурный комплекс зерен,

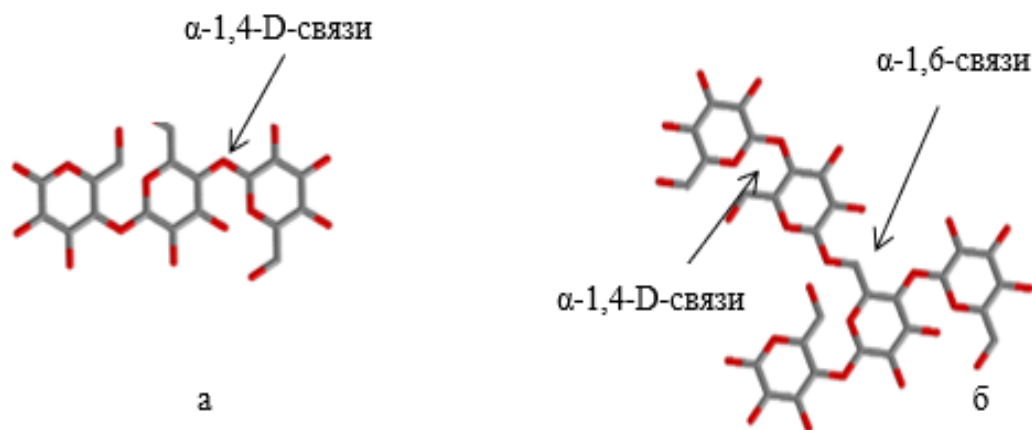


Рис. 1. Структура молекул фракций крахмала: а) амилоза; б) амилопектин

который состоит из кристаллической и аморфной частей. Степень кристалличности зерен крахмала зависит от соотношения содержания амилозы и амилопектина. Кристаллическую часть формируют короткие цепи амилопектина. Аморфную часть крахмальных зерен формируют молекулы амилозы и длинные цепи амилопектина. Молекулы амилозы и амилопектина трудно совместимы и могут быть фракционированы при определенных условиях [5].

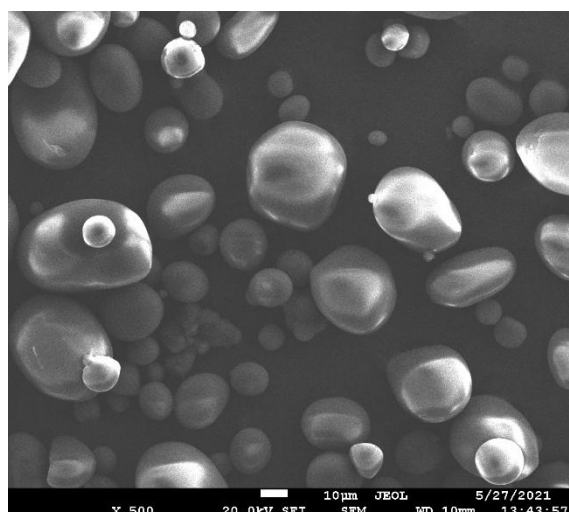
Учитывая, что именно соотношение амилозы и амилопектина в молекуле определяет различные свойства крахмала, можно достоверно понимать, какие подходы следует применять для получения ингредиентов для целевого назначения на основе крахмала.

Известно, что в нативных крахмалах, получаемых промышленным способом, соотношение амилозы и амилопектина составляет в среднем 1:3, т. е. содержание амилозы находится на уровне 24–28 %. Если же оно превышает 30 %, то крахмал считается высокоамилозными и на реологические характеристики крахмала существенное влияние проявляют свойства амилозы. Как правило, высокоамилозным крахмалам присущи следующие свойства: повышенная растворимость в воде; более ограниченное по сравнению с обычными крахмалами набухание зерен; низкая вязкость клейстеров, склонность полисахаридов к ретроградации и быстрому студнеобразованию. В то же время исследования по определению влияния содержания амилозы на такие

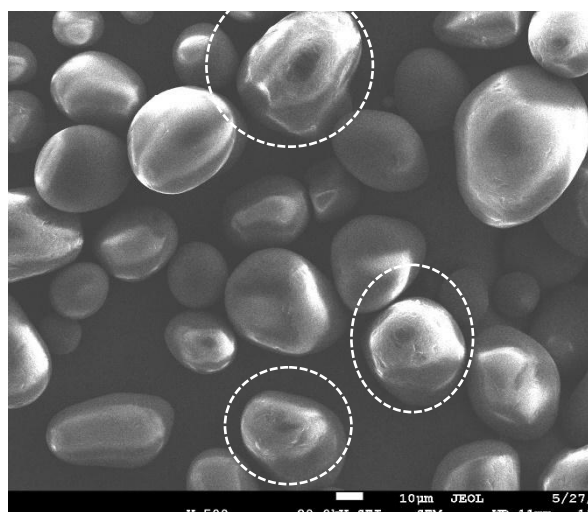
параметры, как начальная температура клейстеризации, температура плавления зерен и соотношение вязкостей клейстеров, не выявили четкой зависимости между ними. Кроме того, для высокоамилозных крахмалов отмечены явно пониженные значения степени кристалличности [17].

Научным коллективом ученых Yasuo Iida, Toru Tuziuti и др. установлено, что амилопектиновые крахмалы характеризуются более высокими значениями температуры клейстеризации, максимальной вязкостью клейстеров и значительной набухающей способностью. При приготовлении клейстеров амилопектин образует вязкие и относительно стойкие коллоидные растворы, препятствует ретроградации амилозы, играя роль защитного коллоида [18].

Учеными кафедры «Пищевые и биотехнологии» ЮУрГУ проведен массив исследований, направленный на изучение воздействия низкочастотного ультразвука на гранулы крахмала в двухфазной жидкостно-твердой системе с использованием воды в качестве среды [2–4, 6, 14, 15]. Механизм действия ультразвука основан на излучении звуковых волн и образовании гидроксильных радикалов во время кавитации, которые повреждают и/или гидролизуют крахмал, также может вызывать эрозию и образование пор на поверхности гранул, а это, в свою очередь, приводит к увеличению адсорбции воды и способности к набуханию, что наглядно отражают результаты исследования с применением СЭМ (рис. 2).



а



б

Рис. 2. Электронная микроскопия нативных (а) и обработанных УЗ крахмальных зерен (б)

В исследованиях BeMiller J.N. сказано, что вода является хорошей пузырькообразующей жидкостью из-за ее низкого давления пара и вязкости. По мнению Monika Sujka, Jerzy Jamroz пористость и диаметр частиц зерен крахмала связаны с текстурой пищевых сырьевых компонентов, что может повлиять на технологические и сенсорные свойства продуктов. Наличие пор может обеспечить большую реакционную поверхность, что способствует сокращению времени обработки и, если это необходимо, меньшему количеству веществ, используемых при химической модификации [8, 11, 12].

Учеными Bhupinder Kaur, Fazilah Ariffin, Rajeev Bhat, Alias A. Karim показано влияние размеров частиц гранул крахмала на пористость, то есть крахмалы с более крупными гранулами более восприимчивы к воздействию звуковых волн [9, 10], что было также подтверждено многими учеными, в том числе Monika Sujka, который установил, что наиболее высокую пористость имеют гранулы крахмала картофельного по сравнению с пшеничным, кукурузным и рисовым крахмалами [11, 12].

Кавитационные эффекты УЗВ, используемые для модификации крахмала, могут влиять на изменение соотношения амилозы и амилопектина, при этом амилопектиновые модифицированные крахмалы могут приобрести следующие свойства: легче желатинизироваться; крахмальные гели могут иметь более прозрачную структуру; улучшаться стабилизирующие, эмульгирующие и загустительные свойства, а также улучшаться стабильность фазы замораживания–оттаивания [19].

В свою очередь высокоамилозные крахмалы будут обладать высокой гелеобразующей способностью и способностью к пленкообразованию. Возможно, при изменении структуры амилопектина (рис. 3) происходит разрушение  $\alpha$ -1,6-связей и разрушение кристаллической структуры, при этом может меняться размер крахмальных гранул, так как часть выделившейся амилозы переходит в раствор, здесь будет иметь место эффект микронизации, при этом желатинизация крахмальной суспензии будет происходить при более низких температурах.

Влияние ультразвуковой обработки на усвояемость крахмала было подтверждено исследованиями таких ученых, как Ferreria da

Silva и др. Авторы исследований это связывают с увеличением кристалличности молекул крахмала от 25 до 33 % и перегруппировкой аморфной области, что делает крахмалы более компактными, при этом ухудшается ферментативный гидролиз, что приводит к медленному разрушению цепей амилопектина. При этом происходит уменьшение структуры гранул крахмала, что может привести к увеличению содержания нерастворимых (неусвояемых) углеводов [7, 16].

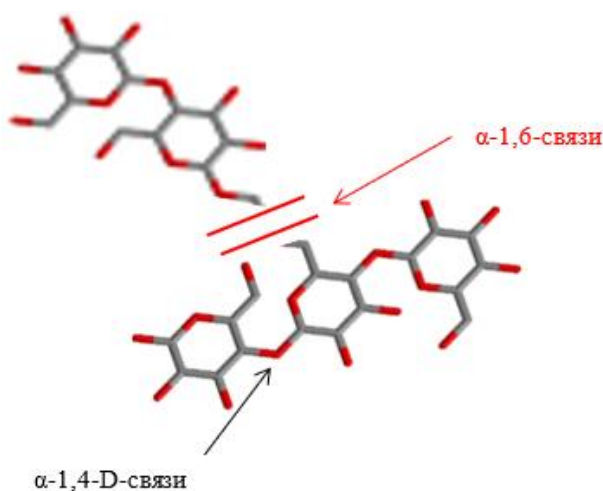


Рис. 3. Трансформация амилопектина. Разрушение  $\alpha$ -1,6-связей

Представленный материал дает обобщенное представление о возможности трансформации фракций нативного крахмала для получения сырьевых ингредиентов целевого назначения и требует расширенного исследования с учетом установления механизмов течения процессов.

#### Выводы

Полученные из анализа открытых источников научной литературы данные позволяют говорить, что физическая модификация крахмала, к которой относится и ультразвуковая, является перспективным направлением развития не только как научного направления, но и в первую очередь является альтернативой химической модификации крахмала для дальнейшего применения, особенно в пищевых отраслях. При этом ультразвуковая модификация крахмалов способна обеспечивать воздействие определенным образом на крахмальное зерно, придавая крахмалу заданные свойства, которые определяются эффектом кавитации.

### Список литературы

1. Никитина Е.В., Габдукаева Л.З. Сравнительная характеристика физико-химических и морфологических свойств модифицированных картофельных крахмалов // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15, № 13. С. 228–230.
2. Патент на изобретение RUS 2531404. Способ подготовки воды для пищевых производств / И.Ю. Потороко, Н.В. Попова, В.В. Ботвинникова, О.Н. Красуля и др. 2013.
3. Патент на изобретение RUS 2708557. Способ производства модифицированного крахмала / А.А. Руськина, И.Ю. Потороко, А.В. Малинин, А.В. Цатуров, И.В. Калинина, Н.В. Науменко, Н.В. Попова. 2019.
4. Руськина А.А., Попова Н.В., Руськин Д.В. Модификация крахмала с помощью ультразвукового воздействия как инструмент изменения его технологических характеристик // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2018. Т. 6, № 1. С. 69–76. DOI: 10.14529/food180108
5. Халиков Р.М., Нигаматуллина Г.Б. Трансформации макромолекул амилозы и амилопектина при технологической переработке крахмальных гранул растительного сырья в пищевой промышленности // Nauka-rastudent.ru. 2015. № 01 (013–2015). URL: <http://nauka-rastudent.ru/>
6. Технология и оборудование для обработки пищевых сред с использованием кавитационной дезинтеграции / С.Д. Шестаков, О.Н. Красуля, В.И. Богуш, И.Ю. Потороко. СПб., 2013.
7. Barbara Biduski, Wyller Max Ferreria da Silva, Rosana Colussi, Shanise Lisie de Mello El Halal, Loong-Tak Limb, Alvaro Renato Guerra Dias, Elessandra da Rosa Zavareze. Starch hydrogels: The influence of the amylose content and Starch hydrogels: The influence of the amylose content and gelatinization method // International Journal of Biological Macromolecules. 2018. Vol. 113. P. 443–449. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.02.144
8. BeMiller J.N. Starch modification: challenges and prospects // Starch/Stärke. 1997. Vol. 49. P. 127–131. DOI: 10.1002/star.19970490402
9. Bhupinder Kaur, Fazilah Ariffin, Rajeev Bhat, Alias A. Karim Progress in starch modification in the last decade // Food Hydrocolloids. 2012. Vol. 26. P. 398–404. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2011.02.016
10. Garcia-Tejeda Y.V., Salinas-Moreno Y., & Martinez-Bustos F. Acetylation of normal and waxy maize starches as encapsulating agents for maize anthocyanins microencapsulation // Food and Bioproducts Processing. 2015. Vol. 94. P. 717–726. DOI: 10.1016/j.fbp.2014.10.003
11. Monika Sujka, Jerzy Jamroz. Ultrasound-treated starch: SEM and TEM imaging, and functional behaviour // Food Hydrocolloids. 2013. Vol. 3. P. 413–419. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2012.11.027
12. Monika Sujka. Ultrasonic modification of starch – Impact on granules porosity // Ultrasonics Sonochemistry. 2017. Vol. 37. P. 424–429. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2017.02.001
13. Murphy P. Starch. In G.O. Philips, & P.A. Williams (Eds.). Handbook of hydrocolloids. 2000. P. 41–65. USA: CRC Press.
14. Potoroko I.Y., Ruskina A.A. Modeling of potato convenience of exposure effects of ultrasound // Solid State Phenomena. 2016. P. 697–702. DOI: 10.4028/www.scientific.net/msf.870.697
15. Shabana S., Prasansha R., Kalinina I., Potoroko I., Bagale U., Shirish S.H. Ultrasound assisted acid hydrolyzed structure modification and loading of antioxidants on potato starch nanoparticles // Ultrasonics Sonochemistry. 2018. P. 1–7. DOI : 10.1016/j.ultsonch.2018.07.023
16. Silva N.M.C., Correia P.R.C., Druzian J.I., Fakhouri F.M., Fialho R.L.L., & De Albuquerque E.C.M.C. PBAT/TPS composite films reinforced with starch nanoparticles produced by ultrasound // International Journal of Polymer Science. 2017. P. 1–10. DOI: 10.1155/2017/4308261
17. Swinkels J.J.M. Composition and Properties of commercial Native Starches // Starch/Starke. 1985. Vol. 37. P. 1–5. DOI: 10.1002/star.19850370102
18. Yasuo Iida, Toru Tuziuti, Kyuichi Yasui, Atsuya Towata, Teruyuki Kozuka. Control of viscosity in starch and polysaccharide solutions with ultrasound after gelatinization // Innovative Food Science and Emerging Technologies. 2008. Vol. 9. P. 140–146. DOI: 10.1016/j.ifset.2007.03.029
19. Zhu F., & Wang S. Physicochemical properties, molecular structure, and uses of sweetpotato starch // Trends in Food Science and Technology. 2014. Vol. 36. P. 68–78. DOI: 10.1016/j.tifs.2014.01.008

## References

1. Nikitina E.V., Gabdukaeva L.Z. Comparative characteristics of the physicochemical and morphological properties of modified potato starches. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kazan Technological University], 2012, vol. 15, no. 13, pp. 228–230. (In Russ.)
2. Potoroko I.Yu., Popova N.V., Botvinnikova V.V., Krasulya O.N. et al. *Patent na izobretenie RUS 2531404. Sposob podgotovki vody dlya pishchevykh proizvodstv* [Patent RUS 2531404. Method for preparing water for food production]. 2013.
3. Rus'kina A.A., Potoroko I.Yu., Malinin A.V., Tsaturov A.V., Kalinina I.V., Naumenko N.V., Popova N.V. *Patent na izobretenie RUS 2708557. Sposob proizvodstva modifitsirovannogo krakhmala* [Patent RUS 2708557. Method for the production of modified starch]. 2019.
4. Ruskina A.A., Popova N.V., Ruskin D.V. Starch Modification by Using Ultrasonic Exposure as a Tool for Changing its Technological Characteristics. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2018, vol. 6, no. 1, pp. 69–76. (In Russ.) DOI: 10.14529/food180108
5. Khalikov R.M., Nigamatullina G.B. Transformation of macromolecules of amylose and amylopectin in the technological processing of starch granules of vegetable raw materials in the food industry. *Nauka-rastudent.ru*, 2015, no. 01 (013–2015). (In Russ.) URL: <http://nauka-rastudent.ru/>
6. Shestakov S.D., Krasulya O.N., Bogush V.I., Potoroko I.Yu. *Tekhnologiya i oborudovanie dlya obrabotki pishchevykh sred s ispol'zovaniem kavitatsionnoy dezintegratsii* [Technology and equipment for processing food media using cavitation disintegration]. St. Petersburg, 2013.
7. Barbara Biduski, Wyller Max Ferreria da Silva, Rosana Colussi, Shanise Lisie de Mello El Halal, Loong-Tak Limb, Alvaro Renato Guerra Dias, Elessandra da Rosa Zavareze. Starch hydrogels: The influence of the amylose content and Starch hydrogels: The influence of the amylose content and gelatinization method. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2018, vol. 113, pp. 443–449. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.02.144
8. BeMiller J.N. Starch modification: challenges and prospects. *Starch/Stärke*, 1997, vol. 49, pp. 127–131. DOI: 10.1002/star.19970490402
9. Bhupinder Kaur, Fazilah Ariffin, Rajeev Bhat, Alias A. Karim Progress in starch modification in the last decade. *Food Hydrocolloids*, 2012, vol. 26, pp. 398–404. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2011.02.016
10. Garcia-Tejeda Y.V., Salinas-Moreno Y., & Martinez-Bustos F. Acetylation of normal and waxy maize starches as encapsulating agents for maize anthocyanins microencapsulation. *Food and Bioproducts Processing*, 2015, vol. 94, pp. 717–726. DOI: 10.1016/j.fbp.2014.10.003
11. Monika Sujka, Jerzy Jamroz. Ultrasound-treated starch: SEM and TEM imaging, and functional behaviour. *Food Hydrocolloids*, 2013, vol. 3, pp. 413–419. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2012.11.027
12. Monika Sujka. Ultrasonic modification of starch – Impact on granules porosity. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2017, vol. 37, pp. 424–429. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2017.02.001
13. Murphy P. Starch. In G.O. Philips, & P.A. Williams (Eds.) *Handbook of hydrocolloids*, 2000, pp. 41–65. USA: CRC Press.
14. Potoroko I.Y., Ruskina A.A. Modeling of potato convenience of exposure effects of ultrasound. *Solid State Phenomena*, 2016, pp. 697–702. DOI: 10.4028/www.scientific.net/msf.870.697
15. S. Shabana, R. Prasansha, I. Kalinina, I. Potoroko, U. Bagale, S.H. Shirish Ultrasound assisted acid hydrolyzed structure modification and loading of antioxidants on potato starch nanoparticles. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2018, pp. 1–7. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2018.07.023
16. Silva N.M.C., Correia P.R.C., Druzian J.I., Fakhouri F.M., Fialho R.L.L., & De Albuquerque E.C.M.C. PBAT/TPS composite films reinforced with starch nanoparticles produced by ultrasound. *International Journal of Polymer Science*, 2017, pp. 1–10. DOI: 10.1155/2017/4308261
17. Swinkels J.J.M. Composition and Properties of commercial Native Starches. *Starch/Stärke*, 1985, vol. 37. R. 1–5. DOI: 10.1002/star.19850370102
18. Yasuo Iida, Toru Tuziuti, Kyuichi Yasui, Atsuya Towata, Teruyuki Kozuka. Control of viscosity in starch and polysaccharide solutions with ultrasound after gelatinization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2008, vol. 9, pp. 140–146. DOI: 10.1016/j.ifset.2007.03.029
19. Zhu F., & Wang S. Physicochemical properties, molecular structure, and uses of sweetpotato starch. *Trends in Food Science and Technology*, 2014, vol. 36, pp. 68–78. DOI: 10.1016/j.tifs.2014.01.008

*Информация об авторах*

**Руськина Алена Александровна**, старший преподаватель кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия, guskina\_a@mail.ru

**Потороко Ирина Юрьевна**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия, irina\_potoroko@mail.ru

*Information about the authors*

**Alena A. Ruskina**, Senior Academic at the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia, ruskina\_a@mail.ru

**Irina Yu. Potoroko**, Doctor of Sciences (Engineering), Professor of the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia, irina\_potoroko@mail.ru

*Статья поступила в редакцию 14.03.2022*

*The article was submitted 14.03.2022*