

ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТОВ УЛЬТРАЗВУКА НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЛЕЙСТЕРОВ КАРТОФЕЛЬНОГО КРАХМАЛА

А.А. Руськина, И.Ю. Потороко, А.В. Малинин, А.В. Цатуров

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Для улучшения технологических характеристик крахмалов, которые используются в пищевой промышленности, контроль вязкости является одним из самых перспективных направлений, которые стоит рассмотреть, так как крахмал в первую очередь используется как натуральный (природный) загуститель и эмульгатор. При температурах 58–65 °С и выше происходит процесс клейстеризации картофельного крахмала с последующим образованием гидрогелей. Ультразвук может эффективно снизить вязкость растворов крахмала после желатинизации. Достоинствами ультразвукового воздействия являются: процесс не требует применения каких-либо химикатов и добавок; процесс может быть простым и быстрым; процесс не вызывает больших изменений в химической структуре крахмалов, а влияет только на его реологические свойства. Эффективность ультразвукового воздействия была оценена измерением изменений вязкости и эмульгирующей способности крахмальных клейстеров. Изменение молекулярной массы крахмала, а значит и эмульгирующей способности контролировали с помощью спектрофотометра СФ-56. Ультразвуковое воздействие можно применять для многих видов крахмалов (кукурузный, тапиоковый, пшеничный и т. д.), наше исследование направлено на картофельный крахмал, это связано с тем, что Уральский регион является благоприятным районом для возделывания картофеля, в том числе и как источника получения крахмала. Полученные результаты позволяют говорить об уменьшении вязкости картофельных крахмальных клейстеров после желатинизации под воздействием ультразвука. Эмульгирующая же активность у образцов, обработанных ультразвуком, выше в 2–3 раза, это свидетельствует того, что изменяются физико-химических параметры, а именно структура и размеры крахмальных зерен, что приводит к повышению их гомогенности, снижению молекулярной массы и повышению способности образовывать более низкомолекулярные единицы.

Ключевые слова: модификация крахмала, ультразвуковое воздействие, вязкость, эмульгирующая активность.

Введение

Крахмал главным образом является запасным веществом энергии для растений и одним из самых больших источников углеводов, найденных в природе. Он состоит из остатков глюкозы, связан только двумя типами гликозидных связей: α -1,4 и α -1,6 и откладывается в виде гранул в различных видах тканей и органов, например, корней, плодов, листьев или зерен. Крахмальные гранулы отличаются по размеру, форме и свойствам в зависимости от ботанического происхождения [5]. Все крахмалы подразделяются на две группы: природные (или нативные) и рафинированные (модифицированные). Природный крахмал состоит из двух фракций, отличающихся по своему строению и свойствам (табл. 1): 25 % амилозы и 75 % амилопектина [11].

Поскольку крахмальные гранулы практически не растворяются в холодной воде, а при нагревании они сильно набухают, то при продолжительном кипячении примерно 15...25 % крахмала переходит в раствор в виде коллои-

да. Имея линейную структуру, молекулы амилозы легче выстраиваются в ряд, они образуют больше водородных связей и дают прочные гели. Следовательно, для такого крахмала потребуется больше энергии, чтобы разорвать эти связи и желеобразоваться. Обычно, чем больше содержится амилозы в крахмале, тем выше температура желеобразования [2, 3, 10, 17].

Как важный источник питания для человека, крахмал широко используется во многих отраслях пищевой промышленности, но обычно после соответствующей модификации: химической, физической или ферментативной. Основной проблемой при применении нативных крахмалов является старение водных растворов, это происходит вследствие частичной кристаллизации полимерных цепей [8, 9]. Современные научные исследования по разработке эффективных способов целенаправленного изменения природных свойств нативного крахмала в последнее время интенсивно развиваются. Обработка ультразвуком

Сравнительная характеристика свойств амилозы и амилопектина

Характеристика	Амилоза	Амилопектин
Содержание в крахмале разных видов, %		
Картофельный	20–21	79–80
Кукурузный	20–28	72–80
Кукурузный (воск)	0,8	99,2
Тапиоковый	16–17	83–84
Пшеничный	20–28	72–80
Рисовый	18	82
Растворимость в воде	Растворима в горячей воде. Растворы неустойчивы – происходит ретроградация	Набухает в горячей воде, образуя клейстеры
Окраска с йодом	Синяя	Пурпурная или красная
Адсорбция йода	Высокая	Низкая
Адсорбция на целлюлозе	Высокая	Низкая
Расщепляемость амилазой, %	100	50
Реакция с органическими соединениями (1-бутанол)	Образует комплексы	Неспособен связываться с 1-бутанолом и др. органическими соединениями
Молекулярная масса	От 500 до 1600	От 10000 до 6 млн
Содержание остатков глюкозы	От 100 до неск. тысяч	До 50000
Строение	Линейное, молекулы образуют спирали. Связь между остатками глюкозы 1,4-альфа	Разветвлённое, молекулы образуют сферы. Связь в линейной части 1,4-альфа, в точке ветвления 1,6-альфа. Длина наружной ветви 16–20 остатков глюкозы (50–60), внутренней – 7 остатков (40–50 %)
Отношение редуцирующих и не редуцирующих концевых групп	Превышает 100	Единица

является одним из физических методов модификации крахмала, приводящего к его деполимеризации [13].

Вместе с тем ультразвуковое воздействие (УЗВ) на гранулированные крахмалы или крахмальные гели изучаются учеными разных стран уже многие десятилетия. Согласно этим исследованиям, ультразвук вызывает физическую деградацию гранул с видимыми трещинами и порами на поверхности, но никаких изменений формы и размера гранул не наблюдается (рис. 1) [13]. Размер повреждения зерна связан с явлением кавитации [1, 4, 12]. Зерна крахмала атакуют пузыри газов внутри среды. При этом быстро образующиеся пузыри

создают давление близко к поверхностям гранул, которое, в свою очередь, приводит к ее распаду. Кроме того, растворяющиеся молекулы могут диссоциировать для того, чтобы сформировать радикалы, которые могут вызывать деградацию полимера. К факторам, влияющим на изменение зерна крахмала при УЗВ, относят мощность, температуру и продолжительность воздействия [13, 14].

В настоящее время развивается научное направление, связанное с тем, что при определенных режимах (времени и мощности), ультразвуковая модификация приводит к уменьшению размеров крахмальных зерен, что связывают с влиянием двух факторов: ка-

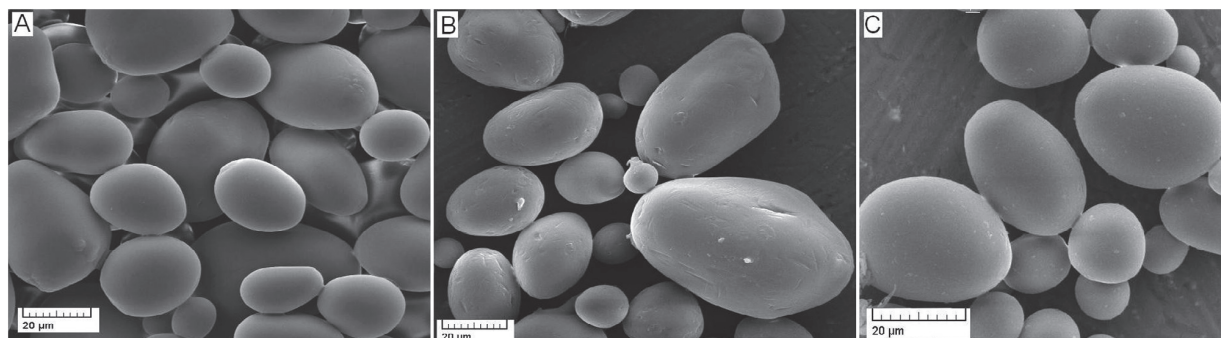


Рис. 1. Гранулы картофельного крахмала: А – нативные, В – обработка ультразвуком в воде (20 кГц, 30 минут), С – Обработка ультразвуком в этаноле (20 кГц, 30 минут) [13]

витационным давлением и повышением температуры, что приводит к деструкции крахмальных зерен [7, 15, 16].

Целью данного исследования является изучение возможности применения ультразвукового воздействия для регулирования эмульгирующей активности и вязкости крахмальных клейстеров, полученных на основе картофельного крахмала.

Материалы и методы

Для проведения исследований был взят крахмал картофельный (нативный), извлеченный из картофеля сорта «Лорх». Водная 1 %-ная крахмальная суспензия обрабатывалась ультразвуком с помощью прибора «Волна» модель УЗТА-0,63/22-ОЛР, с рабочим инструментом погружного типа с частотой колебаний $(22 \pm 1,65)$ кГц и выходной мощностью 630 Вт.

Для установления оптимальных режимов УЗВ, позволяющего эффективно модифицировать реологические свойства крахмала, были применены следующие параметры УЗВ (табл. 2).

В качестве контроля была взята 1 %-ная водная суспензия крахмала, обработанная термически при температуре 60 °С.

Опытные образцы суспензий, подвергаемые УЗВ, были закодированы с учетом времени – мощности. Для дальнейшего исследо-

вания были взяты образцы: 3 – 100; 5 – 100; 10 – 100; 15 – 50; 20 – 30.

Образцы суспензий оценивались микроскопическим методом. Для этого крахмальные суспензии окрашивали раствором Люголя и немедленно просматривали под микроскопом при увеличении $\times 600$.

Определение вязкости крахмалов проводили на вибровискозиметре, модель SV-10, при температуре суспензий $(20 \pm 3,0)$ °С.

Эмульгирующую активность определяли с помощью спектрофотометра СФ-56 при длине волны 500 нм.

Для этого готовили растворы по следующей методике: 1 часть подсолнечного масла, 3 части исследуемого образца 1 % крахмального клейстера, полученную суспензию встряхивали в течении 2 минут. После этого брали 1 часть полученной эмульсии и смешивали с 9 частями 0,1 % раствором додецилом (лаурил) сульфат натрия ($C_{12}H_{25}SO_4Na$).

Результаты и их обсуждение

Результаты, полученные в ходе исследований, позволяют утверждать, что УЗВ в разных режимах влияет на реологические характеристики водных суспензий картофельного крахмала.

Так, в поле зрения контрольного образца наблюдаются гранулы крахмалов овальной, округлой формы разных размеров. Для образ-

Таблица 2

Характеристика модельных образцов

Мощность обработки, Вт (% от номинальной мощности прибора)	Время обработки, мин				
	3	5	10	15	20
630 (100)	3 – 100	5 – 100	10 – 100	15 – 100	20 – 100
315 (60)	3 – 60	5 – 60	10 – 60	15 – 60	20 – 60
189 (30)	3 – 30	5 – 30	10 – 30	15 – 30	20 – 30

цов, подвергнутых УЗВ, визуальный ряд изменился, причем более интенсивное воздействие обеспечивает разрушение зерен крахмала и в поле зрения наблюдается рваный рисунок крахмальной пленки с небольшим количеством, погруженных в нее зерен (режим УЗВ 3 – 100).

Присутствие нарушенных зерен было выше в набухающем крахмале (режимы УЗВ 10 – 100 и 15 – 50), чем в других режимах воздействия ультразвука. Вероятно, нарушение целостности крахмальных зерен указывает на проникновение в эти гранулы воды и последующего образования гелей.

Согласно исследованиям Yasuo Lida, Togu Tuziuti и др. радиус пузырей, которые образуются в воде на частоте 20 кГц, составляет 10...100 мкм, их можно сравнить с диаметром гранулы крахмала (15...100 мкм для картофельного). Ударные волны образуются, когда скорость разрушения стенки пузыря превышает скорость звука в среде, что в свою очередь может вызвать высокоскоростные межчастичные столкновения [18]. Эти столкновения приводят к разрыву водородных связей между крахмальными полимерными цепями.

В следствие этого в микроснимках присутствуют окрашенные в синий цвет области, которые соответствуют накоплениям амилозы.

Ультразвуковое воздействие приводит к эрозии и увеличению пористости гранул, происходит медленное поглощение воды, при этом крахмальные зерна увеличиваются в объеме. Однако при более длительном ультразвуковом воздействии (образец УЗВ 20 – 30) видно разрушение крахмальных зерен, так как температура образца составляет более 80 °С при этом после остывания происходит образование уже стойкого крахмального гидрогеля. Кроме того, в микрофотографиях крахмальных суспензий видно сильное разбухание гранул крахмала с частичным или полным распадом. В образце 3 – 100 и образце 15 – 50 ясно видны области фиолетового окрашивания, это свидетельствует о преобладании амилопектиновой фракции, что обуславливает высокую эмульгирующую активность кластера данного образца.

Дальнейшее исследование физико-химических характеристик 1%-ных водных суспензий картофельного крахмала (табл. 3) показало, что по сравнению с нативным крах-

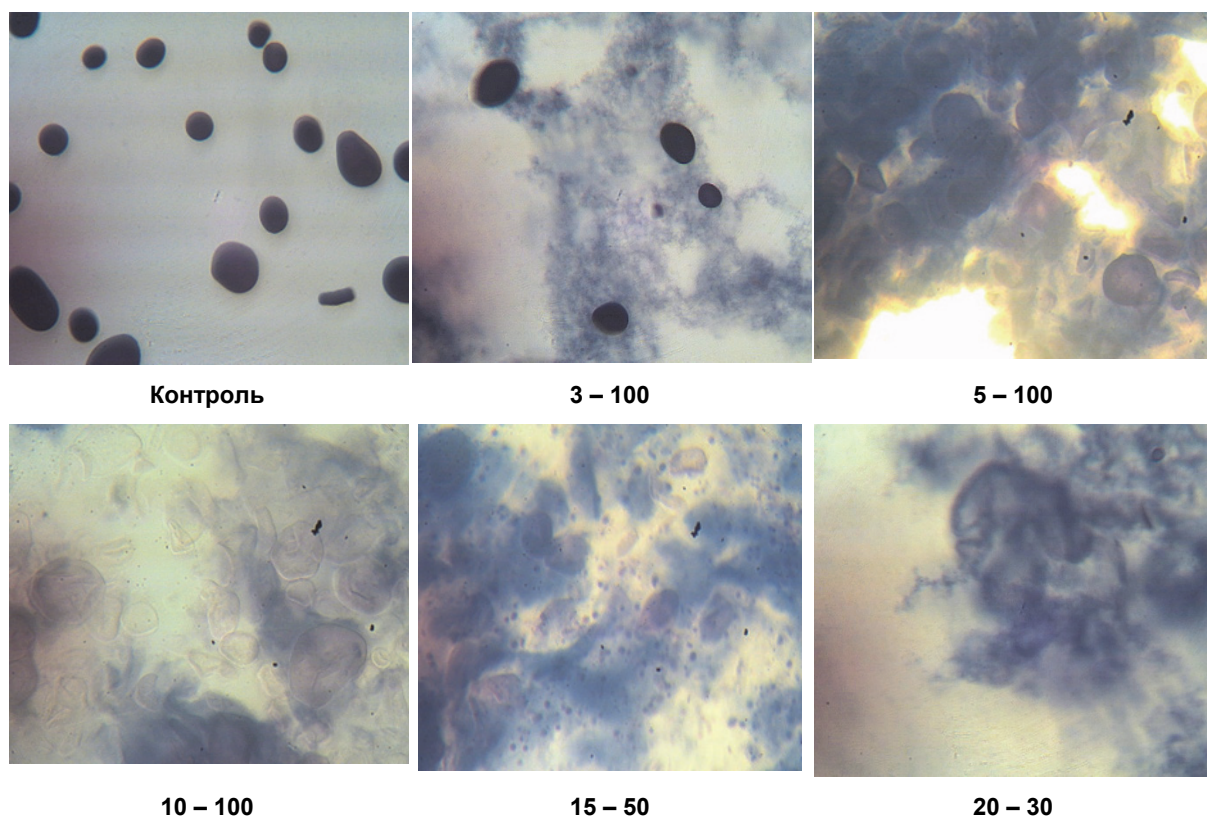


Рис. 2. Микрофотографии образцов крахмальных суспензий (препараты, окрашенные раствором Люголя, увеличение $\times 600$)

Таблица 3
Результаты оценки эмульгирующей активности и вязкости крахмальных клейстеров

Образец	Температура, °С, ± 3	Вязкость, мПа/с, ± 0,01	Эмульгирующая активность, D, λ=500 нм, ± 0,001
Контроль (нативный)	60	3,99	0,034
3 – 100	63	1,39	0,11
5 – 100	75	1,86	0,031
10 – 100	86	1,40	0,03
15 – 50	82	1,28	0,14
20 – 30	75,5	1,45	0,02

малом (контроль) модифицированные с помощью ультразвука крахмалы имеют вязкость меньше, что обусловлено разрушением связей между молекулами глюкозы в амилозе и амилопектине [6].

Анализируя полученные данные, можно говорить о том, что в целом все образцы, обработанные ультразвуком, имели эмульгирующую активность выше, чем у контроля (0,034 ед. D). Самая высокая эмульгирующая активность у образцов, обработанных УЗВ в режиме 3 – 100 (0,11 ед. D) и режиме 15 – 50 (0,14 ед. D). Это связано с эффектом кавитации, который создается процессом образования и последующего схлопывания пузырьков, при этом происходит в нашем случае уменьшение размера крахмальных зерен, что способствует получению более тонкодисперсной эмульсии с более мелкой фракцией [4].

Результаты исследований вязкости полученных суспензий указывают на сложный характер изменений данного показателя. Вероятно, образование геля на базе модифицированных крахмалов включает формирование трехмерной сети, которая связывает растворитель (молекулы воды). При повышении температуры наблюдается клейстеризация системы суспензии, их данных таблицы видно, что температура нарастает до уровня 86 °С (образец УЗВ в режиме 10 – 100).

Таким образом, УЗВ оказывает положительное влияние на вязкость и эмульгирующую активность крахмала. Однако для более детального изучения влияния УЗВ на структурные изменения в крахмалах необходимы дополнительные исследования, которые позволят установить наиболее рациональные режимы ультразвука с целью получения модифицированных крахмалов направленной

применимости в технологиях пищевых производств.

Литература

1. Беззубов, А.Д. Ультразвук и его применение в пищевой промышленности / А.Д. Беззубов, Е.И. Гарлинская, В.М. Фридман. – М.: Пищевая промышленность, 1964. – 196 с.
2. Гулюк, Н.Г. Крахмал и крахмалопродукты / Н.Г. Гулюк. – М.: Агропромиздат, 1985. – 240 с.
3. Жушман, А.И. Модифицированные крахмалы / А.И. Жушман. – М.: Пищепромиздат, 2007. – 236 с.
4. Сонохимическое воздействие на пищевые эмульсии / О.Н. Красуля, В.И. Богуш, С.С. Хмелев и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2017. – Т. 5, № 2. – С. 38–48. DOI: 10.14529/food170206
5. Литвяк, В.В. Морфология крахмала и крахмалопродуктов / В.В. Литвяк, Н.К. Юркович, С.М. Бутрим, В.В. Москва. – Минск: Белорусская наука, 2013. – 217 с.
6. Никитина, Е.В. Сравнительная характеристика физико-химических и морфологических свойств модифицированных картофельных крахмалов. / Е.В. Никитина, Л.З. Габдукаева // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15, № 13. – С. 228–230.
7. Разработка технологии модификации крахмала. Часть 1: Ультразвуковое воздействие в охлаждающей системе / И.Ю. Потороко, А.В. Малинин, А.В. Цатуров и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2018. – Т. 6, № 4. – С. 83–92. DOI: 10.14529/food180411
8. Анализ современных способов модификации крахмала как инструмента повышения

его технологических свойств / А.А. Руськина, Н.В. Попова, Н.В. Науменко, Д.В. Руськин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2017. – Т. 5, № 3. – С. 12–20. DOI: 10.14529/food170302

9. Халиков, Р.М. Трансформации макромолекул амилозы и амилопектина при технологической переработке крахмальных гранул растительного сырья в пищевой индустрии / Р.М. Халиков, Г.Б. Нугаматуллина // Nauka-rastudent.ru. – 2015. – № 01 (013-2015). – <http://nauka-rastudent.ru/>

10. Blazek, J. Pasting and swelling properties of wheat flour and starch in relation to amylose content / J. Blazek, L. Copeland // Carbohydrate Polymers. – 2008. – V. 71. – P. 380–387.

11. Galliard, T. Morphology and composition of starch / T. Galliard, P. Bowler // In: Galliard, T., (Ed.). – Starch: Properties and Potential. Wiley, Chichester, 1987. – 5578 с.

12. Krasulya, O. Impact of acoustic cavitation on food emulsions / O. Krasulya, V. Bogush, V. Trishina, I. Potoroko, S. Khmelev, P. Sivashanmugam, S. Anandan // Ultrasonics Sonochemistry. – 2016. – V. 30. – P. 98–102. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2015.11.013

13. Monika Sujka. Ultrasonic modification of starch – Impact on granules porosity / Monika

Sujka // Ultrasonics Sonochemistry. – 2017. – V. 37. – P. 424–429.

14. Monika Sujka, Jerzy Jamroz. Ultrasound-treated starch: SEM and TEM imaging, and functional behavior / Monika Sujka, Jerzy Jamroz // Food Hydrocolloids. – 2013. – V. 31. – P. 413–419.

15. 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

16. Shabana, S. Ultrasound assisted acid hydrolyzed structure modification and loading of antioxidants on potato starch nanoparticles / S. Shabana, R. Prasansha, I. Kalinina et al. // Ultrasonics Sonochemistry. – 2019. – V. 51. – P. 444–450.

17. Swinkels, J.J.M. Composition and Properties of commercial Native Starches / J.J.M. Swinkels // Starch/Starke. – 1985. – V. 37. – P. 1–5.

18. Yasuo Iida. Control of viscosity in starch and polysaccharide solutions with ultrasound after gelatinization / Yasuo Iida, Toru Tuziuti, Kyuichi Yasui, Atsuya Towata, Teruyuki Kozuka // Innovative Food Science and Emerging Technologies. – 2008. – V. 9. – P. 140–146.

Руськина Алена Александровна, старший преподаватель кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), guskina_a@mail.ru

Потороко Ирина Юрьевна, доктор технических наук, профессор кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), irina_potoroko@mail.ru

Малинин Артем Владимирович, магистрант кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), artemmalinin3@gmail.com

Цатуров Арам Валерикович, магистрант кафедры «Пищевые и биотехнологии», Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), aram-chel@mail.ru

Поступила в редакцию 11 января 2019 г.

INFLUENCE OF ULTRASOUND EFFECTS ON THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF THE POTATO STARCHES PASTE

A.A. Ruskina, I.Yu. Potoroko, A.V. Malinin, A.V. Tsaturov

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

To improve the technological characteristics of starches, which are used in the food industry, viscosity control is one of the most promising areas that should be considered, since starch is primarily used as a natural thickener and emulsifier. At temperatures of 58–65 °C and above, the process of potato starch gelatinization occurs with the subsequent formation of hydrogels. Ultrasound can effectively reduce the viscosity of starch solutions after gelatinization. The advantages of ultrasound exposure are the following: the process does not require the use of any chemicals and additives; the process can be simple and fast; the process does not cause major changes in the chemical structure of starches but only affects its rheological properties. The effectiveness of ultrasound exposure was evaluated by measuring the changes in viscosity and emulsifying ability of starch paste. The change in the molecular weight of starch, and hence the emulsifying ability, was monitored by an SF-56 spectrophotometer. Ultrasound exposure can be applied to many types of starch (corn, tapioca, wheat, etc.), our research is aimed at potato starch, due to the fact that the Ural region is a favourable area for the cultivation of potatoes, including as a source of starch. The results obtained suggest a decrease in the viscosity of potato starch paste after gelatinization under the influence of ultrasound. Emulsifying activity in samples treated with ultrasound is 2–3 times higher, is evidence that physical and chemical parameters change, namely the structure and size of starch grains, which leads to an increase in their homogeneity, a decrease in molecular weight and an increase in the ability to form lower molecular units.

Keywords: starch modification, ultrasound exposure, viscosity, emulsifying activity.

References

1. Bezzubov A.D., Garlinskaya E.I., Fridman V.M. *Ul'trazvuk i ego primeneniye v pishchevoy promyshlennosti* [Ultrasound and its Use in the Food Industry]. Moscow, 1964. 196 p.
2. Gulyuk N.G. *Krakhmal i krakhmaloprodukty* [Starch and Starch Products]. Moscow, 1985. 240 p.
3. Zhushman A.I. *Modifitsirovannyye krakhmaly* [Modified Starches]. Moscow, 2007. 236 p.
4. Krasulya O.N., Bogush V.I., Khmelev S.S., Potoroko I.Yu., Tsirolnichenko L.A., Kanina K.A., Yushchina E.A., Anandan S., Sivashanmugam P. The Sonochemical Impact on Food Emulsions. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2017, vol. 5, no. 2, pp. 38–48. (in Russ.) DOI: 10.14529/food170206
5. Litvyak V.V., Yurkshovich N.K., Butrim S.M., Moskva V.V. *Morfologiya krakhmala i krakhmaloproduktov* [Morphology of Starch and Starch Products]. Minsk, 2013. 217 p.
6. Nikitina E.V., Gabdukaeva L.Z. [Comparative characteristics of physical and chemical and morphological properties of modified potato starches]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 2012, vol. 15, no. 13, pp. 228–230. (in Russ.)
7. Potoroko I.Yu., Malinin A.V., Tsaturov A.V., Ruskina A.A., Shabana Shaik. Development of a Technology of Starch Modification. Part 1: Exposure to Ultrasound in a Cooling System. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2018, vol. 6, no. 4, pp. 83–92. (in Russ.) DOI: 10.14529/food180411
8. Ruskina A.A., Popova N.V., Naumenko N.V., Ruskin D.V. Analysis of Contemporary Methods of Modification of Starch as an Instrument of Enhancing its Technological Properties. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2017, vol. 5, no. 3, pp. 12–20. (in Russ.) DOI: 10.14529/food170302
9. Khalikov R.M., Nigmatullina G.B. [Transformation of amylase and amylopectin macromolecules during processing of starch granules of vegetable raw material in food industry]. *Nauka-rastudent.ru*, 2015, no. 01 (013-2015). (in Russ.). Available at: <http://nauka-rastudent.ru/>

10. Blazek J., Copeland L. Pasting and swelling properties of wheat flour and starch in relation to amylose content. *Carbohydrate Polymers*, 2008, vol. 71, pp. 380–387. DOI: 10.1016/j.carbpol.2007.06.010
11. Galliard T., Bowler P. *Morphology and composition of starch*. In: Galliard T. (Ed.), *Starch: Properties and Potential*. Wiley, Chichester, 1987, 5578 p.
12. Krasulya O., Bogush V., Trishina V., Potoroko I., Khmelev S., Sivashanmugam P., Anandan S. Impact of acoustic cavitation on food emulsions. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2016, vol. 30, pp. 98–102. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2015.11.013
13. 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
14. Monika Sujka, Jerzy Jamroz. Ultrasound-treated starch: SEM and TEM imaging, and functional behavior. *Food Hydrocolloids*, 2013, vol. 31, pp. 413–419. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2012.11.027
15. 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
16. 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*, 2019, vol. 51, pp. 444–450. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2018.07.023
17. Swinkels J.J.M. Composition and Properties of commercial Native Starches. *Starch/Starke*, 1985, vol. 37, pp. 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

Alena A. Ruskina, Senior Academic at the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, 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, irina_potoroko@mail.ru

Artem V. Malinin, Master's Degree Student at the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, artemmalinin3@gmail.com

Aram V. Tsaturov, Master's Degree Student at the Department of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, aram-chel@mail.ru

Received January 11, 2019

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Влияние эффектов ультразвука на реологические свойства клейстеров картофельного крахмала / А.А. Руськина, И.Ю. Потороко, А.В. Малинин, А.В. Цатуров // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2019. – Т. 7, № 1. – С. 89–96. DOI: 10.14529/food190110

FOR CITATION

Ruskina A.A., Potoroko I.Yu., Malinin A.V., Tsaturov A.V. Influence of Ultrasound Effects on the Rheological Properties of the Potato Starches Paste. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2019, vol. 7, no. 1, pp. 89–96. (in Russ.) DOI: 10.14529/food190110