

Использование кавитации в технологии кондитерских полуфабрикатов на основе плодовоовощного сырья

Оксана С. Руденко	1	oxana0910@mail.ru	 0000-0003-2436-4100
Михаил А. Пестерев	1	mb-niikp@mail.ru	 0000-0002-0980-1862
Николай Б. Кондратьев	1	conditerpromnbk@mail.ru	 0000-0003-3322-9621
Михаил А. Талейсник	1	mki.niikp@mail.ru	 0000-0002-6289-8456
Алла Е. Баженова	1	mb-niikp@mail.ru	 0000-0002-6994-8524

1 ВНИИКП – филиал «Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, ул. Электровзводская, 20 стр.3, г. Москва, 107023, Россия

Аннотация. Одним из направлений разработки инновационных кондитерских изделий является создание продуктов с использованием сырьевых компонентов с критическими значимыми веществами для укрепления здоровья населения. Создание кондитерских полуфабрикатов на основе свежих овощей и фруктов с минимальным температурным воздействием для обеспечения сохранности нативных микронутриентов является актуальной задачей обогащения кондитерских изделий. Кавитация – это способ физического воздействия при производстве кондитерских изделий и полуфабрикатов, способствующий повышению сохранности витаминов благодаря уменьшению длительности температурного воздействия и достижению заданных свойств полуфабриката. Целью исследования являлось изучение влияния кавитационных воздействий на структурно механические и физико-химические показатели полуфабрикатов из свежих овощей для производства кондитерских изделий. Модельные образцы полуфабриката изготовлены из моркови с использованием акустического воздействия с различной длительностью (от 0 до 6 мин.) с использованием инвертного сиропа, полученного путем кавитационной обработки. Полученные образцы сравнивали с контрольным образцом полуфабриката из моркови с добавлением инвертного сиропа без кавитационной обработки. Использование кавитационных воздействий на стадии получения инвертного сиропа и обработки морковной массы позволило увеличить прочность кондитерского полуфабриката, изготовленного на основе морковного сырья, на 19% до 640 г/см³. Исходная активность воды контрольного образца составляла - 0,852, что свидетельствует о высоком риске микробиологических изменений при хранении. Кавитационная обработка способствовала минимальному изменению активности воды полуфабриката на основе моркови в процессе хранения. При увеличении длительности кавитационной обработки морковной массы в образцах морковного полуфабриката увеличивалось количество редуцирующих веществ, в контрольном образце – 6,3 %, в образце с 4 и 6 мин. кавитационной обработки – 44,1 % и 47,3 % соответственно. Исследование полуфабриката методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектором выявило существенное влияние кавитационных воздействий на химический состав. Выявлено снижение содержания эфиров фумаровой кислоты в образце с длительностью кавитационных воздействий 4 и 6 мин. от 2,91 % до 1,72 % и 1,2 % соответственно по сравнению с контрольным образцом. При этом органолептические характеристики вкуса и запаха полуфабриката улучшились.

Ключевые слова: морковный полуфабрикат, инвертный сироп, кавитация, газовая хроматография, реологические показатели, активность воды

The use of cavitation in the technology of confectionery semi-finished products based on fruit and vegetable raw materials

Oksana S. Rudenko	1	oxana0910@mail.ru	 0000-0003-2436-4100
Mikhail A. Pesterev	1	mb-niikp@mail.ru	 0000-0002-0980-1862
Nikolai B. Kondratiev	1	conditerpromnbk@mail.ru	 0000-0003-3322-9621
Mikhail A. Taleysnik	1	mki.niikp@mail.ru	 0000-0002-6289-8456
Alla E. Bazhenova	1	mb-niikp@mail.ru	 0000-0002-6994-8524

1 All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry, Elektrovzvodskaya, 20, Moscow, 107023, Russia

Abstract. One of the directions of development of innovative confectionery products is the creation of products using raw materials with critical significant substances to improve public health. The creation of confectionery semi-finished products based on fresh vegetables and fruits with a minimum temperature effect to ensure the preservation of native micronutrients are an urgent task of enriching confectionery. Cavitation is a method of physical influence in the production of confectionery and semi-finished products, which helps to increase the preservation of vitamins by reducing the duration of temperature exposure and achieving the desired properties of the semi-finished product. The aim of the study was to study the influence of cavitation effects on the structural, mechanical and physicochemical indicators of semi-finished products from fresh vegetables for the production of confectionery. Model samples of a semi-finished product are made from carrots using acoustic exposure with various durations (from 0 to 6 minutes) using invert syrup obtained by cavitation treatment. The obtained samples were compared with a control sample of a semi-finished product from carrots with the addition of invert syrup without cavitation treatment. The use of cavitation effects at the stage of obtaining invert syrup and processing carrot mass made it possible to increase the strength of the confectionery semi-finished product made on the basis of carrot raw materials by 19% to 640 g / cm³. The initial water activity of the control sample was 0.852, which indicates a high risk of microbiological changes during storage. Cavitation treatment contributed to a minimal change in the water activity of the semi-finished carrot-based product during storage. With an increase in the duration of the cavitation treatment of the carrot mass, the amount of reducing substances increased in the samples of carrot semi-finished product, in the control sample - 6.3%, in the sample from 4 and 6 minutes. cavitation treatment - 44.1% and 47.3%, respectively. A study of a semi-finished product by gas chromatography with a mass spectrometric detector revealed a significant effect of cavitation effects on the chemical composition. A decrease in the content of fumaric acid esters in the sample with the duration of cavitation effects of 4 and 6 minutes was revealed from 2.91% to 1.72% and 1.2%, respectively, compared with the control sample. At the same time, the organoleptic characteristics of the taste and smell of the semi-finished product have improved.

Keywords: semi-finished carrot, invert syrup, cavitation, gas chromatography, rheological parameters, water activity

Для цитирования

Руденко О.С., Пестерев М.А., Кондратьев Н.Б., Талейсник М.А., Баженова А.Е. Использование кавитации в технологии кондитерских полуфабрикатов на основе плодовоовощного сырья // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 4. С. 163–168. doi:10.20914/2310-1202-2020-4-163-168

For citation

Rudenko O.S., Pesterev M.A. Kondratiev N.B., Taleysnik M.A., Bazhenova A.E. The use of cavitation in the technology of confectionery semi-finished products based on fruit and vegetable raw materials. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 4. pp. 163–168. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-4-163-168

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Питание человека существенно влияет на его здоровье и жизнь. Государственной политикой Российской Федерации были поставлены задачи разработки и обеспечения рационального потребления пищевых продуктов, поддерживающих и укрепляющих здоровья населения [1].

Одним из направлений разработок инновационных кондитерских изделий является создание продуктов с использованием сырьевых компонентов с критическими значимыми веществами для укрепления здоровья населения [2–4].

В производстве кондитерских изделий, в том числе мучных, для повышения содержания витаминов, микроэлементов и пищевых волокон допускается использование полуфабрикатов на основе плодоовощного сырья. Однако при бланшировании и уваривании в процессе производства данных полуфабрикатов температурные воздействия свыше 100 °С приводят к значительному снижению количества нативных витаминов.

Создание кондитерских полуфабрикатов на основе свежих овощей и фруктов с минимальным температурным воздействием для обеспечения сохранности нативных микронутриентов является актуальной задачей обогащения кондитерских изделий. Широко распространенное в Российской Федерации овощное сырье – морковь содержит большое количество нативных нутриентов [12].

Кавитация – это способ физического воздействия при производстве кондитерских изделий и полуфабрикатов, способствующий повышению сохранности витаминов благодаря уменьшению длительности температурного воздействия и достижению заданных свойств полуфабриката. Акустическая кавитация, возникающая в результате генерируемых колебаний ультразвуковым преобразователем с частотой 18–24 кГц, обеспечивает турбулентное движение твердых частиц дисперсной системы в направлении движения потока [5–10].

Это вызывает максимальное диспергирование агрегатов из частиц твердой фазы и их равномерное распределение в дисперсионной среде. Такое селективное воздействие способно инициировать различные кинетические реакции, меняющие структуру среды с образованием новых видов материалов [11].

При хранении мучных кондитерских изделий с фруктовыми начинками происходит миграция влаги из начинки в выпеченный полуфабрикат. Это может приводить к негативным изменениям в качестве продукта, таким как черствение или отмокание, микробиологическая порча [13].

Таблица 1.

Рецептура морковного полуфабриката с инвертным сиропом

Table 1.

Recipe for carrot semi-finished product with invert syrup

Сырье Raw materials	Содержание сухих веществ, % Dry matter content, %	Расход сырья на 1 т. продукции, кг. Raw material per 1 ton of products, kg	
		в натуре actually	в СВ in solids
Сок моркови Carrot juice	7,50	84,00	6,30
Мякоть моркови Pulp of carrots	12,30	335,85	41,31
Инвертный сироп Invert syrup	80,00	782,00	625,60
Агар Agar	91,00	17,99	16,37
Итого Total	-	1219,84	689,52
Выход Exit	680,00	1000,00	680,00

Цель работы – изучение влияния кавитационных воздействий на структурно механические и физико-химические показатели полуфабрикатов из свежих овощей для производства кондитерских изделий.

Материалы и методы

Модельные образцы полуфабриката были изготовлены в лабораторных условиях из свежей моркови, инвертного сиропа и агара. Морковь предварительно была фракционирована на сок и мякоть. Инвертный сироп был получен путем кавитационной обработки в течение 45 мин. Полуфабрикаты были изготовлены с использованием кавитационных воздействий с длительностью 0, 4 и 6 мин. (соответственно, образцы 1, 2, 3). В контрольном образце полуфабриката (контроль) инвертный сироп не подвергался кавитационным воздействиям.

Кавитационная обработка проводилась на лабораторной ультразвуковой установке «Сиринкс 250К» (Россия) с использованием гидродинамических (ГДК) и акустических (АК) воздействий по ИЭ 02–00334675–11.

Реологические показатели полуфабриката измеряли на Структурометре СТ-2 (Россия). Показатели активности воды – на приборе AquaLab фирмы Decagon Devices (США).

Исследование химического состава полуфабриката проводили методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектором. Пробу экстрагировали этилацетатом.

Анализ данных осуществляли в MS EXCEL 2007.

Результаты и обсуждение

Модельные образцы полуфабриката из моркови изготовлены в соответствии с разработанной рецептурой (таблица 1). Массовая доли влаги составляла 32%.

Была разработана технологическая схема приготовления кондитерского полуфабриката на основе моркови, в которой исключена стадия уваривания и добавлена стадия с кавитационной обработкой, чтобы плодоовощное сырье не подвергалось двойной тепловой обработке. При этом полуфабрикат также подвергался

минимальному температурному воздействию. Инвертный сироп и морковная масса обработаны с использованием кавитации с различной длительностью 0, 4 и 6 минут (рисунок 1).

Полученные образцы сравнивали с контрольным образцом полуфабриката из моркови с добавлением инвертного сиропа без кавитационной обработки.

Исследовано влияние кавитационной обработки на прочность полуфабриката, изготовленного с применением свежего овощного сырья, агара и инвертного сиропа (рисунок 2).

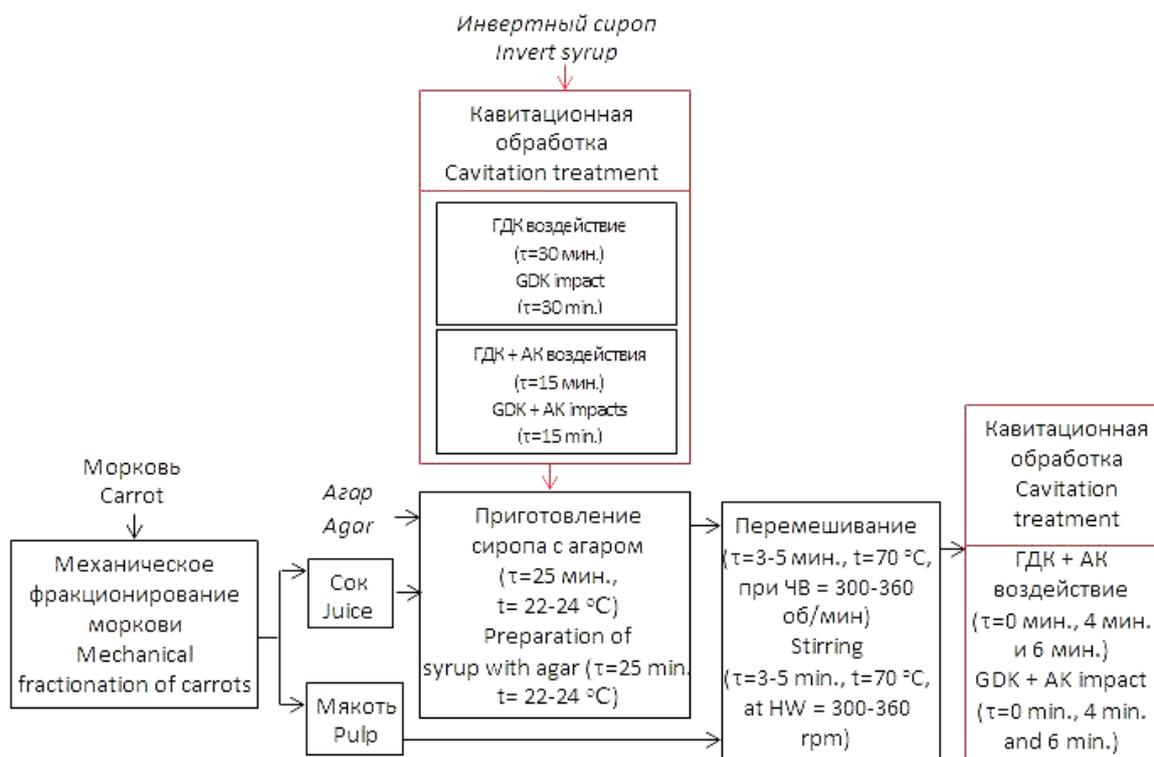


Рисунок 1. Технологическая схема приготовления кондитерского полуфабриката на основе моркови с кавитационной обработкой

Figure 1. Technological scheme of preparation of semi-finished confectionery based on carrots with cavitation treatment

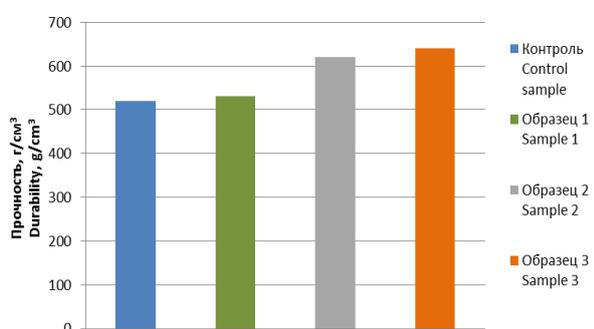


Рисунок 2. Влияние кавитационных воздействий на прочность полуфабриката

Figure 2. Effect of cavitation effects on the durability of the semi-finished product

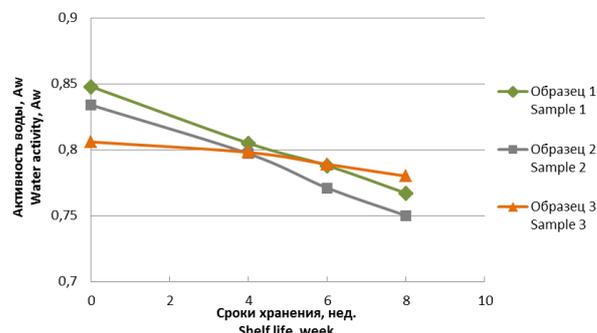


Рисунок 3. Изменение активности воды в процессе хранения полуфабриката на основе моркови

Figure 3. Changes in the activity of water during storage of carrot-based semi-finished products

Использование кавитационных воздействий на стадии получения инвертного сиропа и обработки морковной массы позволило увеличить прочность кондитерского полуфабриката, изготовленного на основе морковного сырья, на 19% до 640 г./см³. Таким образом, при увеличении длительности кавитационной обработки прочность полуфабриката увеличивается.

Для оценки риска микробиологических изменений исследовали активность в образцах полуфабриката в процессе хранения в течение 8 недель с периодичностью 2 недели (рисунок 3).

Полученные результаты показывают длительности кавитационной обработки на активность воды образцов мармелада. Исходная активность воды контрольного образца составляла – 0,852, что свидетельствует о высоком риске микробиологических изменений при хранении. Кавитационная обработка способствует минимальному изменению активности воды полуфабриката на основе моркови.

Определяли редуцирующие вещества в образцах морковного полуфабриката (рисунок 4).

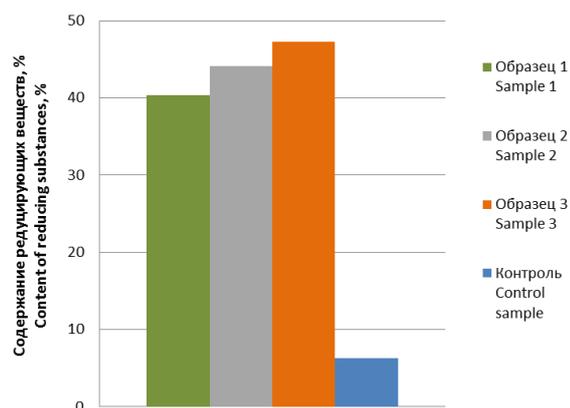


Рисунок 4. Содержание редуцирующих веществ в полуфабрикатах на основе моркови

Figure 4. Content of reducing substances in carrot-based semi-finished products

При увеличении длительности кавитационной обработки морковной массы в образцах морковного полуфабриката увеличивается количество редуцирующих веществ, в контрольном образце – 6,3%, в образце 1–40,4%, в образце 2–44,1%, в образце 3–47,3%.

Исследовали химический состав полуфабриката методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектором (рисунок 5).

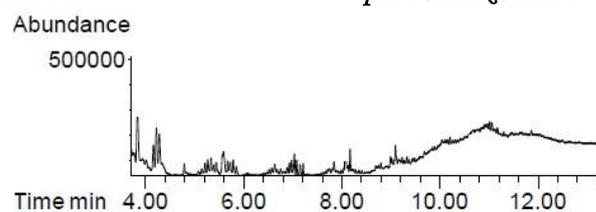


Рисунок 5. Хроматограмма химических соединений в полуфабрикате на основе моркови

Figure 5. Chromatography of chemical compounds in carrot-based semi-finished products

Выявлено существенное влияние кавитационных воздействий на химический состав. В результате кавитационных воздействий выявлено снижение содержания эфиров фумаровой кислоты в образце 2 от 2,91% до 1,72% и в образце 3 до 1,2% по сравнению с контрольным образцом. При этом органолептические характеристики вкуса и запах полуфабриката улучшились.

Для выявления закономерностей требуется продолжение исследований.

Заключение

Разработана технология изготовления морковного полуфабриката с использованием кавитационной обработки.

Использование кавитационных воздействий в течение 6 минут при изготовлении полуфабриката позволило увеличить его прочность на 19% до 640 г./см³.

Содержание редуцирующих веществ в полуфабрикате увеличивалось в зависимости от длительности кавитационной обработки морковной массы до 44,1% при обработке в течение 4 минут, до 47,3% при обработке в течение 6 минут.

Исследование полуфабриката методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектором выявило существенное влияние кавитационных воздействий на химический состав.

Благодарности

Авторы выражают признательность коллегам: Куликовскому А.В., Осипову М.В., Казанцеву Е.В. и Акимову А.И. за консультации и помощь в выполнении исследований.

Литература

- 1 Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания: приказ Минздрава России № 614 от 19.08.2016: (редакция от 25.10.2019) URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71385784/>
- 2 Kupaeva N.V., Kotenkova E.A. A search for alternative sources of natural plant antioxidants with the prospect of their use in the food industry // *Food systems*. 2019. V. 2(3). P. 17–19.
- 3 Руденко О.С., Пестерев М.А., Талейсник М.А., Кондратьев Н.Б. и др. Влияние кавитационной обработки плодовоовощного сырья на органолептические показатели кондитерских изделий // *Все о мясе*. 2020. № 5S. С. 304–308.

- 4 de Araújo F.F., de Paulo Farias D., Neri-Numa I.A., Dias-Audibert F.L. et al. Influence of high-intensity ultrasound on color, chemical composition and antioxidant properties of araca-boi pulp // Food chemistry. 2020. V. 338. P. 127747.
- 5 Qiu L., Zhang M., Chitrakar B., Bhandari B. Application of power ultrasound in freezing and thawing Processes: Effect on process efficiency and product quality // Ultrasonics sonochemistry. 2020. V. 68. P. 105230.
- 6 Ulasevich S.A., Gusinskaia T.A., Semina A.D., Gerasimov A.A. et al. Ultrasound-assisted fabrication of gluten-free dough for automatic producing dumplings // Ultrasonics Sonochemistry. 2020. V. 68. P. 105198.
- 7 Cui R., Zhu F. Effect of ultrasound on structural and physicochemical properties of sweetpotato and wheat flours // Ultrasonics sonochemistry. 2020. V. 66. P. 105118.
- 8 Chen F., Zhang M., Yang Ch.-H. Application of ultrasound technology in processing of ready-to-eat fresh food: A review // Ultrasonics sonochemistry. 2020. V. 63. P. 104953.
- 9 Михайленко А.А., Абакумова Н.П., Лукина Н.С., Шугаева Т.Н. Перспективные патенты крахмалопаточной промышленности // Пищевая промышленность. 2020. № 5. С. 44–49.
- 10 Zhu Zh., Zhang P., Sun D.-W. Effects of multi-frequency ultrasound on freezing rates and quality attributes of potatoes // Ultrasonics sonochemistry. V. 60. P. 104733.
- 11 Аксенова Л.М. Об инновационных технологиях кондитерских изделий на фруктово-овощной основе при применении кавитации // Пищевая промышленность. 2015. № 11. С. 50–51.
- 12 Kjellenberg L. Sweet and bitter taste in organic carrot. Introductory Paper at the Faculty of Landscape Planning, Horticulture and Agricultural Science, 2007.
- 13 Руденко О.С., Кондратьев Н.Б., Пестерев М.А., Баженова А.Е. и др. Взаимосвязь активности липазы и скорости влагопереноса в пряниках, глазированных кондитерской глазурью на основе жиров лауринового типа // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. №. 4. С. 62–70.

References

- 1 On approval of recommendations on rational standards of food consumption that meet modern requirements of healthy nutrition: order of the Ministry of health of the Russian Federation No. 614 of 19.08.2016: (edition of 25.10.2019) Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71385784/> (in Russian).
- 2 Kupaeva N.V., Kotenkova E.A. A search for alternative sources of natural plant antioxidants with the prospect of their use in the food industry. Food systems. 2019. vol. 2(3). pp. 17–19.
- 3 Rudenko O.S., Pesterev M.A., Taleisnik M.A., Kondratiev N.B. et al. Effect of cavitation treatment of fruit and vegetable raw materials on the organoleptic characteristics of confectionery products. All about meat. 2020. no. 5S. pp. 304–308. (in Russian).
- 4 de Araújo F.F., de Paulo Farias D., Neri-Numa I.A., Dias-Audibert F.L. et al. Influence of high-intensity ultrasound on color, chemical composition and antioxidant properties of araca-boi pulp. Food chemistry. 2020. vol. 338. pp. 127747.
- 5 Qiu L., Zhang M., Chitrakar B., Bhandari B. Application of power ultrasound in freezing and thawing Processes: Effect on process efficiency and product quality. Ultrasonics sonochemistry. 2020. vol. 68. pp. 105230
- 6 Ulasevich S.A., Gusinskaia T.A., Semina A.D., Gerasimov A.A. et al. Ultrasound-assisted fabrication of gluten-free dough for automatic producing dumplings. Ultrasonics Sonochemistry. 2020. vol. 68. pp. 105198.
- 7 Cui R., Zhu F. Effect of ultrasound on structural and physicochemical properties of sweetpotato and wheat flours. Ultrasonics sonochemistry. 2020. vol. 66. pp. 105118.
- 8 Chen F., Zhang M., Yang Ch.-H. Application of ultrasound technology in processing of ready-to-eat fresh food: A review. Ultrasonics sonochemistry. 2020. vol. 63. pp. 104953.
- 9 Mikhaylenko A.A., Abakumova N.P., Lukina N.S., Shugaeva T.N. Prospective patents of the starch industry. Food industry. 2020. no. 5. pp. 44–49. (in Russian).
- 10 Zhu Zh., Zhang P., Sun D.-W. Effects of multi-frequency ultrasound on freezing rates and quality attributes of potatoes. Ultrasonics sonochemistry. vol. 60. pp. 104733.
- 11 Aksenova L.M. innovative technologies of confectionery products fruit and vegetable based in the application of cavitation in the Food industry. 2015. no. 11. pp. 50–51. (in Russian).
- 12 Kjellenberg L. Sweet and bitter taste in organic carrot. Introductory Paper at the Faculty of Landscape Planning, Horticulture and Agricultural Science, 2007.
- 13 Rudenko O.S., Kondratiev N.B., Pesterev M.A., Bazhenova A.E. et al. Correlation of lipase activity and moisture transfer rate in gingerbread glazed with confectionery glaze based on lauric type fats. Proceedings of VSUET. 2019. vol. 81. no. 4. pp. 62–70. (in Russian).

Сведения об авторах

Оксана С. Руденко к.т.н., заместитель директора по научной работе, ВНИИКП – филиал «Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, ул. Электrozаводская, 20 стр.3, г. Москва, 107023, Россия, oxana0910@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2436-4100>

Михаил А. Пестерев младший научный сотрудник, отдел современных методов оценки качества кондитерских изделий, ВНИИКП – филиал «Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, ул. Электrozаводская, 20 стр.3, г. Москва, 107023, Россия, mb-niikp@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0980-1862>

Information about authors

Oksana S. Rudenko Cand. Sci. (Engin.), deputy director for research, All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry, Elektrozavodskaya, 20, Moscow, 107023, Russia, oxana0910@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2436-4100>

Mikhail A. Pesterev junior researcher, department of modern methods for assessing the quality of confectionery products, All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry, Elektrozavodskaya, 20, Moscow, 107023, Russia, mb-niikp@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0980-1862>

Николай Б. Кондратьев д.т.н., главный научный сотрудник, отдел современных методов оценки качества кондитерских изделий, ВНИИКП – филиал «Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, ул. Электрозаводская, 20 стр.3, г. Москва, 107023, Россия, conditerpromnbk@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3322-9621>

Михаил А. Талейсник к.т.н., заведующий сектором физических методов обработки кондитерских масс, ВНИИКП – филиал «Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, ул. Электрозаводская, 20 стр.3, г. Москва, 107023, Россия, mki.niikp@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6289-8456>

Алла Е. Баженова научный сотрудник, отдел современных методов оценки качества кондитерских изделий, ВНИИКП – филиал «Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, ул. Электрозаводская, 20 стр.3, г. Москва, 107023, Россия, mb-niikp@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6994-8524>

Nikolai B. Kondratiev Dr. Sci. (Engin.), chief researcher, department of modern methods for assessing the quality of confectionery products, All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry, Elektroavodskaya, 20, Moscow, 107023, Russia, conditerpromnbk@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3322-9621>

Mikhail A. Taleysnik Cand. Sci. (Engin.), head of the sector of physical methods of processing confectionery masses, All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry, Elektroavodskaya, 20, Moscow, 107023, Russia, mki.niikp@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6289-8456>

Alla E. Bazhenova researcher, department of modern methods for assessing the quality of confectionery product, All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry, Elektroavodskaya, 20, Moscow, 107023, Russia, mb-niikp@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6994-8524>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 14/10/2020	После редакции 11/11/2020	Принята в печать 01/12/2020
Received 14/10/2020	Accepted in revised 11/11/2020	Accepted 01/12/2020