

УДК 664.14:62.965

Оценка целесообразности применения кавитационных воздействий в производстве помадных конфет с тыквенной подваркой

Всероссийский
научно-исследовательский институт
кондитерской промышленности —
филиал ФГБУН «ФНЦ пищевых систем
им. В.М. Горбатова» РАН, г. Москва,
Россия

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:
Зайцева Лариса Валентиновна
E-mail: lvz2360@mail.ru

ЗАЯВЛЕНИЕ О ДОСТУПНОСТИ ДАННЫХ:
данные текущего исследования
доступны по запросу
у корреспондирующего автора.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:
Зайцева, Л.В., Пестерев, М.А., Малахова, А.С., Лаврухин, М.А., & Баженова, А.Е. (2023). Оценка целесообразности применения кавитационных воздействий в производстве помадных конфет с тыквенной подваркой. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (2), 187-200. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.355>

ПОСТУПИЛА: 10.03.2023
ПРИНЯТА: 11.07.2023
ОПУБЛИКОВАНА: 30.07.2023

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:
авторы сообщают об отсутствии
конфликта интересов.



Л. В. Зайцева, М. А. Пестерев, А. С. Малахова, М. А. Лаврухин,
А. Е. Баженова

АННОТАЦИЯ

Введение: Исследованиями, проведенными во Всероссийском научно-исследовательском институте кондитерской промышленности, было установлено, что использование инвертного сиропа, полученного в результате кавитационных воздействий, при производстве помадных конфет улучшает их структуру и замедляет процессы потери влаги при хранении.

Цель: изучено влияние кавитационных воздействий на химический состав тыквенной подварки и процессы влагопереноса в помадных конфетах с ее применением. Кавитационную обработку инвертного сиропа и тыквенной подварки проводили на лабораторной установке марки «Сиринкс 250-К».

Материалы и методы: Исследование физико-химических и микробиологических показателей тыквенной подварки и помадных конфет осуществляли стандартизированными методами. Определение β -каротина в подварке проводили спектрофотометрическим методом при длине волны 451 нм.

Результаты: Предложен способ получения тыквенной подварки при температуре 65 °С, позволяющий увеличить содержание β -каротина в подварке в 40 раз по сравнению с традиционной технологией. Установлено, что после кавитационной обработки тыквенной подварки содержание в ней β -каротина снижается в 3,4 раза, увеличивается содержание магния, кальция, и в особенности натрия (почти в 10 раз) относительно контроля. По-видимому, это связано с протеканием эрозионных процессов материала рабочей поверхности волновода в процессе кавитации. Кавитационная обработка подварки способствует улучшению ее микробиологических показателей. Дальнейшее применение тыквенной подварки в производстве помадных конфет сопровождается полной потерей в них β -каротина из-за высокой температуры уваривания помадной массы (95 °С).

Выводы: Использование тыквенной подварки, подвергнутой кавитационным воздействиям, способствует лучшему сохранению массовой доли влаги в конфетах. Значительная потеря β -каротина при проведении кавитации в приведенных условиях свидетельствует о необходимости изменения материала волновода, снижения температуры обработки подварки из мякоти тыквы, богатой термолабильными каротиноидами. Для оценки целесообразности использования кавитационных воздействий для гомогенизации других видов плодовоовощного сырья необходимо проведение дополнительных исследований по сохранности в нем биологически активных веществ, что в свою очередь будет зависеть от условий и продолжительности кавитационных воздействий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

тыквенная подварка, кавитационные воздействия, β -каротин, помадные конфеты, массовая доля влаги, активность воды, хранение, микробиологические показатели

Assessment of Feasibility of Using Cavitation Treatment in the Production of Fondant Candies with Pumpkin Welding

All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry – branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems, Moscow, Russia

Larisa V. Zaitseva, Mikhail A. Pesterev, Anastasia S. Malakhova, Mikhail A. Lavrukhin, Alla E. Bazhenova

CORRESPONDENCE:

Larisa V. Zaitseva

E-mail: lvz2360@mail.ru

FOR CITATIONS:

Zaitseva, L.V., Pesterev, M.A., Malakhova, A.S., Lavrukhin, M.A., & Bazhenova, A.E. (2023). Assessment of Feasibility of Using Cavitation Treatment in the Production of Fondant Candies with Pumpkin Welding. *Storage and Processing of Farm Products*, (2), 187-200. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.355>

RECEIVED: 10.03.2023

ACCEPTED: 11.07.2023

PUBLISHED: 30.07.2023

DECLARATION OF COMPETING

INTEREST: none declared.



ABSTRACT

Background: Studies conducted at the All-Russian Research Institute of the Confectionery Industry have found that the use of invert syrup obtained as a result of cavitation effects in the production of fondant candies improves their structure and slows down the processes of moisture loss during storage.

Purpose: In this paper, the effect of cavitation treatment on the chemical composition of pumpkin welding and moisture transfer processes in fondant candies with its use is studied. Cavitation treatment of invert syrup and pumpkin welding was carried out on a laboratory installation of the brand "Syrinx 250-K".

Material and Methods: The study of physico-chemical and microbiological parameters of pumpkin welding and fondant candies was carried out by standardized methods. Determination of β -carotene in the weld was carried out by spectrophotometric method at a wavelength of 451 nm. A method for obtaining pumpkin welding at a temperature of 65 °C is proposed, which allows to increase the content of β -carotene in the welding by 40 times compared to traditional technology.

Results: It was found that after cavitation treatment of pumpkin welding, the content of beta-carotene in it decreases by 3.4 times, the content of magnesium, calcium, and especially sodium increases (almost 10 times) relative to the control. Apparently, this is due to the course of erosion processes of the material of the working surface of the waveguide during cavitation. Cavitation treatment of welding contributes to the improvement of its microbiological parameters. The further use of pumpkin welding in the production of fondant candies is accompanied by a complete loss of β -carotene in them due to the high processing temperature of the fondant mass (95 °C).

Conclusion: The use of pumpkin welding subjected to cavitation treatment contributes to the better preservation of moisture in sweets. A significant loss of β -carotene during cavitation under the studied conditions indicates the need to change the waveguide material, reduce the processing temperature of the pumpkin pulp, rich in thermolabile carotenoids. To assess the feasibility of using cavitation effects for the homogenization of other types of fruit and vegetable raw materials, it is necessary to conduct additional studies on the preservation of biologically active substances in it, which in turn will depend on the conditions and duration of cavitation effects.

KEYWORDS

pumpkin welding, cavitation effects, beta-carotene, fondant candies, mass fraction of moisture, water activity, storage, microbiological indicators

ВВЕДЕНИЕ

Помадная масса относится к гетерофазным системам, жидкая фаза в ней представлена насыщенным раствором сахарозы в присутствии патоки, а твердая фаза — различными по величине кристаллами сахарозы. Существенным недостатком помадной конфетной массы является потеря влаги при хранении, что приводит к увеличению содержания твердой фазы или черствению. Известно, что одним из способов уменьшения скорости влагопереноса в помадных конфетах является замена патоки на инвертный сироп¹. Внесение плодоовощной подварки в рецептуру помадных конфет способствует удержанию влаги в процессе хранения, а также позволяет существенно расширить ассортимент и увеличить вкусовую палитру этого сегмента кондитерских изделий. Содержание функциональных ингредиентов, таких как пищевые волокна, витамины, макро- и микроэлементы и другие биологически активные вещества, в продуктах переработки фруктов и овощей (Табаторович, 2018; Кираева & Kotenkova, 2019; Кожемяко и соавт., 2021) повышает пищевую ценность кондитерских изделий с их использованием, что соответствует положениям Федерального закона № 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов»² и «Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года»³.

Помадные конфеты относятся к одному из любимых лакомств потребителей, благодаря их мягкой и нежной консистенции. Поэтому расширение их ассортимента, а также повышение качества помадных конфет за счет использования новых технологий при их производстве является актуальным. Качество гетерофазных пищевых систем зависит от их дисперсионных свойств. Для изменения свойств пищевых систем в промышленности используются различные физические воздействия: ультразвуковые, электрические и магнитные поля, СВЧ и т.п. Одним из таких воздействий является кавитационная обработка как исходного сырья, так и готового пищевого продукта (Ботвинникова & Красуля, 2015; Кондратенко с соавт., 2021; Пацюк с соавт.,

2020; Петров с соавт., 2017; Руденко с соавт., 2020; de Araujo et al., 2020; Qiu et al., 2020; Ulasevich et al., 2020; Cui & Zhu, 2020; Chen et al., 2020).

Процесс кавитации связан с образованием под действием ультразвука в жидкой фазе пузырьков (каверн), заполненных паром, газом или их смесью. Кавитационные пузырьки резко схлопываются после перехода в область повышенного давления, порождая сильные гидродинамические возмущения в жидкости и интенсивное излучение акустических волн. При этом в дисперсной системе происходит диспергирование твердых частиц, граничащих с кавитирующей жидкостью (Аксенова с соавт., 2015).

Применение кавитационной обработки для изменения реологических свойств гетерофазных пищевых сред имеет официальное разрешение в Российской Федерации и безусловно представляет интерес как с научной, так и с практической точки зрения.

Во ВНИИКП разработаны способы получения инвертного сиропа, а также обработки плодоовощного сырья, с применением кавитационных воздействий (Аксенова с соавт., 2013; Руденко и соавт., 2020). Проведенными нами ранее исследованиями было установлено, что использование инвертного сиропа, полученного в условиях кавитационных воздействий, при производстве помадных конфет способствует лучшему сохранению ими влаги, что препятствует их черствению в процессе хранения (Баженова с соавт., 2022). Представляет интерес продолжить исследования в этом направлении и изучить влияние кавитационной обработки плодоовощного сырья на процессы влагопереноса, протекающие в помадных конфетах при хранении.

В условиях проведения политики импортозамещения исследования, в первую очередь, должны быть направлены на использование отечественного сырья. Учитывая отнесение помадных конфет к недорогому сегменту кондитерских изделий, перспективным является использование при производстве помадных конфет продуктов переработки тыквы.

¹ Скобельская, З. Г., & Горячева, Г. Н. (2002). *Технология производства сахарных кондитерских изделий*: Учебник. М.: ПрофОбрИздат.

² ФЗ № 29-ФЗ. (2000). *О качестве и безопасности пищевых продуктов*. <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=368625>

³ Распоряжение Правительства Российской Федерации 1364. (2016). Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 г. № 1364-р <http://static.government.ru/media/files/9JUDtBOpqmoAatAhvT2wj8UPT5Wq8qIo.pdf>

Тыква является источником не только пищевых волокон, макро- и микроэлементов, но она также содержит высокие количества таких мощных антиоксидантов, как аскорбиновая кислота и β -каротин (Кондратенко В. В. & Кондратенко Т. Ю., 2019; Табаторович, 2018). Повышение в пищевом рационе содержания антиоксидантов, и в частности β -каротина, положительно влияет на снижение риска развития сердечно-сосудистых заболеваний, включая предотвращение инсульта (Сметнева с соавт., 2020; Koekkoek & van Zanten, 2016; Uesugi et al., 2017), повышает адаптационные свойства организма в неблагоприятных условиях, например, при повышенных химических нагрузках (Бакиров с соавт., 2016; Кираева & Kotenkova, 2019). Отмечена необходимость увеличения потребления антиоксидантов в период пандемий, к которым относится и новая коронавирусная инфекция COVID-19 (Тутельян с соавт., 2020). В исследованиях, проведенных ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», у населения Российской Федерации установлен дефицит в потреблении антиоксидантов, особенно у девочек, имеющих повышенную массу тела или страдающих ожирением, что снижает их сопротивляемость различным инфекциям (Бекова с соавт., 2019; Коденцова с соавт., 2018).

С учетом всех полезных свойств продукты переработки тыквы нашли применение в производстве кондитерских изделий (Бакина & Камоза, 2020; Зайцева и соавт., 2019; Majerska et al., 2019). Однако, возможность использования тыквенной подварки при производстве помадных конфет пока еще находится на стадии научных исследований (Баженова с соавт., 2022).

Включение в рецептуру помадных конфет тыквенной подварки позволит повысить их пищевую ценность. Исследование влияния кавитационной обработки тыквенной подварки на процессы влагопереноса, протекающие в помадных конфетах с ее включением, позволит установить целесообразность проведения этой обработки.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Специалистами института разработан способ получения кислого инвертного сиропа в условиях кавитационных воздействий. Раствор сахара с ли-

монной кислотой подвергают кавитации при температуре 85–90 °С в течение 60 мин. Нагретая смесь с помощью насоса поступает в камеру кавитационной обработки (реактор), где проходит через узкий зазор, образованный стенками трубопровода и ультразвуковым преобразователем, излучающим высокочастотные колебания. Совмещение гидродинамических и акустических воздействий способствует максимальному диспергированию частиц до 0,2–0,4 мкм с увеличением их количества и образованием пространственных структур. Этот процесс препятствует седиментации и кристаллообразованию. Инвертный сироп после кавитационной обработки быстро охлаждают до 60 °С для предотвращения образования оксиметилфурфурола. При этом, полученный инвертный сироп имеет практически однородную вязкую консистенцию с равномерной дисперсностью частиц (Аксенова с соавт., 2013).

Доказано, что использование инвертного сиропа, полученного в условиях кавитационных воздействий, в производстве мучных кондитерских изделий положительно влияет на их качество и технологичность процесса (Аксенова и соавт., 2013). Показана целесообразность использования этого инвертного сиропа при производстве сахаристых кондитерских изделий (Баженова и соавт., 2022; Пестерев & Акимов, 2021; Руденко и соавт., 2020).

Цель исследований — оценить целесообразность применения кавитационных воздействий при производстве помадных конфет путем исследования изменений химического состава тыквенной подварки и процессов влагопереноса в помадных конфетах. Задачи исследования: (1) разработать способ получения тыквенной подварки с сохранением в ней β -каротина; (2) исследовать физико-химические и микробиологические свойства тыквенной подварки, подвергнутой кавитационным воздействиям, и выработать с ней модельные образцы помадных конфет; (3) исследовать изменение массовой доли влаги и активности воды в модельных образцах помадных конфет с тыквенной подваркой, подвергнутой кавитационным воздействиям, в процессе хранения; (4) исследовать изменение микробиологических показателей в модельных образцах помадных конфет с тыквенной подваркой, подвергнутой кавитационным воздействиям, в процессе хранения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы

Объектами исследования являлись: тыквенная подварка из тыквы крупноплодной (*Cucurbita maxima*), полученная по традиционной технологии и по разработанному способу, с применением и без применения кавитационных воздействий; опытные образцы помадных конфет, приготовленных в лабораторных условиях с использованием тыквенной подварки, полученной с применением кавитационных воздействий. Контролем служил образец помадных конфет с тыквенной подваркой, полученной без применения кавитационных воздействий.

В работе было использовано следующее сырье: сахар белый ГОСТ 33222–2015⁴; молоко сгущенное ГОСТ 31688–2012⁵; масло сладко-сливочное ГОСТ 32261–2013⁶; подварка по ГОСТ 32741–2014⁷; вода питьевая по ГОСТ 51232–98⁸.

Методы

Органолептическую оценку контрольного и модельных образцов помадных конфет проводили в соответствии с ГОСТ 4570–2014⁹.

В контрольном и модельных образцах подварки и помадных конфет определяли:

- массовую долю влаги по ГОСТ 5900–2014¹⁰;
- активность воды (a_w) по ГОСТ ISO 21807–2015¹¹ («AquaLab 3TE», США);
- содержание макроэлементов (калия, натрия, магния, кальция) методом капиллярного электрофореза по ГОСТ 34414–2018¹² («Капель-105М», Россия);
- содержание органических кислот (щавелевая, винная, яблочная, лимонная) методом капиллярного электрофореза по ГОСТ 34123.1–2017¹³ («Капель-105М», Россия);
- количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов по ГОСТ 10444.15–94¹⁴;
- количество плесеней и дрожжей по ГОСТ 10444.12–2013¹⁵;
- количество спорообразующих мезофильных анаэробных бактерий по ГОСТ 32012–2012¹⁶.

Кавитационную обработку инвертного сиропа и тыквенной подварки проводили по технологии, разработанной в ВНИИКП, на лабораторной установке марки «Сиринкс 250-К» (ООО «Астор-С, Россия») в условиях совмещения гидродинамического и акустического воздействий на дисперсные системы во взаимно перпендикулярных плоскостях. Обработка осуществлялась ультразвуковым преобразователем с частотой колебаний 24 кГц и амплитудой колебаний 3–4 мкм. Мощность преобразователя ультразвуковых колебаний составляла 240 Вт (Аксенова & др., 2015).

⁴ ГОСТ 33222–2015. (2019). *Сахар белый. Технические условия*. М.: Стандартинформ.

⁵ ГОСТ 31688–2012. (2013). *Консервы молочные. Молоко и сливки сгущенные с сахаром. Технические условия*. М.: Стандартинформ.

⁶ ГОСТ 32261–2013. (2019). *Масло сливочное. Технические условия*. М.: Стандартинформ.

⁷ ГОСТ 32741–2014. (2014). *Полуфабрикаты. Начинки и подварки фруктовые и овощные. Общие технические условия*. М.: Стандартинформ.

⁸ ГОСТ 51232–98. (1998). *Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества*. М.: Госстандарт России.

⁹ ГОСТ 4570–2014. (2015). *Конфеты. Общие технические условия*. М.: Стандартинформ.

¹⁰ ГОСТ 5900–2014. (2019). *Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ*. М.: Стандартинформ.

¹¹ ГОСТ ISO 21807–2015. (2016). *Микробиология пищевой продукции и кормов. Определение активности воды*. М.: Стандартинформ.

¹² ГОСТ 34414–2018. (2018). *Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли фруктового сырья. Часть 2. Определение макроэлементов*. М.: Стандартинформ.

¹³ ГОСТ 34123.1–2017. (2018). *Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли фруктового и овощного сырья. Часть 1. Определение массовой доли органических кислот*. М.: Стандартинформ.

¹⁴ ГОСТ 10444.15–94. (2010). *Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов*. М.: Стандартинформ.

¹⁵ ГОСТ 10444.12–2013. (2014). *Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов*. М.: Стандартинформ.

¹⁶ ГОСТ 32012–2012. (2014). *Молоко и молочная продукция. Методы определения содержания спор мезофильных анаэробных микроорганизмов*. М.: Стандартинформ.

Определение β -каротина в подварке проводили спектрофотометрическим методом на приборе «Specord — М — 40» (Германия) при длине волны 454 нм по методике МВИ №60–00334675–2017¹⁷.

Хранение модельных образцов помадных конфет осуществлялось в негерметичной упаковке климатической камере «Climacell 404» при контролируемых условиях: температура — 20 °С, относительной влажности окружающего воздуха — 40 %.

Оборудование

Гомогенизация мякоти тыквы осуществлялась на меланжере «Rawmid Dream Classic MDC-01» (Индия) с частотой вращения чаши 130 об/мин в течение 40 минут. Полученный тыквенный полуфабрикат использовали для получения тыквенной подварки.

Процедура

Исследования проводили в «Технологическом отделе» и «Отделе современных методов оценки качества» ВНИИКИ — филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН. Изготовление контрольного и модельного образцов сливочных помадных конфет с плодовоовощной подваркой осуществлялось по рецептуре, представленной в Таблице 1.

Таблица 1

Рецептура сливочных помадных конфет с добавлением плодовоовощной подварки

Наименования сырья	Содержание сухих веществ, %	Расход сырья на 1 т готового продукта, кг	
		в натуре	в сухих веществах
Сахар белый	99,85	635,41	634,41
Молоко сгущенное	74,00	286,80	212,20
Инвертный сироп	80,00	17,00	13,60
Масло сладко-сливочное	84,00	32,00	26,90
Подварка плодовоовощная	69,00	72,00	49,70
Итого	—	1043,20	936,80
Выход	90,80	1000,00	908,00

По традиционной рецептуре в помадных конфетах с плодовоовощным сырьем используют крахмальную патоку. В исследованиях, проведенных ранее была показана эффективность полной замены крахмальной патоки на инвертный сироп, полученный в условиях кавитационных воздействий (Баженова и соавт., 2022). Произведенная замена позволила улучшить качество помадных конфет и способствовала сохранению ими свежести за счет более длительного удержания влаги. Поэтому в настоящей работе помадные конфеты вырабатывались с использованием инвертного сиропа, полученного в результате кавитационных воздействий.

Помадные конфеты получали следующим образом. Сахарный сироп уваривали с инвертным сиропом, полученным в результате кавитационных воздействий, до содержания сухих веществ 85 % при температуре 103–106 °С. Приготовление помадной массы включало в себя смешивание всех рецептурных компонентов: сахаро-инвертного сиропа, тыквенной подварки, масла сладко-сливочного, сгущенного молока, и уваривание их до содержания сухих веществ 85 % при температуре 95 °С. Полученную помадную массу охлаждали до 52 °С. Охлажденную смесь взбивали в течение 1,5–3 минут, затем проводили отливку в силиконовые формы. Длительность процесса выстаивания (структурообразования) помадных конфет — 40–60 минут.

Полученные образцы оценивали по органолептическим, физико-химическим, микробиологическим показателям и пищевой ценности.

Анализ данных

Обработку результатов исследований производили с применением статистического метода обработки экспериментальных данных, определяя средние значения вычисляемой величины на основе не менее трех повторных определений.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Плодовоовощные подварки получают увариванием плодовой мякоти с сахаром до содержания сухих ве-

¹⁷ МВИ 060–00334675–2017. (2017). Методика определения массовой доли β -каротина в кондитерских изделиях. М.: Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова.

ществ 69%¹⁸. Температура кипения смеси при этом составляет около 100 °С. Высокие температурные воздействия на плодовоовощное сырье приводят к значительным потерям биологически активных веществ. Для пюре из тыквы высокие температурные воздействия приводят к потере, в первую очередь, содержащегося в нем β-каротина.

В связи с этим предложено готовить подварку при более низких температурах. По предлагаемому способу мякоть тыквы протирали на меланжере с получением тыквенного полуфабриката. Соотношение тыквенного полуфабриката к сахару составляло 1,29 : 1. Смесь уваривали до содержания сухих веществ 69%, при температуре 60–65 °С.

Исследование содержания β-каротина в подварках, полученных традиционным методом (при 100 °С) и по разработанному нами способу, показало, что в первом случае оно составило 0,05 мг/100 г, а во втором — 1,96 мг/100 г. Это свидетельствует о преимуществе предложенного нами способа получения тыквенной подварки по сравнению с традиционным методом. Сохранение β-каротина в подварке, полученной по разработанному нами способу, способствовало сохранению у нее более ярко выраженного оранжевого цвета (Рисунок 1).

В тыквенной подварке, полученной по разработанному способу, исследовали микробиологические показатели в процессе хранения (Таблица 2). Далее подварку по разработанному способу подвергали кавитационным воздействиям и анализировали ее физико-химические и микробиологические показатели в сравнении с исходной подваркой (контроль). Результаты представлены в Таблице 3.

Рисунок 1

Внешний вид тыквенной подварки, полученной по традиционному и разработанному способам



Подварка тыквенная
(традиционный метод)



Подварка тыквенная
(разработанный способ)

Таблица 2

Микробиологические исследования тыквенной подварки, полученной по разработанному способу, в процессе хранения

Исследуемые показатели, КОЕ/г	Исход.	3 мес.	ТР ТС 021/2011
КМАФАнМ	3×10^2	1×10^2	5×10^3
Плесени	0	20	50
Дрожжи	0	0	50
Спорообразующие мезофильные анаэробные бактерии	0	1×10	Не нормируется

Таблица 3

Физико-химические и микробиологические показатели тыквенной подварки, полученной разработанным способом, без применения (контроль) и с применением (модельный образец) кавитационных воздействий

Показатель	Тыквенная подварка	
	Контроль	Модельный образец
Массовая доля влаги, %	32,10	31,92
Активность воды (a_w)	0,85	0,84
β-каротин, мг/100 г	1,96	0,58
Массовая доля РВ, %	2,30	2,38
Массовая доля моно- и дисахаров (%):		
Фруктоза	0,79	0,86
Глюкоза	1,64	1,73
Сахароза	77,03	77,73
Макроэлементы (мг/100г):		
К	210,80	203,30
Na	1,17	11,00
Mg	8,70	10,30
Ca	43,20	51,00
Массовая доля органических кислот (%):		
Лимонная	0,09	0,05
Яблочная	0,10	0,02
Микробиологические показатели (КОЕ/г):		
Плесени	0	0
Дрожжи	0	0
КМАФАнМ	3×10^2	9×10

¹⁸ Скобельская, З. Г., & Горячева, Г. Н. (2002). *Технология производства сахарных кондитерских изделий*: Учебник. М.: ПрофОбрИздат.

Помадные конфеты вырабатывали с использованием тыквенной подварки без применения (контроль) и с применением (модельный образец) кавитационных воздействий. Физико-химические и микробиологические показатели помадных конфет представлены в Таблицах 4 и 5.

Таблица 4

Физическо-химические показатели помадных конфет с тыквенной подваркой, полученной по разработанному способу без применения (контроль) и с применением (модельный образец) кавитационных воздействий

Показатели	Помадные конфеты	
	Контроль	Модельный образец
Макроэлементы (мг/100 г):		
K	126,2	131,3
Na	39,6	49,0
Mg	12,6	10,9
Ca	89,2	88,7
Органические кислоты (%):		
Щавелевая	0,004	0,004
Винная	0,015	0,008
Яблочная	0,006	0,008
Лимонная	0,13	0,15
β -каротин	0	0

Таблица 5

Микробиологические показатели в помадных конфетах с тыквенной подваркой без применения (контроль) и с применением кавитационных воздействий (модельный образец) в процессе хранения

Часть конфеты	Показатели КОЕ/г	Помадные конфеты				Нормы ТР ТС 021/2011, не более
		Контроль	Модельный образец	Контроль	Модельный образец	
Корпус	КМАФАнМ	5×10	1×102	1,6×102	7,4×102	5×103
	Плесень	0	0	0	10	50
	Дрожжи	0	10	0	10	10
Внутренняя часть	КМАФАнМ	1,1×102	1,1×102	9×10	4,4×102	5×103
	Плесень	0	0	0	0	50
	Дрожжи	0	10	0	0	10

Контрольные и модельные образцы помадных конфет закладывали на хранение и анализировали в них массовую долю влаги и активность воды. Полученные результаты представлены на Рисунках 2–4.

Рисунок 2

Массовая доля влаги (%) в контрольном и модельном образцах помадных конфет

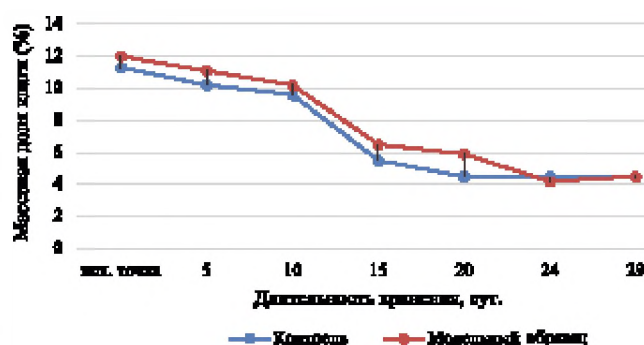


Рисунок 3

Активность воды (a_w) в корпусе помадных конфет в контрольном и модельном образцах

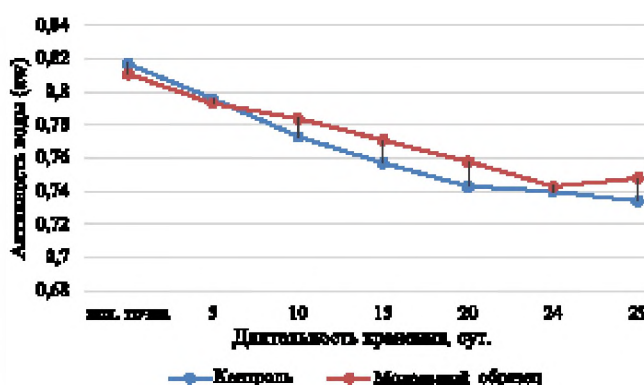
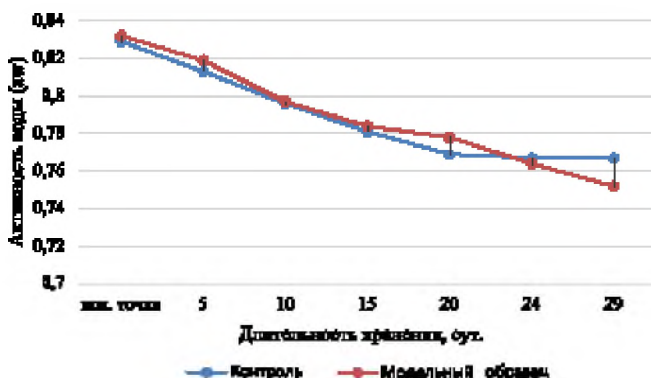


Рисунок 4

Активность воды (a_w) во внутренней части помадных конфет в контрольном и модельном образцах



В конце хранения помадные конфеты анализировали на микробиологическую обсемененность. Результаты представлены в Таблице 5.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Приготовление тыквенной подварки при более низкой температуре способствовало сохранению содержащегося в ней β -каротина, его количество было выше почти в 40 раз, чем в подварке, приготовленной по традиционной технологии. Полученные данные согласуются с данными других исследователей по термолабильности β -каротина (Куречян и соавт., 2020; Тринеева, 2022), и в связи с этим обоснована необходимость снижения температурных режимов обработки пищевой продукции — источника этого антиоксиданта.

В настоящее время кавитация используется в пищевых технологиях для дезинфекции продукции, инактивации ферментов, дегидратации пищевых продуктов (Chen et al., 2020); для повышения дисперсности молока и продуктов его переработки (Potoroko et al, 2018; Ботвинникова & Красуля, 2015), эмульсий (Krasulya et al, 2018), повышения гомогенности структуры теста и улучшения его реологических свойств (Ulasevich et al., 2020), уменьшения размеров кристаллов в замороженной пищевой продукции (Qiu et al, 2020).

Использование кавитации применительно к продуктам переработки фруктов и овощей (соки, пюре) приводит к повышению в них редуцирующих веществ (Пацюк с соавт., 2020; Руденко с соавт., 2020). К сожалению авторами не было исследовано влияние кавитации на содержание каротиноидов в тыквенном пюре и морковном полуфабрикате.

Основываясь на положительных результатах применения кавитационной обработки для получения инвертного сиропа в качестве антикристаллизатора при производстве помадных масс (Баженова и соавт, 2022), решено было также подвергнуть кавитационной обработке тыквенную подварку, полученную разработанным нами щадящим способом. Проведенные исследования позволили установить, что подварка после кавитации имела улучшенные микробиологические показатели по сравнению с контролем (Таблица 3), что предполагает возможность более длительного срока ее годности. Однако, полученные преимущества в ходе дальнейшего процесса приготовления с ней помадных конфет нивелировались (Таблица 5).

Следует отметить, что микробиологические показатели тыквенной подварки и помадных конфет во всех случаях соответствовали всем требованиям ТР ТС 021/2011¹⁹ (Таблицы 2; 3; 5).

В исследованиях, проведенных нами по влиянию кавитационной обработки на химический состав тыквенной подварки было установлено увеличение содержания магния, кальция, и в особенности натрия (почти в 10 раз) относительно контроля. Полученные данные согласуются с исследованиями по влиянию кавитационной обработки на сок тыквы (Пестерев & Лаврухин, 2022). Это связано либо с протеканием эрозионных процессов материала рабочей поверхности волновода, сопутствующих процессу кавитации (Кондратенко с соавт, 2021), либо с высвобождением ионов металлов из внутриклеточной жидкости в результате частичного разрушения клеток в процессе кавитации (Пестерев & Лаврухин, 2022).

Впервые было исследовано влияние кавитационной обработки на сохранность каротиноидов в тыквенной подварке. Установлено, что разогрев рабочей поверхности волновода в лабораторной

¹⁹ ТР ТС 021/2011. (2021). О безопасности пищевой продукции. <https://docs.cntd.ru/document/902320560>

установке «Сиринкс 250-К», достигающий 90 °С, влияет на содержание термолабильного β -каротина в подварке, снижая его в 3,4 раза по сравнению с контролем, также несколько снизилось содержание органических кислот (Таблица 3). Интересно отметить, что результаты исследований по влиянию кавитации на сохранность биологически активных веществ, проведенных другими авторами, носят противоречивый характер. Сообщается, что кавитационная обработка муки из батата приводила к снижению содержания в ней фенольных соединений и вследствие этого ее антиоксидантной активности, что по мнению авторов было связано с процессами пиролиза или высвобождением гидроксильных радикалов, образующихся при кавитации (Cui & Zhu, 2020). Исследования, проведенные по применению кавитационной обработки к пульпе *Araca-boi*, показали, наоборот, увеличение содержания в ней витамина С, фенольных соединений, флавоноидов и как следствие антиоксидантной активности (de Araujo et al., 2020).

Остальные физико-химические показатели (массовая доля влаги, активность воды, массовая доля сахарозы, массовая доля редуцирующих веществ, включая глюкозу и фруктозу) оставались практически неизменными в подварке, подвергнутой кавитационным воздействиям по сравнению с контролем (Таблица 3).

В процессе получения помадных конфет из-за высокой температуры уваривания помадной массы (95 °С) происходила полная потеря β -каротина, как в контрольном, так и модельном образцах. Отмеченное увеличение содержания ионов натрия в тыквенной подварке после кавитации сохранялось и в готовых помадных конфетах, содержание остальных макроэлементов и органических кислот в модельных образцах помадных конфет мало отличалось от контроля (Таблица 4).

Исследование потери влаги в процессе хранения в негерметичных условиях помадных конфет, полученных с тыквенной подваркой с применением кавитационных воздействий, позволило установить резкое снижение (в 2 раза) массовой доли влаги после 10 суток хранения, как в модельных образцах, так и контроле. В обоих случаях этот показатель вышел за оптимальные значения (10–12%), что свидетельствует о начале процесса черствения помадных масс через 10 суток после их

производства (Рисунок 2). К 15 суткам хранения процесс потери влаги практически прекращается, вероятно вследствие достижения равновесного состояния с окружающим воздухом. Следует отметить, что в модельных образцах массовая доля влаги была несколько выше, чем в контроле, но к 24 суткам хранения эта разница полностью исчезала.

Анализ активности воды в корпусе и во внутренней части помадных конфет в процессе их хранения позволил установить некоторое преимущество использования подварки после кавитации — в корпусах помадных конфет активность воды снижалась медленнее в модельных образцах по сравнению с контролем (10–20 суток хранения). Однако, во внутренней части помадных конфет разницы между модельными образцами и контролем практически не наблюдалось (Рисунки 3, 4).

ВЫВОДЫ

Проведенные нами исследования подтвердили эффективность применения кавитационных воздействий для обеззараживания различных видов плодоовощного сырья (улучшение микробиологических показателей в тыквенной подварке).

Подварка после кавитационных воздействий, также как инвертный сироп, полученный в условиях кавитации, способствовала лучшему сохранению влаги помадными конфетами, хотя и в меньшей степени.

Значительная потеря β -каротина при проведении кавитации в приведенных условиях свидетельствует о необходимости изменения материала волновода, снижения температуры обработки подварки из мякоти тыквы, богатой термолабильными каротиноидами. Однако, для последующего применения тыквенной подварки при производстве помадных конфет этот аспект не имеет решающего значения вследствие полного разрушения бета-каротина в процессе получения помадной массы.

Для оценки целесообразности использования кавитационных воздействий для гомогенизации других видов плодоовощного сырья необходимо проведение дополнительных исследований по сохранности в нем биологически активных веществ, что в свою очередь будет зависеть от условий и продолжительности кавитационных воздействий.

БЛАГОДАРНОСТИ

Коллектив авторов выражает благодарность М. А. Талейснику за концептуальную помощь в проведении исследований по получению тыквенной подварки с применением кавитационных воздействий.

АВТОРСКИЙ ВКЛАД

Зайцева Лариса Валентиновна: концептуализация, методология и руководство исследованием, создание рукописи и ее рецензирование.

Пестерев Михаил Алексеевич: проведение исследований, ресурсы.

Малахова Анастасия Сергеевна: проведение исследований, визуализация.

Лаврухин Михаил Александрович: проведение исследований, верификация данных.

Баженова Алла Евгеньевна: проведение исследований, верификация данных.

ЛИТЕРАТУРА

- Аксенова, Л. М., Кочетов, В. К., Лисицын, А. Б., Никольский, К. Н., Панфилов, В. А., Подхомутов, Н. В., Семёнова, А. А., & Талейсник, М. А. (2015). *Пищевые технологии будущего и нанопреобразования биополимеров*. Краснодар: Диапазон-В.
- Аксенова, Л. М., Талейсник, М. А., Герасимов, Т. В., & Кочетов В. К. (2013). Получение кислого инвертного сиропа с применением кавитационных способов обработки. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 57(3), 135–137. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2013-3-135-137>
- Баженова, А. Е., Баулина, Т. В., Осипов, М. В., & Пестерев, М. А. (2022). Получение помадных конфет с использованием кавитационных воздействий. *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*, (7), 235–245. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-7-235-245>
- Бакина, А.П., & Камоза, Т.Л. (2020). Перспективы использования пюре из мякоти тыквы и джема из ягод красной смородины при производстве зефира. *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*, (6), 207–214. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-6-207-214>
- Бакиров, А. Б., Бадамшина, Г. Г., Тимашева, Г. В., Каримова, Л. К., Валеева, Э. Т., Галимова, Р. Р., & Григорьева, Л. М. (2016). Применение антиоксидантного напитка у здоровых лиц, работающих в условиях химической нагрузки. *Вопросы питания*, (4), 82–87.
- Бекетова, Н. А., Павловская, Е. В., Коденцова, В. М., Вржесинская, О. А., Кошелева, О. В., Сокольников, А. А., & Строкова, Т. В. (2019). Обеспеченность витаминами детей школьного возраста с ожирением. *Вопросы питания*, (4), 66–74. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10043>
- Ботвинникова, В. В., & Красуля, О. Н. (2015). Формирование потребительских свойств кисломолочных напитков на основе эффектов ультразвука. *Вестник*
- Южно-Уральского государственного университета. *Пищевые и биотехнологии*, (4), 30–40.
- Зайцева, И. И., Шеламова, С. А., & Дерканосова, Н. М. (2019). Влияние выжимок из тыквы на процесс ферментации теста для крекера. *Техника и технология пищевых производств*, 49(3), 470–478. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-470-478>
- Коденцова, В. М., Вржесинская, О. А., Никитюк, Д. Б., & Тутельян, В. А. (2018). Витаминная обеспеченность взрослого населения Российской Федерации: 1987–2017 гг. *Вопросы питания*, 87(4), 62–68. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10043>
- Кожемяко, А. В., Сергеева, И. Ю., & Долголюк, И. В. (2021). Экспериментальное определение биологически активных соединений в выжимках свеклы и моркови, районированных в Сибирском регионе. *Техника и технология пищевых производств*, 51(1), 179–187. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-1-179-187>
- Кондратенко, В. В., & Кондратенко, Т. Ю. (2019). Особенности формирования сорбционных свойств пектиновых веществ из разных видов тыквы. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Пищевые и биотехнологии*, (4), 5–12.
- Кондратенко, В. В., Петров, А. Н., Пацюк, Л. К., Лукьяненко, М. В., & Симоненко, Е. С. (2021). О возможности применения коллапсирующей кавитации при производстве продуктов для детского питания. *Пищевая промышленность*, (6), 35–38. <https://doi.org/10.52653/PPI.2021.6.6.014>
- Курегян, А. Г., Степанова, Э. Ф., Печинский С. В., & Оганесян Э. Т. (2020). Модель стабилизаций субстанций каротиноидов. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (4), 55–66. <https://doi.org/10.36107/spfp.2020.345>
- Пацюк, Л. К., Федосенко, Т. В., & Кондратенко, В. В. (2020). Выявление кавитационной составляющей в общем приросте редуцирующих сахаров в результате инверсии сахарозы при ультразвуковом воздействии

- на овощные и фруктовые пюре. *Садоводство и виноградарство*, (5), 54–58. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2020-5-54-58>
- Пестерев, М. А., & Акимов, А. И. (2021). Кавитационная обработка как инструмент формирования органолептических свойств кондитерских полуфабрикатов. *Пищевые системы*, 4(3S), 212–216. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-3S-212-216>
- Пестерев, М. А., & Лаврухин, М. А. (2022). Создание полуфабрикатов с повышенным содержанием микронутриентов на основе плодоовощного сырья. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (4), 66–73. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.376>
- Петров, А. Н., Шишкина, Н. С., Пацюк, Л. К., Алабина, Н. М., Борченкова, Л. А., & Глазков, С. В. (2017). Получение новых видов продуктов с применением кавитационной обработки. *Холодильная техника*, (8), 54–59. <https://doi.org/10.17816/RF99334>
- Руденко, О. С., Пестерев, М. А., Талейсник, М. А., Кондрагеев, Н. Б., & Сакеллари, А. Д. (2020). Влияние кавитационной обработки плодовоовощного сырья на органолептические показатели кондитерских изделий. *Все о мясе*, (5S), 304–308. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2020-5S-304-308>
- Сметнева, Н. С., Погожева, А. В., Васильев, Ю. Л., Дыдыкин, С. С., Дыдыкина, И. С., & Коваленко, А. А. (2020). Роль оптимального питания в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний. *Вопросы питания*, 89(3), 114–124. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10035>
- Табаторович, А. Н. (2018). Исследование химического состава и качества полуфабрикатов из тыквы для кондитерского производства. *Индустрия питания*, 3(1), 11–19. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2018-6-1-2>
- Тринеева, О. В. (2022). Биологически активные вещества плодов облепихи крушиновидной (*Hipporhamnoides* L.) при хранении с применением различных способов консервации: обзор предметного поля. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (1), 32–54. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.269>
- Тутельян, В. А., Никитюк, Д. Б., Бурляева, Е. А., Хотимченко, С. А., Батурич, А. К., Стародубова, А. В., Камбаров, А. О., Шевелева, С. А., & Жилинская, Н. В. (2020). COVID-19: Новые вызовы для медицинской науки и практического здравоохранения. *Вопросы питания*, 89(3), 6–13. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10024>
- Chen, C., Zhang, M., & Yang, C.-H. (2020). Application of ultrasound technology in processing of ready-to-eat fresh food: A review. *Ultrasonics sonochemistry*, 63, Article 104953. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104953>
- Cui, R., & Zhu, F. (2020). Effect of ultrasound on structural and physicochemical properties of sweetpotato and wheat flours. *Ultrasonics sonochemistry*, 66, Article 105118. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105118>
- De Araujo, F. F., de Paulo Farias, D., Neri-Numa, I. A., Dias-Audibert, F. L., Delafiori, J., de Souza, F. G., Catharino, R. R., Kersul do Sacramento, C., & Pastore, G. M. (2020). Influence of high-intensity ultrasound on color, chemical composition and antioxidant properties of araca-boi pulp. *Food Chemistry*, 338, Article 127747. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127747>
- Koekkoek, W. A. C., & van Zanten, A. R. H. (2016). Antioxidant vitamins and trace elements in critical illness. *Nutrition in Clinical Practice*, 31(4), 457–474. <https://doi.org/10.1177/0884533616653832>
- Krasulya, O., Bogush, V., Potoroko, I., Tsiurlichenko, L., Khmelev, S., & Anandan, S. (2018). Sonochemical effects on food emulsions. *Agronomy Research*, 16(S2), 1396–1404. <https://doi.org/10.1515/AR.18.101>
- Kupaeva, N. V., & Kotenkova, E. A. (2019). Search for alternative sources of natural plant antioxidants for food industry. *Food Systems*, 2(3), 17–19. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2019-2-3-17-19>
- Majerska, J., Michalska, A., & Figiel, A. (2019). A review of new directions in managing fruit and vegetable processing by-products. *Trends in Food Science and Technology*, 88, 207–219. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.03.021>
- Potoroko, I., Kalinina, R., Fatkullin, V., Botvinnikova, O., Krasulya, U., Bagale, U., & Sonawane, S. H. (2018). Ultrasound effects based on simulation of milk processing properties. *Ultrasonics Sonochemistry*, 48, 463–472. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.06.019>
- Qiu, L., Zhang, M., Chitrakar, B., & Bhandari, B. (2020). Application of power ultrasound in freezing and thawing Processes: Effect on process efficiency and product quality. *Ultrasonics Sonochemistry*, 68, Article 105230. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105230>
- Uesugi, S., Ishihara, J., Iso, H., Sawada, N., Takachi, R., Inoue, M., & Tsugane, S. (2017). Dietary intake of antioxidant vitamins and risk of stroke: The Japan public health center-based prospective study. *European Journal of Clinical Nutrition*, 71(10), 1179–1185. <https://doi.org/10.1038/ejcn2017.71>
- Ulasovich, S. A., Gusinskaia, T. A., Semina, A. D., Gerasimov, A. A., Kovtunov, E. A., Iakovchenko, N. V., Orlova, O. Yu., & Skorb, E. V. (2020). Ultrasound-assisted fabrication of gluten-free dough for automatic producing dumplings. *Ultrasonics Sonochemistry*, 68, Article 105198. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105198>

REFERENCES

- Aksenova, L. M., Kochetov, V. K., Lisitsyn, A. B., Nikol'skii, K. N., Panfilov, V. A., Podkhomutov, N. V., Semenova, A. A., & Taleisnik, M. A. (2015). *Pishchevyte tekhnologii budushchego i nanopreobrazovaniya biopolimerov* [Food technologies of the future and nano-transformation of biopolymers]. Krasnodar: Diapazon-V.
- Aksenova, L. M., Taleisnik, M. A., Gerasimov, T. V., & Kochetov V. K. (2013). Poluchenie kislogo invertnogo siropa s primeneniem kavitatsionnykh sposobov obrabotki [Production of acidic invert syrup using cavitation processing methods]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii* [Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies], 57(3), 135–137. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2013-3-135-137>
- Bakina, A. P., & Kamoza, T. L. (2020). Perspektivy ispol'zovaniya pyure iz myakoti tykvy i dzhema iz yagod krasnoi smorodiny pri proizvodstve zefira [Prospects for the use of pumpkin pulp puree and red currant berry jam in the production of marshmallows]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University], (6), 207–214. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-6-207-214>
- Bakirov, A. B., Badamshina, G. G., Timasheva, G. V., Karimova, L. K., Valeeva, E. T., Galimova, R. R., & Grigor'eva, L. M. (2016). Primenenie antioksidantnogo napitka u zdorovykh lits, rabotayushchikh v usloviyakh khimicheskoi nagruzki [The use of an antioxidant drink in healthy individuals working under chemical stress]. *Voprosy pitaniya* [Nutrition Issues], (4), 82–87.
- Bazhenova, A. E., Baulina, T. V., Osipov, M. V., & Pesterev, M. A. (2022). Poluchenie pomadnykh konfet s ispol'zovaniem kavitatsionnykh vozddeistvii [Production of fondant candies using cavitation effects]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University], (7), 235–245. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-7-235-245>
- Beketova, N. A., Pavlovskaya, E. V., Kodentsova, V. M., Vrzhesinskaya, O. A., Kosheleva, O. V., Sokol'nikov, A. A., & Strokova, T. V. (2019). Obespechennost' vitaminami detei shkol'nogo vozrasta s ozhireniem [Vitamin availability of obese school-age children]. *Voprosy pitaniya* [Nutrition Issues], (4), 66–74. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10043>
- Botvinnikova, V. V., & Krasulya, O. N. (2015). Formirovaniye potrebitel'skikh svoystv kislomolochnykh napitkov na osnove effektiv ul'trazvuka [Formation of consumer properties of fermented milk drinks based on ultrasound effects]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Pishchevyte i biotekhnologii* [Bulletin of the South Ural State University. Food and Biotechnology], (4), 30–40.
- Kodentsova, V. M., Vrzhesinskaya, O. A., Nikityuk, D. B., & Tutel'yan, V. A. (2018). Vitaminnaya obespechennost' vzroslogo naseleniya Rossiiskoi Federatsii: 1987–2017 gg [Vitamin security of the adult population of the Russian Federation: 1987–2017]. *Voprosy pitaniya* [Nutrition Issues], 87(4), 62–68. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10043>
- Kondratenko, V. V., & Kondratenko, T. Yu. (2019). Osobennosti formirovaniya sorbttsionnykh svoystv pektinovykh veshchestv iz raznykh vidov tykvy [Features of the formation of sorption properties of pectin substances from different types of pumpkin]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Pishchevyte i biotekhnologii* [Bulletin of the South Ural State University. Food and Biotechnology], (4), 5–12.
- Kondratenko, V. V., Petrov, A. N., Patsyuk, L. K., Luk'yanenko, M. V., & Simonenko, E. S. (2021). O vozmozhnosti primeneniya kollapsiruyushchei kavitatsii pri proizvodstve produktov dlya detskogo pitaniya [About the possibility of using collapsing cavitation in the production of baby food products]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], (6), 33–38. <https://doi.org/10.52653/PPI.2021.6.6.014>
- Kozhemyako, A. V., Sergeeva, I. Yu., & Dolgolyuk, I. V. (2021). Eksperimental'noe opredeleniye biologicheskii aktivnykh soedinenii v vyzhimkakh svekly i morkovi, raionirovannykh v Sibirskom regione [Experimental determination of biologically active compounds in beet and carrot pomace, zoned in the Siberian region]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Equipment and Technology of Food Production], 51(1), 179–187. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-1-179-187>
- Kuregyan, A. G., Stepanova, E. F., Pechinskii S. V., & Oganessian E. T. (2020). Model' stabilizatsii substanttsii karotinoidov [Model of stabilization of carotenoid substances]. *Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], (4), 55–66. <https://doi.org/10.36107/spfp.2020.345>
- Patsyuk, L. K., Fedosenko, T. V., & Kondratenko, V. V. (2020). Vyyavleniye kavitatsionnoi sostavlyayushchei v obshchem priroste redutsiruyushchikh sakharov v rezul'tate inversii sakharozy pri ul'trazvukovom vozddeistvii na ovoshchnye i fruktovyte pyure [Identification of the cavitation component in the total increase of reducing sugars as a result of sucrose inversion under ultrasound exposure to vegetable and fruit purees]. *Sadovodstvo i vinogradarstvo* [Gardening and Viticulture], (5), 54–58. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2020-5-54-58>
- Pesterev, M. A., & Akimov, A. I. (2021). Kavitatsionnaya obrabotka kak instrument formirovaniya organolepticheskikh svoystv konditerskikh polufabrikatov [Cavitation treatment as a tool for the formation of organoleptic properties of confectionery semi-finished products]. *Pishchevyte sistemy* [Food Systems], 4(3S), 212–216. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-3S-212-216>
- Pesterev, M. A., & Lavrukhin, M. A. (2022). Sozdaniye polufabrikatov s povyshennym soderzhaniiem mikronutrientov na osnove plodoovoshchnogo syr'ya [Creation of semi-finished products with a high content of micronutrients based on fruit and vegetable raw materials]. *Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], (4), 66–73. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.376>
- Petrov, A. N., Shishkina, N. S., Patsyuk, L. K., Alabina, N. M., Borchenkova, L. A., & Glazkov, S. V. (2017). Poluchenie

- novykh vidov produktov s primeneniem kavitatsionnoi obrabotki [Obtaining new types of products using cavitation treatment]. *Kholodil'naya tekhnika* [Refrigeration Equipment], (8), 54–59. <https://doi.org/10.17816/Rf99334>
- Rudenko, O. S., Pesterev, M. A., Taleisnik, M. A., Kondrat'ev, N. B., & Sakellari, A. D. (2020). Vliyanie kavitatsionnoi obrabotki plodovoovoshchnogo syr'ya na organolepticheskie pokazateli konditerskikh izdelii [The effect of cavitation processing of fruit and vegetable raw materials on the organoleptic characteristics of confectionery products]. *Vse o myase* [All about Meat], (5S), 304–308. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2020-5S-304-308>
- Smetneva, N. S., Pogozheva, A. V., Vasil'ev, Yu. L., Dydykin, S. S., Dydykina, I. S., & Kovalenko, A. A. (2020). Rol' optimal'nogo pitaniya v profilaktike serdechno-sosudistyykh zabolevaniy [The role of optimal nutrition in the prevention of cardiovascular diseases]. *Voprosy pitaniya* [Nutrition Issues], 89(3), 114–124. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10035>
- Tabatorovich, A. N. (2018). Issledovanie khimicheskogo sostava i kachestva polufabrikatov iz tykvy dlya konditerskogo proizvodstva [Investigation of the chemical composition and quality of semi-finished pumpkin products for confectionery production]. *Industriya pitaniya* [Food Industry], 3(1), 11–19. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2018-6-1-2>
- Trineeva, O. V. (2022). Biologicheski aktivnye veshchestva plodov oblepikhi krushinovidnoi (*Hippophae rhamnoides* L.) pri khranении s primeneniem razlichnykh sposobov konservatsii: obzor predmetnogo polya [Biologically active substances of buckthorn buckthorn fruit (*Hippophae rhamnoides* L.) during storage using various conservation methods: review of the subject field]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and Processing of Farm Products], (1), 32–54. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.269>
- Tutel'yan, V. A., Nikityuk, D. B., Burlyaeva, E. A., Khotimchenko, S. A., Baturin, A. K., Starodubova, A. V., Kambarov, A. O., Sheveleva, S. A., & Zhilinskaya, N. V. (2020). COVID-19: Novye vyzovy dlya meditsinskoi nauki i prakticheskogo zdravookhraneniya [COVID-19: New challenges for medical science and practical healthcare]. *Voprosy pitaniya* [Nutrition Issues], 89(3), 6–13. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10024>
- Zaitseva, I. I., Shelamova, S. A., & Derkanosova, N. M. (2019). Vliyanie vyzhimok iz tykvy na protsess fermentatsii testa dlya krepera [The effect of pumpkin pomace on the fermentation process of cracker dough]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Equipment and Technology of Food Production], 49(3), 470–478. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-470-478>
- Chen, C., Zhang, M., & Yang, C.-H. (2020). Application of ultrasound technology in processing of ready-to-eat fresh food: A review. *Ultrasonics sonochemistry*, 63, Article 104953. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104953>
- Cui, R., & Zhu, F. (2020). Effect of ultrasound on structural and physicochemical properties of sweetpotato and wheat flours. *Ultrasonics sonochemistry*, 66, Article 105118. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105118>
- De Araujo, F. F., de Paulo Farias, D., Neri-Numa, I. A., Dias-Audibert, F. L., Delafiori, J., de Souza, F. G., Catharino, R. R., Kersul do Sacramento, C., & Pastore, G. M. (2020). Influence of high-intensity ultrasound on color, chemical composition and antioxidant properties of araca-boi pulp. *Food Chemistry*, 338, Article 127747. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127747>
- Koekkoek, W. A. C., & van Zanten, A. R. H. (2016). Antioxidant vitamins and trace elements in critical illness. *Nutrition in Clinical Practice*, 31(4), 457–474. <https://doi.org/10.1177/0884533616653832>
- Krasulya, O., Bogush, V., Potoroko, I., Tsurulnichenko, L., Khmelev, S., & Anandan, S. (2018). Sonochemical effects on food emulsions. *Agronomy Research*, 16(S2), 1396–1404. <https://doi.org/10.1515/AR.18.101>
- Kupaeva, N. V., & Kotenkova, E. A. (2019). Search for alternative sources of natural plant antioxidants for food industry. *Food Systems*, 2(3), 17–19. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2019-2-3-17-19>
- Majerska, J., Michalska, A., & Figiel, A. (2019). A review of new directions in managing fruit and vegetable processing by-products. *Trends in Food Science and Technology*, 88, 207–219. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.03.021>
- Potoroko, I., Kalinina, R., Fatkullin, V., Botvinnikova, O., Krasulya, U., Bagale, U., & Sonawane, S. H. (2018). Ultrasound effects based on simulation of milk processing properties. *Ultrasonics Sonochemistry*, 48, 463–472. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.06.019>
- Qiu, L., Zhang, M., Chitrakar, B., & Bhandari, B. (2020). Application of power ultrasound in freezing and thawing Processes: Effect on process efficiency and product quality. *Ultrasonics Sonochemistry*, 68, Article 105230. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105230>
- Uesugi, S., Ishihara, J., Iso, H., Sawada, N., Takachi, R., Inoue, M., & Tsugane, S. (2017). Dietary intake of antioxidant vitamins and risk of stroke: The Japan public health center-based prospective study. *European Journal of Clinical Nutrition*, 71(10), 1179–1185. <https://doi.org/10.1038/ejcn2017.71>
- Ulasevich, S. A., Gusinskaia, T. A., Semina, A. D., Gerasimov, A. A., Kovtunov, E. A., Iakovchenko, N. V., Orlova, O. Yu., & Skorb, E. V. (2020). Ultrasound-assisted fabrication of gluten-free dough for automatic producing dumplings. *Ultrasonics Sonochemistry*, 68, Article 105198. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105198>