

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-5-93-96>
УДК 664.8.039.3

Пацюк Л.К., Федосенко Т.В.,
Кондратенко В.В.

ВНИИТек – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
142703, Россия, Московская обл., г. Видное, ул. Школьная, д.78
E-mail: fedosenko@vniitek.ru

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Пацюк Л.К., Федосенко Т.В., Кондратенко В.В. Изучение автономного процесса инверсии сахарозы за счет термического воздействия при ультразвуковой обработке овощных и фруктовых пюре. *Овощи России*. 2020;(5):93-96. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-5-93-96>

Поступила в редакцию: 27.07.2020

Принята к печати: 20.09.2020

Опубликована: 25.09.2020

Lyubov K. Patsyuk,
Tatyana V. Fedosenko,
Vladimir V. Kondratenko

Russian Research Institute of Canning Technology – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS
78, Shkolnaya str., Vidnoe, Moscow region, Russia, 142703
E-mail: fedosenko@vniitek.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

For citations: Patsyuk L.K., Fedosenko T.V., Kondratenko V.V. Study of the autonomous process of inversion of sugarose through thermal influence at ultrasonic processing of vegetable and fruit pures. *Vegetable crops of Russia*. 2020;(5):93-96. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-5-93-96>

Received: 27.07.2020

Accepted for publication: 20.09.2020

Accepted: 25.09.2020

Изучение автономного процесса инверсии сахарозы за счет термического воздействия при ультразвуковой обработке овощных и фруктовых пюре



Резюме

Актуальность. Приведены результаты исследования прироста количества редуцирующих сахаров при инверсии сахарозы за счет только термического воздействия при ультразвуковой обработке овощных и фруктовых монокомпонентных пюре (с добавленной сахарозой или без нее). Актуальность исследования состоит в выявлении количественной термической составляющей обособленно протекающего процесса в общей инверсии сахарозы при заданных параметрах ультразвукового воздействия на продукт.

Материал и методы. Предварительно были изготовлены опытные образцы морковного, тыквенного и яблочного пюре с добавлением сахарозы в количестве 5% (по массе) и без нее, которые затем были подвергнуты термической обработке при одинаковом температурном и временном воздействии (при температуре 50°C в течение 30 минут). Для изучения зависимости степени инверсии сахарозы от компонентного состава обрабатываемого продукта определяли массовую долю редуцирующих сахаров – фруктозы и глюкозы в изготовленных опытных образцах фруктовых и овощных пюре натуральных (без добавленной сахарозы) и в смесях пюре с сахарозой (по заданной рецептуре) до и после термической обработки при заданных параметрах, в зависимости от рецептурного состава и pH среды.

Результаты. Результаты исследования углеводного состава до и после термического воздействия показывают, что количество редуцирующих сахаров в продуктах, подвергнутых термообработке, заметно увеличилось, по сравнению с исходным содержанием. В яблочном пюре с добавленной сахарозой массовая доля фруктозы после термической обработки смеси увеличилась на 197 мг в 100 г, т.е. на 3,8%, а глюкозы – на 192 мг в 100 г, т.е. на 6,7%. Содержание общих инвертных сахаров яблочной смеси увеличилось на 4,8%. В морковной смеси пюре с сахаром содержание общих редуцирующих сахаров после термического воздействия увеличилось на 5,4%. В то же время, в морковном натуральном пюре прирост редуцирующих сахаров составил только 3,6%, что ниже в 1,5 раза. В тыквенной смеси пюре с сахаром общее содержание редуцирующих сахаров увеличилось на 3,9%, а в натуральном пюре количество инвертных сахаров увеличилось только на 2,7%, что ниже в 1,4 раза, по сравнению с пюре с добавленным сахаром.

Ключевые слова: овощные и фруктовые пюре, инверсия сахарозы, ультразвуковая обработка, термическое воздействие, прирост общих редуцирующих (инвертных) сахаров.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Study of the autonomous process of inversion of sugarose through thermal influence at ultrasonic processing of vegetable and fruit pures

Abstract

Relevance. The article presents the results of a study of the increase in the amount of reducing sugars in the inversion of sucrose due only to thermal effects during ultrasonic processing of vegetable and fruit monocomponent purees (with or without added sucrose). The relevance of the study is to identify the quantitative thermal component of a separate process in the total inversion of sucrose at the specified parameters of ultrasonic action on the product.

Material and methods. to perform this task, experimental samples of carrot, pumpkin and Apple puree with the addition of sucrose in an amount of 5% (by weight) and without it were previously made, which were then subjected to heat treatment at the same temperature and time exposure (at a temperature of 50 °C for 30 minutes). To study the dependence of the degree of sucrose inversion on the component composition of the processed product, the mass fraction of reducing sugars – fructose and glucose – was determined in the manufactured experimental samples of natural fruit and vegetable purees (without added sucrose) and in mixtures of purees with sucrose (according to a given recipe) before and after heat treatment at the specified parameters, depending on the recipe composition and pH of the medium.

Results. The obtained results of the study of the carbohydrate composition before and after thermal exposure show that the amount of reducing sugars in products subjected to heat treatment has significantly increased, compared to the initial content. Thus, in Apple puree with added sucrose, the mass fraction of fructose after heat treatment of the mixture increased by 197 mg per 100 g, i.e. by 3.8%, and glucose – by 192 mg per 100 g, i.e. by 6.7%. The total invert sugar content of the Apple mixture increased by 4.8 %. In the carrot mixture of puree with sugar, the content of total reducing sugars after thermal exposure increased by 5.4%. At the same time, in carrot natural puree, the increase in reducing sugars was only 3.6%, which is 1.5 times lower. In the pumpkin puree mixture with sugar, the total content of reducing sugars increased by 3.9%, and in the natural puree, the amount of invert sugars increased by only 2.7%, which is 1.4 times lower than puree with added sugar.

Keywords: vegetable and fruit purees, sucrose inversion, ultrasonic processing, thermal effects, increase in total reducing (invert) sugars.

Введение

Для обеспечения населения страны продуктами, имеющими высокую пищевую ценность, при их производстве используют фрукты и овощи, обладающие значительным содержанием биологически активных веществ, находящихся в нативном состоянии – витаминов, минеральных веществ, органических кислот, а также легкоусвояемых углеводов. Для производства функциональных консервов все эти вещества могут быть добавлены в продукты в нормируемых количествах при их изготовлении [1,2].

Известно, что пищевой сахар лучше усваивается организмом в виде мономеров глюкозы и фруктозы. Для их получения необходимо проводить инверсию сахарозы, которая в живых растительных клетках протекает под действием фермента инвертазы.

В технологическом процессе консервирования фруктовые и овощные полуфабрикаты подвергаются интенсивному нагреванию при различной температуре и продолжительности, что может дать начало нежелательным процессам карамелизации и гидролиза сахаров с образованием таких веществ, как карамелан, карамелен и карамилен, придающих продукту горьковатый вкус и вызывающих его потемнение [3, 11].

Вторым нежелательным явлением, происходящим при нагревании продукта, может быть процесс меланоидинообразования, происходящий за счет реакции взаимодействия инвертных сахаров с аминокислотами при нагревании продуктов выше 45...50°C [4,5,12]. В результате этой реакции образующиеся вещества (меланоидины) могут вызывать потемнение продуктов и придавать им привкус «вареного тона», из-за образования 5-окси-метилфурфуrolа, что оказывает отрицательное влияние на органолептические характеристики [6,7].

Применение щадящих режимов технологического процесса, которые сводят термическое воздействие к необходимому минимуму (не более 50°C) нивелирует эти проявления и оказывает положительное влияние на улучшение качества продукции, так как способствует сохранению нативных биологически активных веществ в продукте [13].

Проведенными ранее исследованиями было установлено, что при ультразвуковой обработке продукт подвергается нагреванию до температуры 50°C, и эта температура поддерживается в течение 30 минут. При этом, в продукте автономно одновременно осуществляются два процесса инверсии сахарозы, один – за счет термического воздействия проявляющегося при нагреве продукта, происходящем как побочное действие во время ультразвуковой обработки, а второй – за счет кавитационного [8]. Следовательно, чтобы определить результаты инверсии сахарозы при каждом из этих воздействий, необходимо вначале определить результаты инверсии сахарозы за счет термического воздействия. Затем может быть определено математическим путем значение инверсии автономного кавитационного эффекта, при известных значениях общей инверсии от ультразвукового воздействия.

Целью исследования явилось изучение процесса инверсии сахарозы в овощных и фруктовых пюре при ультразвуковой обработке за счет обособленного термического воздействия на них при заданных параметрах – температуре 50°C и времени воздействия 30 минут.

Методы исследования

В качестве объектов исследований были выбраны фруктовые и овощные монокомпонентные пюре, сырьем для которых использовали яблоки осенних сроков созревания, тыкву свежую зрелую с оранжевой мякотью и морковь столовую зрелую. Пюре вырабатывали по традиционной технологии на технологическом стенде института ВНИИТеК.

Полученное пюре (в расчетном количестве) было разделено на две части (по массе). Затем в одну часть пюре добавляли сахар в количестве 5% (по массе) по заданной рецептуре и смесь тщательно перемешивали. В другую часть пюре сахар не добавляли. После этого, полученные части пюре, каждую в отдельности, фасовали в стеклянные баночки вместимостью 100см³, подготовленные в соответствии с санитарными требованиями, укупоривали и стерилизовали по научно обоснованным температурным режимам, с целью обеспечения длительного хранения образцов. Затем образцы пюре с сахаром и без сахара подвергали термическому воздействию при постоянной температуре 50°C в течение 30 минут, после чего охлаждали до 20°C и использовали в качестве экспериментальных образцов для дальнейших исследований результатов инверсии сахарозы.

Для изучения инверсии сахарозы при термическом воздействии в экспериментальных образцах проводили следующие анализы с использованием физико-химических и физических методов:

- массовую долю растворимых сухих веществ – по ГОСТ 28562-90, с использованием рефрактометра УРЛ-1 (Германия);

- показатель pH – по ГОСТ 26188-84, с использованием pH-метра HANNA Япония);

- содержание органических кислот – по методике М 04-47-2012, методом капиллярного электрофореза, с использованием системы «Капель 105-М» [9];

- содержание редуцирующих сахаров – по методике М 04-69-2011, методом капиллярного электрофореза, с использованием системы «Капель 105-М» [10];

Для снижения статистической погрешности каждый эксперимент проводили в трехкратной повторности, с отбраковкой статистически недостоверных данных.

Обработку экспериментальных данных проводили с использованием табличного процессора Excel 2010 (Microsoft Corporation) и специализированного пакета программного обеспечения Addinsoft XLSTAT Premium 2019.4.1 (Addinsoft Inc).

Результаты исследования

Для изучения процесса инверсии сахарозы в овощных и фруктовых пюре, происходящей за счет обособленного термического воздействия, были проведены исследования по определению содержания редуцирующих сахаров – фруктозы и глюкозы в указанных экспериментальных образцах - натуральных и изготовленных с добавлением сахара в количестве 5% (по массе), до и после их термической обработки при заданных параметрах – температуре 50 °C и периоде термического воздействия – 30 минут.

Сравнительные результаты по изменению углеводного состава в экспериментальных образцах яблочного, морковного и тыквенного пюре (натуральных и с сахаром), до и после термического воздействия на них представлены в таблице.

При анализе результатов исследований установлено, что во всех трех видах пюре: яблочном, морковном и тыквенном выявлен прирост редуцирующих сахаров после обособленного термического воздействия на продукт при заданных параметрах, что подтверждает проявление при этом процесса инверсии сахарозы. Установлено, что в пюре с добавленной сахарозой инверсия протекает более интенсивно.

В яблочном натуральном пюре количество общих редуцирующих сахаров увеличилось с 5933 мг/100 г до 6247 мг/100 г, т.е. на 314 мг/100 г, что составляет 5,3%, а в яблочном пюре с добавленным сахаром количество редуцирующих сахаров увеличилось с 8062 мг/100 г до 8451, т.е. на 389 мг/100 г, что составляет 4,8% к исходному.

Таблица. Содержание редуцирующих сахаров в яблочном, морковном и тыквенном пюре до и после термической обработки
Table. Content of reducing sugars in apple, carrot and pumpkin puree before and after heat treatment

Наименование пюре	рН	Фруктоза, мг/100 г				Глюкоза, мг/100 г			
		до термо-обработки	после термо-обработки	%	Δ, %	до термо-обработки	после термо-обработки	%	Δ, %
Яблочное натуральное	3,5	4254 ± 53	4413 ± 44	3,74 а	1,2 а	1679 ± 24	1834 ± 45	9,23 а	-27,13 а
Яблочное с сахаром 5%	3,8	5208 ± 65	5405 ± 56	3,78 а		2854 ± 36	3046 ± 41	6,73 а	
Морковное натуральное	5	964 ± 21	1002 ± 20	3,94 а	23,06 а	1088 ± 18	1124 ± 15	3,31 а	80,24 а
Морковное с сахаром 5%	5,3	1072 ± 24	1124 ± 19	4,85 а		1157 ± 20	1226 ± 14	5,96 а	
Тыквенное натуральное	5,2	920 ± 14	933 ± 13	1,41 а	166,19 а	798 ± 11	831 ± 13	4,14 а	-2,02 а
Тыквенное с сахаром 5%	5,8	771 ± 16	800 ± 17	3,76 а		617 ± 11	642 ± 9	4,05 а	

а – разница существенна при $p < 0,05$

В морковном натуральном пюре (без сахара) количество редуцирующих сахаров, полученных за счет термической инверсии сахарозы, увеличилось (по отношению к исходному) на 74,0 мг/100 г, т.е. на 3,6%, а в морковном пюре с добавленным сахаром количество редуцирующих сахаров увеличилось на 121,0 мг/100 г, т.е. на 5,4%, что в 1,5 раза выше, чем прирост в натуральном пюре.

В тыквенном натуральном пюре количество редуцирующих сахаров увеличилось на 46 мг/100 г, т.е. на 2,7%, а в тыквенном пюре с добавленным сахаром количество редуцирующих сахаров увеличилось на 54,0 мг/100 г, т.е. на 3,9% от исходного содержания, что в 1,4 раза превышает прирост, выявленный в натуральном пюре.

Полученные данные показывают, что в овощных смесях с добавленной сахарозой инверсия происходит более глубоко, и на этот процесс влияет показатель рН. Чем он выше, тем глубже происходит инверсия сахарозы. Это подтверждают полученные результаты. Так, в морковной смеси (показатель рН = 5,3), прирост редуцирующих сахаров (по отношению к исходному) составил 5,4%, а в яблочной смеси (показатель рН = 3,8), прирост редуцирующих сахаров составил только 4,8%, что на 11,1% ниже, чем в морковном пюре с сахаром, показатель рН которого выше, чем в яблочном пюре, имеющим более высокую кислотность.

Следовательно, установлено, что при термическом воздействии во всех исследуемых продуктах происходит процесс инверсии сахарозы с образованием определенного количества редуцирующих сахаров – глюкозы и фруктозы, причем глубина инверсии зависит не только от физико-химических показателей (например, рН продукта) но и от компонентного состава, т.е. от добавления в пюре сахара.

Так, в продуктах с добавленным сахаром инверсия происходит более глубоко, что подтверждается результатами инверсии.

В овощных (низкокислотных) смесях пюре с сахаром прирост количества общих редуцирующих сахаров после термического воздействия намного выше, чем в натуральных пюре без добавленного сахара:

Что касается смеси яблочного пюре с сахаром, имеющей низкий показатель рН, то прирост редуцирующих сахаров в ней составляет 4,8%, т.е. наоборот, ниже, чем в натуральном пюре (5,3%), что составляет незначительное снижение – на 0,5%. Это может быть объяснено тем, что содержащиеся в яблочном пюре органические кислоты являются катализаторами инверсии сахарозы еще в процессе начального термического воздействия при изготовлении опытных образцов.

Анализ полученных результатов достоверно подтверждают, что во всех трех наименованиях пюре – морковном,

тыквенном и яблочном (с добавленным сахаром и без сахара) после термического воздействия при температуре 50°C в течение 30 минут увеличивается количество редуцирующих сахаров – глюкозы и фруктозы.

Следовательно, в продуктах происходит процесс инверсии сахарозы, причем этот процесс в продуктах с добавленным сахаром происходит более глубоко, чем в натуральных (без добавленного сахара). Это может быть объяснено тем фактом, что инверсия осуществляется не только за счет нативной сахарозы, но и за счет добавленного сахара.

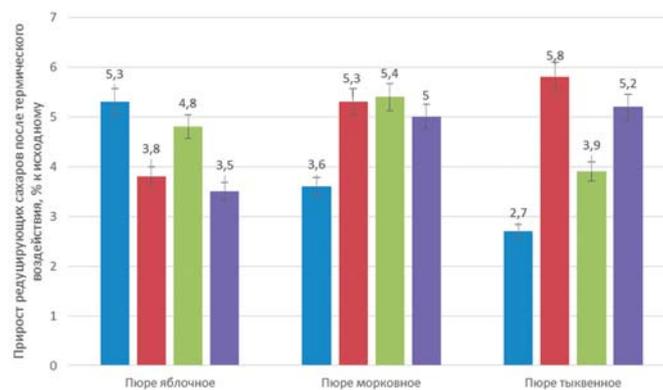


Рис. Сводный график сравнительных результатов прироста общих редуцирующих сахаров (в %) после инверсии сахарозы за счет термического воздействия

Fig. Summary graph of comparative results of growth of total reducing sugars (in %) after inversion of sucrose due to thermal effects

Подтверждением этого вывода является приведенный на рисунке сводный график сравнительного содержания количества общих редуцирующих сахаров в экспериментальных образцах всех 3-х наименований пюре (морковном, тыквенном и яблочном), изготовленных с добавлением сахара в количестве 5% (по массе) и без него, после термического воздействия на них при температуре 50°C в течение 30 минут.

Представленные данные свидетельствуют о том, что прирост общих редуцирующих сахаров в натуральных овощных пюре ниже, чем в пюре с сахаром: в морковном пюре – в 1,5 раза, в тыквенном – в 1,4 раза.

В яблочном натуральном пюре прирост общих редуцирующих сахаров в процентном отношении к исходному (без термической обработки) составляет 5,3%, что выше, чем в пюре с добавленным сахаром (4,8%) в 1,1 раза. Это объясняется тем, что в натуральном пюре содержится больше органической кислоты (показатель рН ниже, чем в пюре с сахаром), а известно, что инверсия сахарозы про-

исходит более интенсивно в продуктах, содержащих больше органических кислот, которые являются катализаторами этого процесса [11,12,13].

Выводы

1. Полученные результаты показывают, что во всех 3-х наименованиях пюре – яблочном, морковном и тыквенном (с добавленным сахаром и без него) после термической обработки при заданных параметрах выявлен прирост количественного содержания редуцирующих сахаров – глюкозы и фруктозы. Это подтверждает тот факт, что в указанных продуктах происходит инверсия сахарозы.

2. Установлено, что в пюре с добавленным сахаром инверсия проходит более глубоко. Увеличение количества инвертных сахаров в пюре с добавленным сахаром значительно превышает прирост их в натуральном пюре (без

добавленного сахара). Так, в морковном пюре без сахара увеличение количества редуцирующих сахаров при заданных параметрах термического воздействия составляет 3,6%, а с добавленным сахаром – 5,4%; в тыквенном пюре без добавленного сахара увеличение редуцирующих сахаров при тех же параметрах термообработки составляет 2,7%, а в пюре с добавленным сахаром – 3,9%, по отношению к исходному их содержанию.

Заключение

Проведенными исследованиями достоверно установлены количественные значения прироста редуцирующих сахаров, образующихся за счет автономного процесса инверсии сахарозы при термическом воздействии на продукт в процессе ультразвуковой обработки при заданных параметрах.

Об авторах:

Пацюк Любовь Карповна – ведущий научный сотрудник лаборатории технологии консервирования,
https://orcid.org/0000-0001-6395-5312

Федосенко Татьяна Васильевна – младший научный сотрудник лаборатории технологии консервирования,
https://orcid.org/0000-0002-7345-1799

Кондратенко Владимир Владимирович – Заместитель директора по научной работе, кандидат техн. наук, доцент,
https://orcid.org/0000-0002-0913-5644

About the authors:

Lyubov K. Patsyuk – Leading Researcher, Laboratory for Conservation Technology,
https://orcid.org/0000-0001-6395-5312

Tatyana V. Fedosenko – Junior Researcher, Laboratory of Conservation Technology,
https://orcid.org/0000-0002-7345-1799

Vladimir V. Kondratenko – Deputy Director for Research, Cand. Sci. (Techn.), Associate Professor,
https://orcid.org/0000-0002-0913-5644

• Литература

1. Скурихин И.М., Тутельян В.А. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: Справочник. М: *Делти принт*. 2008. 356 с.
2. Спиричев В.Б., Шатнюк Л.Н., Поздняковский В.М. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология, под общ. ред. В.Б. Спиричева. Саратов: *Вузовское образование (Высшее образование)*, 2014. 547 с.
3. Пацюк Л.К., Медведева Е.А., Наринянц Т.В., Покудина Г.П. Использование фруктовых и овощных соков и пюре-полуфабрикатов при изготовлении соковой продукции и напитков. *Сборник трудов «Актуальные вопросы индустрии напитков»*. Москва: *Книга-Мемуар*. 2017;(2):85-86.
4. Соколовская Л.Н., Миклух И.В., Сороко О.Л., Беспалова Е.В. Интенсификация процесса топления молока путем корректировки его углеводного состава. *Сборник «Наука, питание и здоровье» Материалы II Международного конгресса*. 2019. С.257-265.
5. Усанова Ю.Ю., Пацюк Л.К., Федосенко Т.В., Кондратенко В.В. «Исследование влияния ультразвуковой обработки на инверсию сахарозы в монокомпонентном пюре из растительного сырья. *Сборник научных трудов XIII Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов организаций в сфере сельскохозяйственных наук «Перспективные исследования и новые подходы к производству и переработке сельскохозяйственного сырья»*. Москва, 2019.
6. Петров А.Н., Шишкина Н.С., Пацюк Л.К. и др. Получение новых продуктов с применением кавитационной обработки. *Холодильная технология*. 2017;(8):54-59.
7. Духу Т.А., Щербак Н.А., Остапенкова Н.А., Савенкова Т.В., Аксенова Л.М. Новые физические способы обработки кондитерских масс. *ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности» Уллич: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Принципы пищевой комбинаторики – основа моделирования поликомпонентных пищевых продуктов»*. 2010. С.85-87.
8. Петров А.Н., Кондратенко В.В., Пацюк Л.К., Федосенко Т.В. и др. Отчет по теме «Развить научные основы создания пищевых систем общего и специализированного назначения. Этап 2019 года: Исследовать закономерности изменения скорости инверсии сахарозы в результате комплексного воздействия активной кислотности среды и параметров кавитационной обработки. ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования» М. РАН, Номер государственного учета в ЕГИСУ НИОКТИ АААА–А19–119071890034-7.
9. Методика М 04-47-2012: Определение органических кислот в винодельческой, соковой, алкогольной, безалкогольной, слабоалкогольной и пивоваренной продукции при использовании системы капиллярного электрофореза «Капель-105М» (Россия).
10. Методика М 04-69-2011: Измерение содержания фруктозы, глюкозы и сахарозы в напитках безалкогольных, слабоалкогольных и алкогольных, в том числе винах и виноматериалах, плодовоощной и соковой продукции, меде и БАДах методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель-105М» (Россия).
11. Ермолаев С.В., Кривовоз А.Г., Ермолаева Г.А. «Приготовление инвертированных сахарных сиропов». «Московский государственный университет пищевых производств». М. «*Пиво и напитки*». 2004;(5):48-49.
12. Kim K-H., Chahine G., Franc J-P., Karimi A. Fluid Mechanics and Its Applications 106 – Advanced Experimental and Numerical Techniques for Cavitation Erosion Predict. *New York: Springer Science + Business Media Dordrecht*. 2014. P.399
13. Dorn G.A., Savenkova T.V., Sidirova O.S., Golub O.V. Confectionery foods for healthy diet. *Foods and raw materials*. 2015;(3):70-76.

• References

1. Skurikhin I.M., Tutelian V.A. Tables of the chemical composition and caloric content of Russian food products: Reference book. M: *DeLi print*. 2008. 356 p. (In Russ.)
2. Spirichev V.B., Shatnyuk L.N., Pozdnyakovskiy V.M. Enrichment of foods with vitamins and minerals. Science and technology. *Saratov: Higher education (Higher education)*, 2014. 547 p. (In Russ.)
3. Patsyuk L.K., Medvedev E.A., Nariniyants T.V., Pokudina G.P. The use of fruit and vegetable juices and mashed semi-finished products in the manufacture of juice products and drinks. *Proceedings "Actual problems of the beverage industry."* Moscow: *Memoir Book*. 2017;(2):85-86. (In Russ.)
4. Sokolovskaya L.N., Miklukh I.V., Soroko O.L., Bespalova E.V. Intensification of the process of heating milk by adjusting its carbohydrate composition. *Collection "Science, Nutrition and Health" Materials of the II International Congress*. 2019. P.257-265. (In Russ.)
5. Usanova Yu.Yu., Patsyuk L.K., Fedosenko T.V., Kondratenko V.V. "Study of the effect of ultrasonic treatment on sucrose inversion in monocomponent puree from plant materials. *Collection of scientific papers of the XIII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists of Organizations in the Field of Agricultural Sciences "Advanced Research and New Approaches to the Production and Processing of Agricultural Raw Materials"*. Moscow, 2019. (In Russ.)
6. Petrov, A.N., Shishkina N.S., Patsyuk L.K. et al. Obtaining new products using cavitation treatment. *Refrigeration technology*. 2017;(8):54-59. (In Russ.)
7. Dukhu T.A., Shcherbakova N.A., Ostapenkova N.A., Savenkova T.V., Aksenova L.M. "New physical methods of processing confectionery masses". *Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Scientific Research Institute of the Confectionery Industry" Uglich: Collection of materials of the All-Russian scientific-practical conference "Principles of food combinatorics – the basis for modeling multicomponent food products."* 2010. P.85-87. (In Russ.)
8. Petrov A.N., Kondratenko V.V., Patsyuk L.K., Fedosenko T.V. et al. Report on the theme "To develop the scientific foundations for the creation of food systems for general and specialized purposes. Stage of 2019: - Investigate the patterns of change in sucrose inversion rate as a result of the complex effect of the active acidity of the medium and the parameters of cavitation treatment. Federal State Budgetary Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Conservation Technology". M. RAS, State registration number in YSISU NIOKTI АААА – А19–119071890034-7. (In Russ.)
9. Method M 04-47-2012: "Determination of organic acids in wine, juice, alcohol, nonalcoholic, low alcohol and brewing products using the Kapel-105M capillary electrophoresis system (Russia).
10. M 04-69-2011: "Measurement of fructose, glucose and sucrose in non-alcoholic, low alcohol and alcoholic beverages, including wines and wine materials, fruits and vegetables and juice products, honey and dietary supplements by the method of capillary electrophoresis «Kapel-105M» (Russia).
11. Ermolaev S.V., Krivovoz A.G., Ermolaeva G.A. "Preparation of inverted sugar syrups". "Moscow State University of Food Production". M. «*Beer and Drinks*». 2004;(5):48-49. (In Russ.)
12. Kim K-H., Chahine G., Franc J-P., Karimi A. Fluid Mechanics and Its Applications 106 – Advanced Experimental and Numerical Techniques for Cavitation Erosion Predict. *New York: Springer Science + Business Media Dordrecht*. 2014. P.399
13. Dorn G.A., Savenkova T.V., Sidirova O.S., Golub O.V. Confectionery foods for healthy diet. *Foods and raw materials*. 2015;(3):70-76.