

УДК 663.813

DOI: 10.46548/21vek-2021-1054-0024

ИССЛЕДОВАНИЕ КАРОТИНОИДОВ АПЕЛЬСИНОВЫХ СОКОВ И НЕКТАРОВ

©2021

Нилова Людмила Павловна, кандидат технических наук, доцент, доцент Высшей школы сервиса и торговли**Малютенкова Светлана Михайловна**, кандидат технических наук, доцент,

доцент Высшей школы сервиса и торговли

Арсирей Анастасия Григорьевна, студент Высшей школы сервиса и торговли**Мухутдинов Руслан Рамильевич**, сотрудник лаборатории Высшей школы сервиса и торговли*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого**(194064, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29,**e-mails: nilova_l_p@mail.ru, malutesha66@mail.ru, anastasiadragon2000@yandex.ru, deyredo@mail.ru)*

Аннотация. Тренд здорового питания в настоящее время продолжает оставаться актуальным, и различные напитки занимают одну из главных позиций. Апельсиновые соки и нектары являются источниками антиоксидантов, что обеспечивает их пользу для здоровья. В состав антиоксидантов апельсинового сока входят каротиноиды, проявляя защитное действие от синглетного кислорода $^1\text{O}_2$. В работе приведены результаты исследований суммарного количества каротиноидов апельсиновых соков и нектаров, реализуемых на российском потребительском рынке. Суммарное количество каротиноидов определяли прямой спектрофотометрией при длине 450 нм с модифицированной пробоподготовкой. Экспериментально установлено, что для извлечения суммарного количества каротиноидов из сока необходимо использовать соотношение сок: гексан – 30:10, время экстрагирования составляет не менее 30 минут с постоянным перемешиванием. В восстановленных апельсиновых соках с мякотью различных торговых марок суммарное количество каротиноидов составляет 0,65–1,05 мг/100 мл. Их количество меньше, чем в свежеежатом апельсиновом соке на 18–49%. В апельсиновых нектарах различных торговых марок суммарное количество каротиноидов составляет 0,37–0,45 мг/100 мл, что меньше, чем в восстановленных соках в 2 и более раз.

Ключевые слова: апельсиновый сок, апельсиновый нектар, каротиноиды, экстракция, спектрофотометрия.

RESEARCH OF CAROTENOIDS IN ORANGE JUICES AND NECTARS

©2021

Nilova Liudmila Pavlovna, PhD of Engineering, associate professor at the Graduate School of Service and Trade**Malyutenkova Svetlana Michailovna**, PhD of Engineering,

associate professor at the Graduate School of Service and Trade

Arsirii Anastasia Grigorievna, student at the Graduate School of Service and Trade**Mukhametdinov Ruslan Ramil'evich**, laboratory assistant at the Graduate School of Service and Trade*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University**(194021, Russia, Saint-Petersburg, Polytechnic Street, 29,**e-mails: nilova_l_p@mail.ru, malutesha66@mail.ru, anastasiadragon2000@yandex.ru, deyredo@mail.ru)*

Abstract. The trend of healthy eating continues to be relevant, and soft drinks occupy one of the main positions. Orange juices and nectars are a source of antioxidants for health benefits. The antioxidants in orange juice contain carotenoids, which have a protective effect against singlet oxygen $^1\text{O}_2$. The paper presents the results of studies of the total amount of carotenoids in orange juices and nectars sold in the Russian consumer market. The total amount of carotenoids was determined by direct spectrophotometry at a length of 450 nm with modified sample preparation. It has been experimentally established that to extract the total amount of carotenoids from juice, it is necessary to use the following modes: the ratio of juice: hexane is 30:10, the extraction time is at least 30 minutes with constant stirring. In reconstituted orange juices with pulp of various brands, the total amount of carotenoids is 0.65–1.05 mg / 100 ml. Their amount is 18–49% less than in freshly squeezed orange juice. In orange nectars of various brands, the total amount of carotenoids is 0.37–0.45 mg / 100 ml, which is 2 or more times less than in reconstituted juices.

Keywords: orange juice, orange nectar, carotenoids, extraction, spectrophotometry.

Введение. Апельсиновый сок среди ассортимента соковой продукции лидирует в рейтинге напитков для здорового питания как источник антиоксидантов. Апельсиновый сок нельзя рассматривать только, как источник витамина С. В его состав входит более широкий спектр антиоксидантов – флавоноиды, фенольные кислоты, каротиноиды и другие полезные для здоровья вещества – пектины, витамины группы В, минеральные вещества [1, 2]. В основном его используют в нативном виде, как напиток, но он также

может быть использован как ингредиент в различных напитках – обогащенных сокодержущих, апельсиново-молочных [3, 4] и молочных ферментированных напитков [5, 6].

В последние годы возрос научный интерес к исследованию каротиноидов пищевых продуктов растительного происхождения, что связано с их антиоксидантными свойствами, и делает их ценными для здоровья [7, 8]. В апельсиновом соке каротиноиды обеспечивают не только красивую окраску, но и об-

ладают высокой биодоступностью, биологической активностью (α - и β -каротины, β -криптоксантины) и антиоксидантными свойствами (лютеин, зеаксантин), проявляя защитное действие от синглетного кислорода $^1\text{O}_2$ [7]. В апельсиновом соке чаще всего идентифицируют около 15 каротиноидов, в соке из красных апельсинов – 42, преимущественно ксантофиллов [9, 10]. Количественно преобладают виолаксантин, антероксантин, β -криптоксантин [11]. На долю β -каротина приходится лишь 8-10% [2, 9] с одновременным присутствием α -каротина в таком же количестве. Современные аналитические методы позволили Eitzbach с соавторами [8] в апельсиновых соках обнаружить 92 каротиноида, из которых 61 были идентифицированы.

Количественный и качественный состав каротиноидов апельсинового сока зависит от вида и сорта апельсинов, региона произрастания, технологии производства, что снижает их содержание от сока прямого отжима до восстановленного сока [12]. В апельсиновом соке прямого отжима общее содержание каротиноидов может составлять 9-22 мг/л, а в соке из красных апельсинов «*Cara Cara*» в 2-3 раза больше [2, 8-11, 13]. При пастеризации сока потери каротиноидов могут составлять 13,4%, а при изготовлении концентрата сока – 17,5% [9]. Высокие температуры во время обработки, такие как традиционная пастеризация и горячий розлив, могут вызвать нестабильность полиеновой цепи каротиноидов, приводящей к их деградации в результате изомеризации, окисления и расщепления. Так, по данным [8] при использовании низких температур пастеризации общее количество каротиноидов, мкг/100 мл, в апельсиновом соке составило 954,1, при традиционных температурах пастеризации 759,95, а с горячим розливом – 815,3. В целом различия довольно низкие, и наблюдаемые потери могут быть невысокими, что актуально для конечного продукта с точки зрения потребителя. Обычная пастеризация и горячий розлив привели к значительному снижению общего содержания виолаксантина, сложных эфиров примерно на 20,9% и 26,7% соответственно по сравнению с необработанным соком. Ультравысокотемпературная пастеризация, напротив, в большей степени сохраняет каротиноиды, чем традиционная пастеризация. Так, потери суммарного количества каротиноидов при традиционной пастеризации составили 20%, а при ультравысокотемпературной обработке 16% [13]. Считается, что во время термической обработки наиболее стабильны ликопин, фитоеин и фитофлуены [10]. Дополнительная обработка сока высоким давлением снижает содержание каротиноидов на 16%, преимущественно за счет ликопина [11]. Более значительны потери каротиноидов при гомогенизации – в 1,35 раза, но при этом биодоступность каротиноидов улучшается, включая труднодоступные эпоксикаротиноиды [14].

На российском потребительском рынке потребителю реализуют не только апельсиновые соки, причем восстановленные, но и апельсиновые нектары, в которых доля антиоксидантов снижается за счет смешива-

ния сока с водой.

Целью работы является определение содержания суммарного количества каротиноидов в апельсиновых соках и нектарах, реализуемых на российском потребительском рынке.

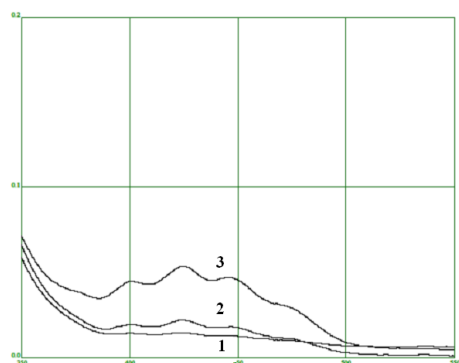
Материалы и результаты исследований. Для исследований использовали апельсиновые соки, восстановленные с мякотью торговых марок: «Я» и «J7» ООО «Лебедянский», «Rich», АО «Мултон»; апельсиновые нектары с мякотью торговых марок: «Фруктовый сад», ООО «Лебедянский», «Добрый», АО «Мултон» и «То, что надо» ООО «Ярославский комбинат алкогольных и безалкогольных напитков». В качестве контроля использовали свежееотжатый сок из апельсинов сорта «Валенсия», приобретенных в розничной торговле.

Суммарное количество каротиноидов определяли прямой спектрофотометрией при длине волны 450 нм [15] на спектрофотометре «UNICO-2800», США с модифицированной пробоподготовкой. Экстракцию каротиноидов осуществляли п-гексаном, подбирая оптимальное количество экстрагента необходимое для извлечения всех каротиноидов из апельсинового сока или нектара, и время экстрагирования при постоянном перемешивании. Модификацию пробоподготовки проводили на примере апельсинового нектара «Фруктовый сад». Полученные данные суммарного количества каротиноидов в апельсиновых соках и нектарах сравнивали с литературными данными [8-11, 13].

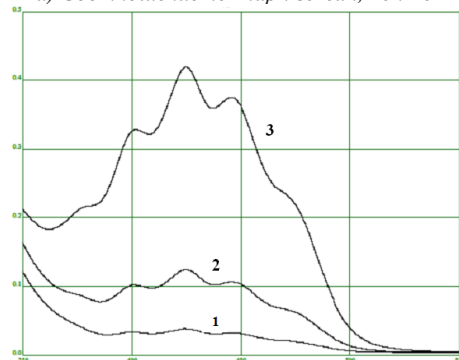
Извлечение каротиноидов из соков более простое, чем из исходного растительного сырья, так как не требует разрушения клеточных структур [13, 16]. Поэтому для установления необходимого количества п-гексана, необходимого для извлечения всех каротиноидов из апельсинового нектара, использовали разное количество нектара и гексана в соотношениях 10:10, 30:10 и 10:30, при этом время экстрагирования варьировали от 10 до 30 минут при постоянном перемешивании.

При использовании для извлечения каротиноидов 10 мл нектара и 10 мл гексана значения оптической плотности гексановых извлечений при 450 нм не превысили 0,05 нм (рис. 1, а). При этом увеличение продолжительности времени экстрагирования повышало значения оптической плотности в 1,4 и 3,6 раза, соответственно для 20 и 30 минут экстрагирования. Увеличение количества нектара для экстрагирования 10-ю мл гексана значительно изменило оптические спектры гексановых извлечений (рис. 1 б). Значения оптической плотности при 450 нм находились в пределах от 0,03 до 0,38, существенно возрастая в зависимости от времени экстрагирования. Экстрагирование в течение 10 минут не привели к существенным изменениям значений оптической плотности гексановых извлечений по сравнению с гексановыми извлечениями 10:10, что говорит о недостаточности перехода всех каротиноидов в экстракт. Увеличение времени экстрагирования до 20 минут повысило значения оптической плотности гексановых извлечений в 3 раза, а при использова-

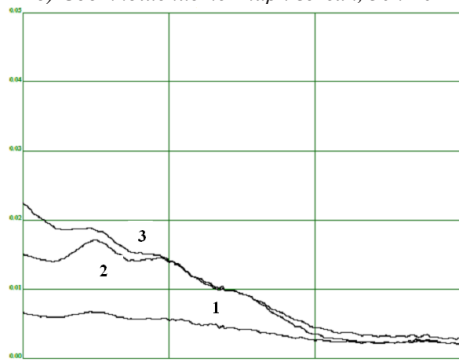
нии времени экстракции 30 минут – дополнительно в 3,7 раза. Использование для извлечения каротиноидов большего в 3 раза количества гексана, чем нектара, не позволило получить адекватные значения оптической плотности гексановых извлечений. 10-ти мл нектара было недостаточным для определения каротиноидов из-за незначительного их содержания в нектаре. В данном случае время экстрагирования не оказывало влияние на значения оптической плотности гексановых извлечений, которые не имели статистически значимых отличий, особенно между 20 и 30 минутами экстрагирования (рис. 1 в).



а) Соотношение нектар : гексан, 10 : 10



б) Соотношение нектар : гексан, 30 : 10



в) Соотношение нектар : гексан, 10 : 30

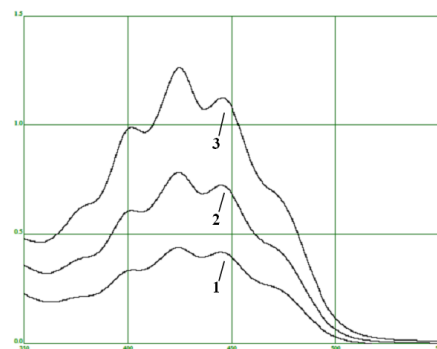
Рисунок 1 – Электронные спектры гексановых извлечений апельсинового нектара «Фруктовый сад» с разным соотношением нектар: гексан и временем экстрагирования: 1 – 10 минут; 2 – 20 минут; 3 – 30 минут

При расчете суммарного количества каротиноидов, значения, имеющие тот же порядок, что и опубликованные другими исследователями, были получены только для гексановых извлечений при соотношении нектар: гексан – 30:10 (табл. 1).

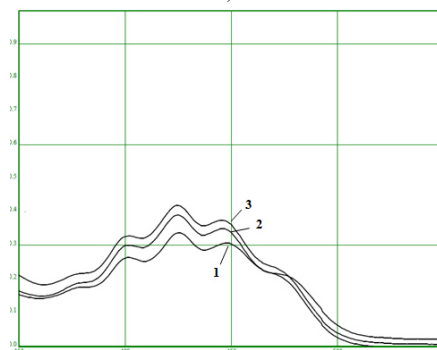
Таблица 1 – Зависимость извлечения суммы каротиноидов от количества апельсинового нектара и экстрагента и времени экстрагирования

Соотношение сок : гексан, мл	Время экстрагирования, мин.	Содержание суммы каротиноидов, мг / 100 мл, в пересчете на β-каротин
10 : 10	10	0,046 ± 0,002
10 : 10	20	0,065 ± 0,002
10 : 10	30	0,169 ± 0,004
30 : 10	10	0,038 ± 0,001
30 : 10	20	0,136 ± 0,003
30 : 10	30	0,451 ± 0,009
10 : 30	10	0,062 ± 0,003
10 : 30	20	0,155 ± 0,007
10 : 30	30	0,153 ± 0,007

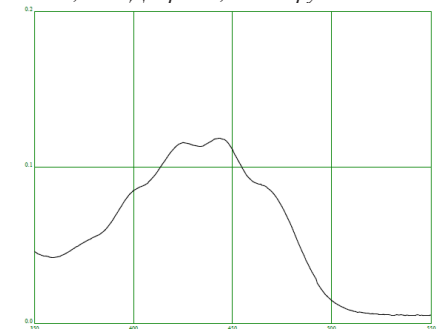
Было проведено исследование суммарного количества каротиноидов в апельсиновых соках и нектарах известных торговых марок. В качестве контроля использовали свежееотжатый апельсиновый сок. Значения оптической плотности гексановых извлечений апельсиновых соков различались между торговыми марками, формируя ряд: «Я» > «J7» > «Rich» (рис. 2 а).



а) апельсиновые соки торговых марок: 1 – «Rich»; 2 – «J7»; 3 – «Я»



б) апельсиновые нектары торговых марок: 1 – «То, что надо»; 2 – «Добрый»; 3 – «Фруктовый сад»



в) свежееотжатый апельсиновый сок (разведение в 3 раза)
Рисунок 2 – Электронные спектры гексановых извлечений апельсиновых соков и нектаров

В отличие от свежеотжатого апельсинового сока (рис. 2 в), пик при 450 нм, характерный для каротиноидов, был менее выражен, чем пик при 420-425 нм. Это может говорить о частичной деградации каротиноидов в восстановленных соках, что происходит при получении концентрата сока [9, 12, 17]. Такая же закономерность характерна и для нектаров (рис. 2 б), основным сырьем для которых также являются концентрированные соки. В апельсиновых нектарах значения оптической плотности были существенно ниже, чем в соках, но в меньшей степени зависели от торговых марок, хотя при этом формировали ряд: «Фруктовый

сад» > «Добрый» > «То, что надо». Полученные значения оптической плотности гексановых извлечений из апельсиновых соков и нектаров позволили рассчитать суммарное количество каротиноидов в пересчете на β -каротин (рис. 3). Свежеотжатый апельсиновый сок характеризовался наибольшим содержанием суммы каротиноидов, количество которых составило 1,28 мг / 100 мл. В пастеризованных восстановленных апельсиновых соках суммарное количество каротиноидов было меньше, чем в свежеотжатом на 18-49% в зависимости от торговых марок, которые образовали ряд: «Я» > «J7» > «Rich».

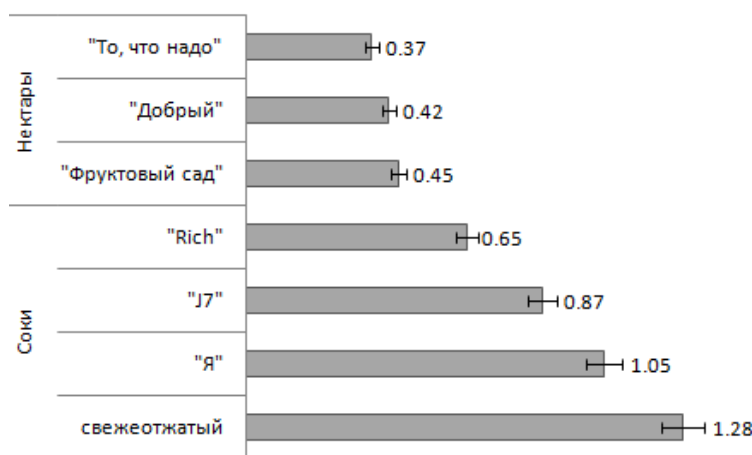


Рисунок 3 – Суммарное содержание каротиноидов в апельсиновых соках и нектарах, мг / 100 мл

Значительные отличия в суммарном содержании каротиноидов между исследуемыми соками могут быть связаны как с разнообразием концентратов апельсинового сока, полученных из разных сортов апельсинов, так и с термической обработкой – пастеризацией соков при разных температурных режимах. Так, под влиянием термообработки (120 сек. при 70°C и 80°C, 15 сек. при 90°C) снижение содержания β -каротина в апельсиновом соке из апельсинов сорта «Dörtüyl Yerli» составило 45,06, 66,11 и 66,70% соответственно, в соке из апельсинов сорта «Alanya Dilimli», соответственно, 32,10%, 33,79% и 37,76% [17]. Dhuique-Mayer с соавторами [18] обнаружили уменьшение количества ксантофилла примерно на 30-60% даже после термообработки при 55°C в течение 15 минут, но зеаксантин и лютеин разрушались очень незначительно. Потеря суммарного количества каротиноидов в пастеризованном апельсиновом соке из апельсинов сорта «Валенсия» может составлять от 10 до 12% [9, 19]. Деградация каротиноидов происходит и при микроволновой пастеризации в течение 1 минуты при температурах: 70°C – на 13%, 75°C – 44%, 85°C – 52% [20].

Апельсиновые нектары содержали почти в два раза меньше суммарных каротиноидов, чем в восстановленных апельсиновых соках. Их количество составило 0,37 до 0,45 мг / 100 мл с преимущественным содержанием в апельсиновом нектаре «Фруктовый сад».

Заключение. Для определения суммарного коли-

чества каротиноидов в апельсиновых соках и нектарах можно использовать метод прямой спектрофотометрии с предварительным экстрагированием каротиноидов из напитков п-гексаном в соотношении 30 : 10 в течение 30 минут с постоянным перемешиванием.

Апельсиновые соки и нектары, реализуемые на потребительском рынке, содержат каротиноиды, количество которых зависит от вида напитка и торговой марки. В апельсиновых соках промышленной выработки их количество составляет 0,65-1,05 мг/100 мл, в апельсиновых нектарах – 0,37-0,45 мг/100 мл. В свежеотжатом апельсиновом соке суммарное количество каротиноидов больше на 18-49%, чем в апельсиновых соках промышленной выработки.

Биологическая активность и антиоксидантные свойства каротиноидов можно рассматривать как фактор продвижения апельсиновых соков и нектаров на потребительском рынке как напитков для здорового питания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Иванова Н.Н., Хомич Л.М., Перова И.Б. Нутриентный профиль апельсинового сока // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 6, С. 103-113.
2. Stinco C.M., Fernandez-Vazquez R., Hernanz D., Heredia F.J., Melendez-Martinez A.J., Vicario I.M. Industrial orange juice debittering: Impact on bioactive compounds and nutritional value // Journal of Food Engineering. 2013. № 116. P. 155–161.
3. Martins C. P.C., Cavalcanti R.N., Cardozo T.S.F., Couto S. M., Guimaraes Jo.T., Balthazar C. F., Rocha R. S. Effects of microwave heating on the chemical composition and bioactivity of orange juice-milk beverages // Food Chemistry 2021. № 345. 128746.

4. Нилова Л.П., Выговтов А.А., Малютенкова С.М. Растительное сырье в формировании антиоксидантных свойств сокодержавных напитков // Международный научный журнал. 2017. № 4. С. 83-87.
5. Fuente B., Luz C., Puchol C., Meca G., Barba F.J. Evaluation of fermentation assisted by *Lactobacillus brevis* POM, and *Lactobacillus plantarum* (TR-7, TR-71, TR-14) on antioxidant compounds and organic acids of an orange juice-milk based beverage // Food Chemistry. 2021. № 343. 128414.
6. Нилова Л.П., Малютенкова С.М., Флоринская Е.Э. Роль растительного сырья в формировании потребительских свойств ферментированных молочных напитков // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. № 44. С. 81-86.
7. Дадали В.А., Тутельян В.А., Дадали Ю.В., Кравченко Л.В. Каротиноиды: биодоступность, биотрансформация, антиоксидантные свойства // Вопросы питания. 2010. Т. 79. № 2. С. 4-18.
8. Etzbach L., Stolle R., Anheuser K., Herdegen V., Schieber A., Weber F. Impact of Dierent Pasteurization Techniques and Subsequent Ultrasonication on the In Vitro Bioaccessibility of Carotenoids in Valencia Orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) Juice // Antioxidants. 2020, № 9. P. 534-551.
9. Gama Ju. Ju.T., de Sylos C.M. Effect of thermal pasteurization and concentration on carotenoid composition of Brazilian Valencia orange juice // Food Chemistry 2007. № 100. P. 1686-1690.
10. Lu Q., Peng Yi., Zhu Ch., Pan S. Effect of thermal treatment on carotenoids, flavonoids and ascorbic acid in juice of orange cv. Cara Cara // Food Chemistry. 2018. № 265. P. 39-48.
11. De Ancos B., Rodrigo M.J., Sanchez-Moreno C., Cano M.P., Zacarias L. Effect of high-pressure processing applied as pretreatment on carotenoids, flavonoids and vitamin C in juice of the sweet oranges «Navel» and the red-fleshed «Cara Cara» // Food Research International. 2020. № 132.109105.
12. Lu Q., Huang X., Lv S., Pan S. Carotenoid profiling of red navel orange «Cara Cara» harvested from five regions in China // Food Chemistry. 2017. № 232. P. 788-798.
13. Zvaigzne G., Kārkliņa D., Moersel Jo.Th., Kuehn S., Krasnova I., Seglina D. Ultra-high temperature effect on bioactive compounds and sensory attributes of orange juice compared with traditional processing // Proceeding of the Latvian Academy of sciences/ 2017. V. 71. № 6. P. 486-491.
14. Stinco C.M., Sentandreu E., Mapelli-Brahm P., Navarro Jo.L., Vicario I.M., Meléndez-Martínez A.J. Influence of high pressure homogenization and pasteurization on the in vitro bioaccessibility of carotenoids and flavonoids in orange juice // Food Chemistry. 2020. № 331. 127259.
15. Куркин В.А., Шарова О.В., Афанасьева П.В. Совершенствование методики количественного определения суммы каротиноидов в сырье «шиповника плоды» // Химия растительного сырья. 2020. № 3. С. 131-138.
16. Mapelli-Brahm P., Corte-Real Jo., Meléndez-Martínez A.J., Bohn T. Bioaccessibility of phytoene and phytofluene is superior to other carotenoids from selected fruit and vegetable juices // Food Chemistry. 2017. № 229. P. 304-311.
17. Bozkir H., Kola O., Duran H., Şimşek M., Kelebek H. Effect of thermal processing on carotenoids of some orange juices // Journal of Food, Agriculture & Environment. 2015. V.13 (2). P. 52-57.
18. Dhuique-Mayer C., Caris-Veyrat C., Tbatou M., Amiot M. J., Carail M., Dornier M. Thermal degradation of antioxidant micronutrients in citrus juice: Kinetics and newly formed compounds // J. Agric. Food Chem. 2007. № 55. P.4209-4216.
19. Lee H.S., Coates G.A. Effect of thermal pasteurization on Valencia orange juice color and pigments. LWT – Food Science and Technology. 2003. № 36 (1). P. 153-156.
20. Cinquanta L., Fratianni A., Stoduto L., Panfili G. Effect of microwave pasteurization on orange juice color and carotenoid pigments // 5th International Technical Symposium on Food Processing, Monitoring Technology in Bioprocesses and Food Quality Management. 2009. № 79139.

Статья поступила в редакцию 26.04.2021

Статья принята к публикации 16.06.2021