

НУТРИЕНТЫ АПЕЛЬСИНОВЫХ СОКОВ И НЕКТАРОВ, РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ

Л.П. Нилова, С.М. Малютенкова, А.Г. Арсирий

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия*

Апельсиновый сок во всем мире признан одним из полезных для здоровья. На потребительском рынке России реализуются апельсиновые соки и нектары восстановленные из концентратов. На примере наиболее популярных брендов апельсиновых соков и нектаров проведена оценка их антиоксидантных свойств по содержанию витамина С, флавоноидов и суммарной антиоксидантной активности методами FRAP и кулонометрическим титрованием на кулонометре «Эксперт-006». В качестве объекта сравнения использовали свежееотжатый сок из апельсинов сорта «Валенсия». Содержание витамина С в исследуемых апельсиновых соках составило, мг/100 мл, от 57,09 до 78,2, в нектарах – 27,96–34,95; флавоноидов – 30,24–43,67 и 15,61–26,50 мг/100 мл, соответственно. Свежееотжатый сок из апельсинов сорта «Валенсия» содержал меньше витамина С, чем соки промышленной выработки, но количество флавоноидов было сопоставимым. При употреблении 100 мл апельсинового сока или нектара суточная физиологическая потребность взрослого человека в витамине С согласно МР 2.3.1.2432-08 будет удовлетворена на 63,4–86,7 и 31,0–38,8 %, соответственно. Напротив, флавоноиды за счет 100 мл апельсинового сока или нектара в своем большинстве не обеспечивают 15 %-ного уровня физиологической потребности. Только апельсиновые соки «Я» и «J7» содержат флавоноидов в количестве, обеспечивающем суточную физиологическую потребность в них на 17,3–17,5 %. На антиоксидантную активность апельсиновых соков и нектаров независимо от метода определения оказывает влияние содержание в них витамина С. Влияние содержания флавоноидов не установлено.

Ключевые слова: апельсиновый сок, апельсиновый нектар, витамин С, флавоноиды, антиоксидантная активность.

Введение

Апельсиновый сок во всем мире признан одним из полезных для здоровья. Потребители выбирают его не только за высокие вкусовые качества, но и за счет источника витамина С [1]. Его нутриентный профиль включает как биологически активные компоненты: флавононы, фенольные кислоты, каротиноиды, так и витамины группы В, пектиновые и минеральные вещества, а оптимальное соотношение сахаров и органических кислот способствует формированию вкусовых свойств, которые повышают его востребованность среди потребителей [2]. В научных исследованиях апельсиновый сок нередко выступает в качестве эталона антиоксидантных свойств различных напитков из природного сырья [3].

Антиоксидантные свойства апельсиновых соков зависят от группового и сортового разнообразия апельсинов, зоны их произрастания, технологии производства. Групповые различия могут быть связаны с присутствием

антоцианов (50–100 мг/л) в апельсиновом соке из красных апельсинов [4, 5]. Но это не может однозначно говорить об их более высоких антиоксидантных свойствах. Так, в соках из оранжевых пупочных апельсинов сортов «Navel» может содержаться до 68 мг/100 мл витамина С, и может превысить его содержание в соках из красных апельсинов на 15–20 % [6, 7]. Варьирует количество витамина С и внутри групп апельсинов, используемых для производства соков. В апельсиновом соке из апельсинов сорта «Fukumoto Navel» содержание витамина С больше, чем из сорта «Lane Late Navel», и составляет, мг/100 мл, 62,4 и 46,2, соответственно. В соке из обыкновенных апельсинов сортов «Valencia» витамина С содержится 30,7–47,8 мг/100 мл [8].

Антиоксиданты фенольного типа в апельсиновых соках представлены флавоноидами и фенольными кислотами. Содержание флавоноидов также, как и витамина С, колеблется в широких пределах от 23,53 до 50,36 мг/100

мл, которые представлены преимущественно флаванонами [9, 10]. Основным флаванонгликозидом является гесперидин, содержание которого составляет более 90 % от суммы флаванонов. В соках из красных апельсинов его количество обычно меньше и может составлять около 75 % в зависимости от ботанического сорта [11]. Гесперидин нестабилен при хранении соков и может выпадать в осадок, но в концентрированных соках его количество не изменяется [12]. Кроме гесперидина в апельсиновых соках обнаружены минорные флаванонгликозиды, такие как нарирутин, нарингин, дидимин и др. [2, 12, 13]. Несмотря на низкую биодоступность флавоноидов цитрусовых плодов [14, 15], некоторые авторы указывают на их высокую взаимосвязь ($r = 0,946$) с антиоксидантной активностью апельсинового сока [16, 17]. Высокая взаимосвязь антиоксидантной активности от содержания витамина С и фенольных кислот ($r = 0,96$) установлена для гидрофильной фракции апельсиновых соков [13]. Из фенольных кислот значительная роль в обеспечении антиоксидантных свойств отводится феруловой, кофейной и *p*-кумаровой кислотам [13, 18].

Антиоксидантные свойства апельсиновым сокам добавляют каротиноиды, представленные в большей степени ксантофиллами (виолаксантин, антероксантин, β -криптоксантин) – более 75 % [6, 19, 20]. Содержание β - и α -каротинов находится на уровне менее 1 мг/л каждый [20, 21]. Суммарное содержание каротиноидов в апельсиновых соках зависит от сорта апельсин, и колеблется в пределах 9–30 мг/л [18, 22–24].

На потребительском рынке России представлены только восстановленные апельсиновые соки и нектары из концентратов различной технологической обработки [24, 25], что может приводить к значительному варьированию их антиоксидантных свойств.

Целью работы явилось проведение сравнительной оценки антиоксидантных свойств апельсиновых соков и нектаров, реализуемых на потребительском рынке России.

Объекты и методы исследований

Оценку антиоксидантных свойств апельсиновых соков и нектаров проводили по содержанию индивидуальных антиоксидантов витамина С и общих флавоноидов и суммарной антиоксидантной активности (САА) на примере наиболее популярных брендов, представленных на потребительском рынке.

Для исследования антиоксидантных свойств использовали:

– апельсиновые соки с мякотью «Я» и «J7» производства ООО «Лебедянский»; «Rich» производства АО «Мултон»;

– апельсиновые нектары с мякотью «Фруктовый сад» ООО «Лебедянский»; «Добрый» АО «Мултон»; «То, что надо» ООО «Ярославский комбинат алкогольных и безалкогольных напитков».

В качестве объекта сравнения использовали свежееотжатый сок, который был получен в лабораторных условиях из апельсинов сорта «Валенсия», приобретенных в розничной торговле.

Содержание витамина С определяли титриметрическим методом с раствором 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия по ГОСТ 24556-89. Общее содержание флавоноидов определяли спектрофотометрически по реакции с хлоридом алюминия на спектрофотометре «UNICO-2800», США при длине волны 420 нм. Полученные результаты выражали в мг рутин [26].

САА определяли двумя методами: спектрофотометрически методом FRAP с о-фенантролином на спектрофотометре «UNICO-2800», США, при длине волны 505 нм [26]. Калибровочную кривую строили по аскорбиновой кислоте. Кулонометрическим титрованием электрогенерированным бромом на кулонометре «Эксперт-006». Фоновым раствором служили разбавленный раствор серной кислоты с бромистым калием. Калибровочную кривую строили по рутину.

Результаты и их обсуждение

Исследуемые образцы апельсиновых соков и нектаров содержали витамин С и флавоноиды, количество которых варьировало как от вида соковой продукции, так и внутри вида в зависимости от бренда. Так, содержание витамина С для соков находилось в пределах 57,09–78,2 мг/100 мл, а для нектаров – 27,96–34,95 мг/100 мл (табл. 1).

Содержание витамина С в соках «Я» и «J7» было типичным для апельсиновых соков. Подобные результаты были получены для соков из апельсинов «Navel», в которых содержание витамина С может достигать до 68 мг/100 мл при кратковременной термической обработке или ультрапастеризации [7, 27]. В соке «Rich» содержание витамина С было выше в 1,24 и 1,37 раз по сравнению с соками «J7» и «Я», соответственно, что позволяет

Таблица 1

Содержание индивидуальных антиоксидантов, мг/100 мл, в апельсиновых соках и нектарах

Вид	Бренд	Витамин С	Флавоноиды
Апельсиновый сок	«Я»	57,09 ± 2,00	43,67 ± 1,60
	«Rich»	78,20 ± 1,90	30,24 ± 1,50
	«J7»	62,91 ± 1,50	43,24 ± 1,58
	Свежеотжатый	54,75 ± 2,20	30,82 ± 1,90
Апельсиновый нектар	«Фруктовый сад»	34,95 ± 1,58	26,50 ± 1,25
	«Добрый»	33,78 ± 1,40	24,43 ± 1,20
	«То, что надо»	27,96 ± 1,35	15,61 ± 0,75

предположить использование концентратов, полученных из мякоти вместе с кожурой, и переходом витамина С в сок в количестве более 25 % из альbedo кожуры апельсинов [4, 25]. Кроме того, инновационные методы концентрирования соков в вакууме или с использованием мембранных технологий позволяют сохранить в большей степени витамин С и биологические активные компоненты [4, 28].

Количество витамина С в соках промышленной выработки превысило их количество по сравнению со свежеотжатым соком в среднем на 10 % и могло быть связано с использованием в производстве соков апельсинов сразу после сбора урожая и инактивацией ферментов в процессе производства соков [5, 12]. Апельсины, реализуемые в торговле в России, подвергались транспортированию и хранению, в течение которых витамин С участвовал в процессах дыхания. В результате чего его количество уменьшилось. Chanson-Rolle с соавторами [29] получены меньшие результаты содержания витамина С в свежеотжатых соках: 40,5–47,8 мг/100 мл. Исследуемые апельсиновые нектары содержали витамина С в среднем в 2 раза меньше, чем в соках. Разброс значений его содержания в нектарах в зависимости от бренда не превышал 20 %.

В исследованных образцах апельсиновых соков и нектаров общие флавоноиды содержались в разных количествах, мг/100 мл: в соках – 30,24–43,67; в нектарах – 15,61–26,50. Разница в содержании общих флавоноидов между соками и нектарами составила 1,5–2 раза. В соках «J7» и «Я» содержалось одинаковое количество общих флавоноидов, статистические значимые отличия отсутствовали. Напротив, сок «Rich» содержал флавоноидов

меньше на 30 %, хотя столько же, как и в свежеотжатом апельсиновом соке – порядка 30 мг/100 мл. Эти данные не противоречат опубликованным ранее результатам исследований апельсиновых соков. В соке «Rich» ранее было определено содержание общих флавоноидов в количестве 36 мг/100 г сока [30], а в свежеотжатых соках из испанских апельсинов – 30,68 мг/100 мл [31].

При употреблении 100 мл апельсинового сока или нектара суточная физиологическая потребность взрослого человека (МР 2.3.1.2432-08) в витамине С будет удовлетворена на 63,4–86,7 и 31,0–38,8 %, соответственно. Напротив, флавоноиды за счет 100 мл апельсинового сока или нектара в своем большинстве не обеспечивают 15 %-ного уровня физиологической потребности. Только апельсиновые соки «Я» и «J7» содержат флавоноидов в количестве, обеспечивающих суточную физиологическую потребность в них на 17,3–17,5 %.

Преобладание тех или иных антиоксидантов в апельсиновых соках и нектарах внесло свой вклад в формирование их антиоксидантных свойств, и в зависимости от метода исследований были получены значения САА, которые представлены в табл. 2.

FRAP-тест показал значения САА апельсиновых соков в пределах от 18,89 до 24,94 мг/100 мл, что в 2–2,5 раза выше, чем у нектаров. Среди соков по САА лидировал апельсиновый сок «Rich», что, возможно, связано с высоким содержанием в нем витамина С. По значениям FRAP-теста получился ряд для апельсиновых соков: «Rich» > свежеотжатый > «J7» > «Я»; для нектаров: «Фруктовый сад» > «Добрый» > «То, что надо».

Таблица 2
Суммарная антиоксидантная активность апельсиновых соков и нектаров, мг/100 мл

Вид	Бренд	САА	
		FRAP	кулонометрическое титрование
Апельсиновый сок	«Я»	18,89 ± 0,90	38,97 ± 1,20
	«Rich»	24,94 ± 0,85	56,50 ± 1,30
	«J7»	22,27 ± 0,50	34,78 ± 1,25
	Свежеотжатый	23,16 ± 0,90	38,29 ± 1,20
Апельсиновый нектар	«Фруктовый сад»	14,85 ± 0,50	29,94 ± 1,30
	«Добрый»	13,75 ± 0,65	27,56 ± 1,30
	«То, что надо»	9,42 ± 0,45	24,00 ± 1,20

Кулонометрическое титрование показало более высокие значения САА в пределах 34,78–56,5 мг/100 мл для соков и 9,42–14,85 мг/100 мл – для нектаров. И хотя лидером по САА, определенным кулонометрическим титрованием, оставался апельсиновый сок «Rich», но ряд соков в зависимости от этого показателя изменился: «Rich» > «Я» ≥ свежеотжатый > «J7». При этом ряд апельсиновых нектаров остался прежним, в котором лидирующую позицию занимал нектар «Фруктовый сад».

Для оценки влияния главных антиоксидантов апельсиновых соков на значения САА, определенной разными методами, была проведена оценка тесноты взаимосвязи этих показателей (табл. 3).

Была установлена линейная зависимость между содержанием витамина С и САА апельсиновых соков и нектаров. Независимо от метода определения коэффициент корреляции (R^2) был более 0,855. В тоже время зависимости САА от содержания общего количества флавоноидов не установлено. В литературе имеются противоречивые данные о влиянии флавоноидов на САА апельсиновых

соков, но однозначно влияние витамина С [13, 16, 17]. Так, Miguel с соавторами [32] была найдена зависимость антирадикальных свойств апельсиновых соков от количества витамина С ($r = 0,837$). В тоже время отсутствовала взаимосвязь между количеством флавоноидов и САА (TEAC и ORAC).

Заключение

На потребительском рынке России реализуются восстановленные апельсиновые соки, содержащие витамин С в количестве 57,09–78,2 мг/100 мл, что может превысить его содержание в свежеотжатых апельсиновых соках, в зависимости от технологии получения концентрата. Апельсиновые нектары содержат витамин С в среднем в 2 раза меньше, чем соки, что подтверждает минимальное количество сока в нектарах согласно рецептуре.

При употреблении 100 мл апельсинового сока или нектара суточная физиологическая потребность взрослого человека (MP 2.3.1.2432-08) в витамине С будет удовлетворена на 63,4–86,7 и 31,0–38,8 %, соответственно. Напротив, флавоноиды за счет 100 мл апельсинового сока или нектара в своем большинстве не обеспечивают 15 %-ного

Таблица 3
Зависимость (R^2) суммарной антиоксидантной активности (САА) апельсиновых соков и нектаров от содержания в них индивидуальных антиоксидантов

САА	Индивидуальные антиоксиданты		P-value
	витамин С	флавоноиды	
FRAP	0,878	0,452	< 0,05
Кулонометрическое титрование	0,855	0,178	< 0,05

уровня физиологической потребности. Только апельсиновые соки «Я» и «J7» содержат флавоноидов в количестве, обеспечивающих суточную физиологическую потребность в них на 17,3–17,5 %.

Установлено, что значения САА апельсиновых соков и нектаров, измеренные методом FRAP и кулонометрическим титрованием, зависят от содержания в них витамина С. Влияние флавоноидов на значения САА не установлено.

Литература

1. Дубодел, Н.П. Маркетинговые исследования апельсиновых соков, представленных на российском рынке / Н.П. Дубодел, М.И. Победа, Д.Л. Шашин // Пиво и напитки. – 2015. – № 1. – С. 30–34.
2. Иванова, Н.Н. Нутриентный профиль апельсинового сока / Н.Н. Иванова, Л.М.Хомич, И.Б. Перова // Вопросы питания. – 2017. – Т. 86. – № 6. – С. 103–113.
3. Zuriarrain-Ocio, A. Antioxidant activity and phenolic profiles of ciders from the Basque Country / A. Zuriarrain-Ocio, Ju. Zuriarrain, M. Vidal, M.T. Duenas, I. Berregi // Food Bioscience. – 2021. – № 41. – 100887. DOI: 10.1016/j.fbio.2021.100887
4. Galaverna, G. Production Processes of Orange Juice and Effects on Antioxidant Components / G. Galaverna, Ch. Dall'Asta // Processing and Impact on Antioxidants in Beverages. – Academic Press. 2014. – P. 203–214. DOI: 10.1016/B978-0-12-404738-9.00021-0
5. Pannitteri, C. Influence of postharvest treatments on qualitative and chemical parameters of Tarocco blood orange fruits to be used for fresh chilled juice / C. Pannitteri, A. Continella, L. Lo Cicero, A. Gentile, S. La Malfa, E. Sperlinga, E.M. Napoli, T. Strano, G. Ruberto, L. // Food Chemistry 2017. № 230. P. 441–447. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.03.041
6. De Ancos, B. 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» / B. De Ancos, M.J. Rodrigo, C. Sanchez-Moreno, M.P. Cano, L. Zacarias // Food Research International. – 2020. – № 132. – 109105. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.109105
7. Akyildiz, A. Kinetic study for ascorbic acid degradation, hydroxymethylfurfural and furfural formations in Orange juice / A. Akyildiz, T.S Mertoglu., E. Agcam // Journal of Food Composition and Analysis. – 2021. – V. 102. – 103996. DOI: 10.1016/j.jfca.2021.103996
8. Mennah-Govela, Ya.A. Fresh-Squeezed Orange Juice Properties Before and During In Vitro Digestion as Influenced by Orange Variety and Processing Method / Ya.A. Mennah-Govela, G.M. Bornhorst // Journal of Food Science. – 2017. – V. 82. – № 10. – P. 2438–2447. DOI: 10.1111/1750-3841.13842
9. Vanamala, Ja. Variation in the content of bioactive flavonoids in different brands of orange and grapefruit juices / Ja. Vanamala, L. Reddivari, K.S. Yoo, L.M. Pike, Bh.S. Patil // Journal of Food Composition and Analysis. – 2006. – № 19. – P. 157–166. DOI: 10.1016/j.jfca.2005.06.002
10. Stinco, C.M. Hydrophilic antioxidant compounds in orange juice from different fruit cultivars: Composition and antioxidant activity evaluated by chemical and cellular based (*Saccharomyces cerevisiae*) assays / C.M. Stinco, M.V. Baroni, R.D. Di P. Naranjo, D.A. Wunderlin, F.J. Heredia, A.J. Meléndez-Martínez, I.M. Vicario // Journal of Food Composition and Analysis. – 2015. – № 37. – P. 1–10. DOI: 10.1016/j.jfca.2014.09.006
11. Barreca, D. C- and O-glycosyl flavonoids in Sanguinello and Tarocco blood orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) juice: Identification and influence on antioxidant properties and acetylcholinesterase activity / D. Barreca, G. Gattuso, G. Laganà, U. Leuzzi, E. Bellocco // Food Chemistry. – 2016. – № 196. – P. 619–627. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.09.098
12. Zhang, L. Effects of storage conditions and heat treatment on the hesperidin concentration in Newhall navel orange (*Citrus sinensis* Osbeck cv. Newhall) juice / L. Zhang, W. Ling, Zh. Yan, Ya. Liang, C. Guo, Zh. Ouyang, X. Wang, K. Kumaravel, Q. Ye, B. Zhong, Ju. Zhang // Journal of Food Composition and Analysis. – 2020. – № 85. – 103338. DOI: 10.1016/j.jfca. 2019.103338
13. Stinco, C.M. Industrial orange juice debittering: Impact on bioactive compounds and nutritional value / C.M. Stinco, R. Fernández-Vázquez, D. Hernanz, F.J. Heredia, A.J. Meléndez-Martínez, I.M. Vicario // Journal of Food Engineering. – 2013. – № 116. – P. 155–161. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2012.11.009
14. Olas, B. A review of in vitro studies of the anti-platelet potential of citrus fruit flavonoids / B. Olas // Food and Chemical Toxicology.

– 2021. – №150. – 112090. DOI: 10.1016/j.fct.2021.112090

15. Zeng, X. Urinary metabolite profiling of flavonoids in Chinese volunteers after consumption of orange juice by UFLC-Q-TOF-MS/MS / X. Zeng, W. Su, Ya. Bai, T. Chen, Z. Yan, Ji. Wang, M. Su, Yu. Zheng, W. Peng, H. Yao // *Journal of Chromatography B.* – 2017. – P. 79–88. DOI: 10.1016/j.jchromb.2017.07.015

16. Hou, J. Variations in phenolic acids and antioxidant activity of navel orange at different growth stages / J. Hou, L. Liang, M. Su, T. Yang, X. Mao, Yu. Wang // *Food Chemistry.* – 2021. – № 360. – 129980. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.129980

17. Klimczak, I. Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices / I. Klimczak, M. Małecka, M. Szlachta, A. Gliszczyńska-Świgło // *Journal of Food Composition and Analysis.* – 2007. – № 20. – P. 313–322. DOI: 10.1016/j.jfca.2006.02.012

18. Mesquita, E. Simultaneous HPLC determination of flavonoids and phenolic acids profile in Pêra-Rio orange juice / E. Mesquita, M. Monteiro // *Food Research International.* – 2018. – №106. – P. 54–63. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.12.025

19. Bozkir, H. Effect of thermal processing on carotenoids of some orange juices / H. Bozkir, O. Kola, H. Duran, M. Şimşek, H. Kelebek // *Journal of Food Agriculture & Environment.* – 2015. – V.13 (2). – P. 52–57.

20. Etbach, L. Impact of Dierent Pasteurization Techniques and Subsequent Ultrasonication on the In Vitro Bioaccessibility of Carotenoids in Valencia Orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) Juice / L. Etbach, R. Stolle, K. Anheuser, V. Herdegen, A. Schieber, F. Weber // *Antioxidants.* – 2020. – № 9. – P. 534–551. DOI: 10.3390/antiox9060534

21. Stinco, C.M. Bioaccessibility, antioxidant activity and colour of carotenoids in ultrafrozen orange juices: Influence of thawing conditions / C.M. Stinco, R. Fernández-Vázquez, F. J. Heredia, A.J. Meléndez-Martínez, I.M. Vicario // *LWT – Food Science and Technology.* – 2013. – №53. – P. 458–463. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.04.003

22. Нилова, Л.П. Исследование каротиноидов апельсиновых соков и нектаров / Л.П. Нилова, С.М. Малютенкова, А.Г. Арсирый, Р.Р. Мухутдинов // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс.* – 2021. Т. 10.

№ 2. – С. 127–131. DOI: 10.46548/21vek-2021-1054-0024

23. Lu, Q. Effect of thermal treatment on carotenoids, flavonoids and ascorbic acid in juice of orange cv. Cara Cara / Q. Lu, Yi. Peng, Ch. Zhu, S. Pan // *Food Chemistry.* – 2018. – № 265. – P. 39–48. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.05.072

24. Gama, Ju. Ju T. Effect of thermal pasteurization and concentration on carotenoid composition of Brazilian Valencia orange juice / Ju. Ju T. Gama, C.M. de Sylos // *Food Chemistry.* – 2007. – № 100. – P. 1686–1690. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.01.062

25. Зюзина, А.В. Определение антиоксидантной активности полуфабрикатов для производства соков / А.В. Зюзина, Н.В. Макарова // *Пиво и напитки.* – 2011. – № 1. – С. 20–21.

26. Рогожин, В.В. Практикум по биохимии сельскохозяйственной продукции / В.В. Рогожин, Т.В. Рогожина. – СПб: ГИОРД, – 2016. – 480 с.

27. Zvaigzne, G. Ultra-high temperature effect on bioactive compounds and sensory attributes of orange juice compared with traditional processing / G. Zvaigzne, D. Kārklina, Jo.Th. Moersel, S. Kuehn, I. Krasnova, D. Seglina // *Proceeding of the Latvian Academy of sciences.* – 2017. – V. 71. – № 6. – P. 486–491. DOI: 10.1515/prolas-2017-0084

28. Pereira, R.M.S. Quantification of Flavonoids in Brazilian Orange Peels and Industrial Orange Juice Processing Wastes / R.M.S. Pereira, B.G.C. López, S.N. Diniz, A.A. Antunes, D.M. Garcia, C.R. Oliveira, M.C. Marcucci // *Agricultural Sciences.* – 2017. – № 8. – P. 631–644. DOI: 10.4236/as.2017.8704

29. Chanson-Rolle, A. Nutritional Composition of Orange Juice: A Comparative Study between French Commercial and Home-Made Juices / A. Chanson-Rolle, V. Braesco, Ju. Chupin, L. Bouillot // *Food and Nutrition Sciences.* – 2016. – № 7. – P. 252–261. DOI: 10.4236/fns.2016.74027

30. Зюзина, А.В. Разработка рецептур апельсиновых соков с направленным антиоксидантным действием / А.В. Зюзина, Н.В. Макарова // *Пиво и напитки.* – 2011. – № 4. – С. 28–30.

31. Stinco, C.M. Influence of high pressure homogenization and pasteurization on the in vitro bioaccessibility of carotenoids and flavonoids in orange juice / C.M. Stinco, E. Sentandreu, P. Mapelli-Brahm, Jo.L. Navarro, I.M. Vicario, A.J. Meléndez-Martínez // *Food Chemistry.* – 2020. –

№ 331. – 127259. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127259

32. Miguel, M.G. Ascorbic acid and flavanone glycosides in citrus: Relationship with

antioxidant Activity / M.G. Miguel, A. Duarte, S. Nunes, V. Sustelo, D. Martins, S.A. Dandlen // Journal of Food, Agriculture & Environment. – 2009. – V.7 (2). – P. 222–227.

Нилова Людмила Павловна, канд. техн. наук, доцент, доцент Высшей школы сервиса и торговли, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (г. Санкт-Петербург), nilova_1_p@mail.ru

Малютенкова Светлана Михайловна, канд. техн. наук, доцент, доцент Высшей школы сервиса и торговли, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (г. Санкт-Петербург), malutesha66@mail.ru

Арсирий Анастасия Григорьевна, студент Высшей школы сервиса и торговли, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (г. Санкт-Петербург), anastasiadracon2000@yandex.ru

Поступила в редакцию 16 июня 2021 г.

DOI: 10.14529/food210308

NUTRIENTS OF ORANGE JUICES AND NECTARS, ROLE IN THE FORMATION OF ANTIOXIDANT PROPERTIES

L.P. Nilova, S.M. Malyutenkova, A.G. Arsirii

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation

Orange juice is recognized worldwide as one of the health benefits. The consumer market of Russia sells orange juices and nectars recovered from concentrates. Antioxidant properties were assessed using examples of the most popular brands of orange juices and nectars in terms of the content of vitamin C, total flavonoids and total antioxidant activity by FRAP methods and coulometric titration on an Expert-006 coulometer. Freshly squeezed juice from Valencia oranges was used as an object of comparison. The content of vitamin C in the investigated orange juices was, mg / 100 ml, from 57.09 to 78.2, in nectars – 27.96–34.95; total flavonoids – 30.24–43.67 and 15.61–26.50 mg / 100 ml, respectively. Freshly squeezed juice from Valencia oranges contained less vitamin C than commercial juices, but the amount of total flavonoids was comparable. When using 100 ml of orange juice or nectar, the daily physiological need of an adult for vitamin C according to MR 2.3.1.2432-08 will be satisfied by 63.4–86.7 and 31.0–38.8 %, respectively. In contrast, the total flavonoids contained in 100 ml of orange juice or nectar, for the most part, do not provide 15 % of the physiological requirement. Only orange juices "I" and "J7" contain total flavonoids in an amount that provides a daily physiological need for them by 17.3–17.5 %. The antioxidant activity of orange juices and nectars, regardless of the method of determination, is influenced by the content of vitamin C. The influence of the content of total flavonoids has not been established.

Keywords: orange juices, orange nectars, vitamin C, total flavonoids, antioxidant activity.

References

1. Dubodel N.P., Pobeda M.I., Shashin D.L. Marketing Research of Orange Juices on the Russian Market. *Beer and beverages*, 2015, no. 1, pp. 30–34. (in Russ.)
2. Ivanova N.N., Khomich L.M., Perova I.B. Orange juice nutritional profile. *Voprosy pitaniya*, 2017, vol. 86, no. 6, pp. 103–113. (in Russ.)
3. Zuriarrain-Ocio A., Zuriarrain Ju., Vidal M., Duenas M.T., Berregi I. Antioxidant activity and phenolic profiles of ciders from the Basque Country. *Food Bioscience*, 2021, no. 41, 100887. DOI: 10.1016/j.fbio.2021.100887

4. Galaverna, G., Dall'Asta Ch. Production Processes of Orange Juice and Effects on Antioxidant Components. Processing and Impact on Antioxidants in Beverages, *Academic Press*, 2014, pp. 203–214. DOI: 10.1016/B978-0-12-404738-9.00021-0
5. Pannitteri C., Continella A., Lo Cicero L., Gentile A., La Malfa S., Sperlinga E., Napoli E.M., Strano T., Ruberto G. Influence of postharvest treatments on qualitative and chemical parameters of Tarocco blood orange fruits to be used for fresh chilled juice. *Food Chemistry*, 2017, no. 230, pp. 441–447. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.03.041
6. 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, no. 132, 109105. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.109105
7. Akyildiz A., Mertoglu T.S., Agcam E. Kinetic study for ascorbic acid degradation, hydroxymethylfurfural and furfural formations in Orange juice. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2021, vol. 102, 103996. DOI: 10.1016/j.jfca.2021.103996
8. Mennah-Govela Ya.A., Bornhorst G.M. Fresh-Squeezed Orange Juice Properties Before and During In Vitro Digestion as Influenced by Orange Variety and Processing Method. *Journal of Food Science*, 2017, vol. 82, no. 10, pp. 2438–2447. DOI: 10.1111/1750-3841.13842
9. Vanamala Ja., Reddivari L., Yoo K.S., Pike L.M., Patil Bh. S. Variation in the content of bioactive flavonoids in different brands of orange and grapefruit juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2006, no. 19, pp. 157–166. DOI: 10.1016/j.jfca.2005.06.002
10. Stinco C.M., Baroni M.V., Naranjo R.D., Wunderlin D.A., Heredia F.J., Meléndez-Martínez A.J., Vicario I.M. Hydrophilic antioxidant compounds in orange juice from different fruit cultivars: Composition and antioxidant activity evaluated by chemical and cellular based (*Saccharomyces cerevisiae*) assays. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2015, no. 37, pp. 1–10. DOI: 10.1016/j.jfca.2014.09.006
11. Barrec, D., Gattuso G., Laganà G., Leuzzi U., Bellocco E. C- and O-glycosyl flavonoids in Sanguinello and Tarocco blood orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) juice: Identification and influence on antioxidant properties and acetylcholinesterase activity. *Food Chemistry*, 2016, no. 196, pp. 619–627. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.09.098
12. Zhang L., Ling W., Yan Zh., Liang Ya., Guo C., Ouyang Zh., Wang X., Kumaravel K., Ye Q., Zhong B., Zhang Ju. Effects of storage conditions and heat treatment on the hesperidin concentration in Newhall navel orange (*Citrus sinensis* Osbeck cv. Newhall) juice. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2020, no. 85, 103338. DOI: 10.1016/j.jfca.2019.103338
13. Stinco C.M., Fernández-Vázquez R., Hernanz D., Heredia F.J., Meléndez-Martínez A.J., Vicario I.M. Industrial orange juice debittering: Impact on bioactive compounds and nutritional value. *Journal of Food Engineering*, 2013, no. 116, pp. 155–161. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2012.11.009
14. Olas B. A review of in vitro studies of the anti-platelet potential of citrus fruit flavonoids. *Food and Chemical Toxicology*, 2021, no. 150, 112090. DOI: 10.1016/j.fct.2021.112090
15. Zeng X., Su W., Bai Ya., Chen T., Yan Z., Wang Ji., Su M., Zheng Yu., Peng W., Yao H. Urinary metabolite profiling of flavonoids in Chinese volunteers after consumption of orange juice by UFLC-Q-TOF-MS/MS. *Journal of Chromatography B*, 2017, pp. 79–88. DOI: 10.1016/j.jchromb.2017.07.015
16. Hou J., Liang L., Su M., Yang T., Mao X., Wang Yu. Variations in phenolic acids and antioxidant activity of navel orange at different growth stages. *Food Chemistry*, 2021, no. 360, 129980. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.129980
17. Klimczak I., Małeczka M., Szlachta M., Gliszczynska-Świągło A. Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2007, no. 20, pp. 313–322. DOI: 10.1016/j.jfca.2006.02.012
18. Mesquita E., Monteiro M. Simultaneous HPLC determination of flavonoids and phenolic acids profile in Pêra-Rio orange juice, *Food Research International*, 2018, no. 106, pp. 54–63. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.12.025
19. 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, vol.13 (2), pp. 52–57.
20. Etbach 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, no. 9, pp. 534–551. DOI: 10.3390/antiox9060534

21. Stinco C.M., Fernández-Vázquez R., Heredia F. J., Meléndez-Martínez A.J., Vicario I.M. Bioaccessibility, antioxidant activity and colour of carotenoids in ultrafrozen orange juices: Influence of thawing conditions. *LWT – Food Science and Technology*, 2013, no. 53, pp. 458–463. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.04.00
22. Nilova L.P., Malyutenkova S.M., Arsirii A.G., Mukhutdinov R.R. Research on carotenoids in orange juices and nectars. *XXI Century: Resumes of the Past and Challenges of the Present plus*, 2021, vol. 10, no. 2, pp 127–131. DOI: 10.46548/21vek-2021-1054-0024 (in Russ.)
23. 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, no. 265, pp. 39–48. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.05.072
24. Gama Ju. Ju T., de Syllos C.M. Effect of thermal pasteurization and concentration on carotenoid composition of Brazilian Valencia orange juice. *Food Chemistry*, 2007, no. 100, pp. 1686–1690. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.01.062
25. Zyuzina A.V., Makarova N.V. Determination of antioxidant activity of semi-finished products for the production of juices. *Beer and beverages*, 2011, no. 1, pp. 20–21. (in Russ.)
26. Rogozhin V.V., Rogozhina T.V. Workshop on biochemistry of agricultural production. *GIORD. St. Petersburg*, 2015, 480 pp. (in Russ.)
27. Zvaigzne G., Kārklina 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, vol. 71, no. 6, pp. 486–491. DOI: 10.1515/prolas-2017-0084
28. Pereira R.M.S., López B.G.C., Diniz S.N., Antunes A.A., Garcia D.M., Oliveira C.R., Marcucci M.C. Quantification of Flavonoids in Brazilian Orange Peels and Industrial Orange Juice Processing Wastes. *Agricultural Sciences*, 2017, no. 8, pp. 631–644. DOI: 10.4236/as.2017.8704
29. Chanson-Rolle A., Braesco V., Chupin Ju., Bouillot L. Nutritional Composition of Orange Juice: A Comparative Study between French Commercial and Home-Made Juices. *Food and Nutrition Sciences*, 2016, no. 7, pp. 252–261. DOI: 10.4236/fns.2016.74027
30. Zyuzina A.V., Makarova N.V. Development of orange juice formulations with targeted antioxidant action. *Beer and beverages*, 2011, no. 4, pp. 28–30. (in Russ.)
31. 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, no. 331, 127259. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127259
32. Miguel M.G., Duarte A., Nunes S., Sustelo V., Martins D., Dandlen S.A. Ascorbic acid and flavanone glycosides in citrus: Relationship with antioxidant Activity. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 2009, vol. 7 (2), pp. 222–227.

Liudmila P. Nilova, PhD of Engineering, associate Professor at the Graduate School of Service and Trade, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, nilova_l_p@mail.ru

Svetlana M. Malyutenkova, PhD of Engineering, associate Professor at the Graduate School of Service and Trade, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, malutesha66@mail.ru

Anastasiya G. Arsirii, Student at the Graduate School of Service and Trade, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, anastasiadracon2000@yandex.ru

Received June 16, 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Нилова, Л.П. Нутриенты апельсиновых соков и нектаров, роль в формировании антиоксидантных свойств / Л.П. Нилова, С.М. Малутенкова, А.Г. Арсирый // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2021. – Т. 9, № 3. – С. 72–80. DOI: 10.14529/food210308

FOR CITATION

Nilova L.P., Malyutenkova S.M., Arsirii A.G. Nutrients of Orange Juices and Nectars, Role in the Formation of Antioxidant Properties. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2021, vol. 9, no. 3, pp. 72–80. (in Russ.) DOI: 10.14529/ food210308