

КАРОТИНОИДЫ В РАСТИТЕЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ СИСТЕМАХ. ЧАСТЬ 2. ФРУКТОВЫЕ И ОВОЩНЫЕ СОКИ

Л.П. Нилова, nilova_l_p@mail.ru

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

Аннотация. В обзоре обобщена информация, опубликованная за последние годы, о содержании различных каротиноидов во фруктовых и овощных соках, влиянии традиционных и альтернативных способов производства на их качественный и количественный состав и биодоступность. В зависимости от содержания каротиноидов фруктовые соки можно выстроить в следующий ряд: абрикосовый > персиковый > апельсиновый > мандариновый > яблочный > грушевый. Самый сложный каротиноидный профиль имеет апельсиновый сок, в котором идентифицировано 30–42 каротиноида преимущественно ксантофиллов в связанном состоянии. Сок из красных апельсинов и грейпфрутовый отличается содержанием ликопина. Овощные соки, как правило, содержат каротиноидов на порядок больше, чем фруктовые. В каротиноидных профилях овощных соков – преимущественно томатном и морковном, преобладают каротины. В томатном соке – ликопин, в морковном – β - и α -каротины. В соке из оранжевых томатов преобладают фитоен и ζ -каротин. Технология производства соков изменяет не только количественный и качественный состав каротиноидов, но и их биодоступность. Пастеризация соков приводит к деградации каротиноидов, которая снижается при более низких температурах. Вместо пастеризации предлагают использовать омический нагрев, микроволновые и мембранные технологии, импульсные электрические поля, которые позволяют увеличить выход каротиноидов в сок из растительного сырья. Альтернативные технологии – обработка высоким давлением на стадии гомогенизации или прессования, ультразвуковая обработка, подводная ударная волна – оказывают разное влияние на выход каротиноидов в сок. Деградация в производстве соков сопровождается изомеризацией, переходом транс-форм в цис-формы и высвобождением каротиноидов в свободной форме, что приводит к повышению их биодоступности до 5 раз по сравнению со свежееотжатыми соками.

Ключевые слова: каротиноиды, соки, термическая обработка, альтернативные технологии, биодоступность

Для цитирования: Нилова Л.П. Каротиноиды в растительных пищевых системах. Часть 2. Фруктовые и овощные соки // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2022. Т. 10, № 2. С. 22–33. DOI: 10.14529/food220203

Original article
DOI: 10.14529/food220203

CAROTENOIDS IN PLANT FOOD SYSTEMS. PART 2. FRUIT AND VEGETABLE JUICES

L.P. Nilova, nilova_l_p@mail.ru

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia

Abstract. The review summarizes information published in recent years on the content of various carotenoids in fruit and vegetable juices, the impact of traditional and alternative production methods on their qualitative and quantitative composition, and bioavailability. Depending on the content of carotenoids, fruit juices can be ranked in the following order: apricot > peach > orange > tangerine > apple >

pear. Orange juice has the most complex carotenoid profile, in which 30–42 carotenoids, predominantly xanthophylls in the bound state, have been identified. Juice from red oranges and grapefruit differs in the content of lycopene. Vegetable juices usually contain an order of magnitude more carotenoids than fruit juices. In the carotenoid profiles of vegetable juices, mainly tomato and carrot juices, carotenes predominate. In tomato juice-lycopene, in carrot – β - and α -carotenes. The juice from orange tomatoes is dominated by phytoene and ζ -carotene. Juice production technology changes not only the quantitative and qualitative composition of carotenoids, but also their bioavailability. Pasteurization of juices results in degradation of carotenoids, which is reduced at lower temperatures. Instead of pasteurization, it is proposed to use ohmic heating, microwave and membrane technologies, and pulsed electric fields, which allow increasing the yield of carotenoids in juice from vegetable raw materials. Alternative technologies – high pressure treatment at the stage of homogenization or pressing, ultrasonic treatment, and underwater shock wave have different effects on the release of carotenoids into juice. Degradation in the production of juices is accompanied by isomerization, the transition of trans-forms to cis-forms and the release of carotenoids in a free form, which leads to an increase in their bioavailability up to 5 times compared to freshly squeezed juices.

Keywords: carotenoids, juices, heat treatment, alternative technologies, bioavailability

For citation: Nilova L.P. Carotenoids in plant food systems. Part 2. Fruit and vegetable juices. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2022, vol. 10, no. 2, pp. 22–33. (In Russ.) DOI: 10.14529/food220203

Введение

Соки прямого отжима и восстановленные являются существенным дополнением, зачастую альтернативой восполнения в диетах человека недостатка потребления свежих фруктов и овощей [1]. Высокие вкусовые качества и широкий спектр легкоусвояемых макро- и микронутриентов обуславливают их популярность и пользу для здоровья. Наиболее популярные соки: апельсиновый, яблочный, томатный, а также ряд других, содержат разнообразные каротиноиды, формирующие их окраску, обеспечивают их антиоксидантные свойства и провитаминную активность, обладающие большей биодоступностью, чем сырье, из которого они получены.

В последние годы расширились знания о составе каротиноидов и их биотрансформации при производстве соков. Установлены сведения о содержании в соках бесцветных каротиноидов – фитоена и фитофлуена с биодоступностью 97–100 %, польза для здоровья которых активно обсуждается мировым научным сообществом [2, 3]. Уточнены оптимальные режимы ведения процессов пастеризации соков, обеспечивающие максимальное сохранение каротиноидов и способствующие повышению их биодоступности. Предлагаются новые экологически безопасные технологии для устойчивого производства соков в качестве альтернативы традиционной стабилизации процессов в управлении термической обработкой. Предлагаемые технологические ре-

шения позволят удовлетворить растущий спрос потребителей на более здоровые и натуральные продукты.

Целью данного исследования стал аналитический обзор данных, опубликованных международным научным сообществом в последние десятилетия в области исследований каротиноидов растительных пищевых систем.

В качестве основных информационных линий были определены каротиноидные профили свежееотжатых фруктовых и овощных соков, биотрансформация каротиноидов в процессе их производства традиционными и альтернативными способами, факторы повышения биодоступности каротиноидов.

Каротиноидные профили фруктовых соков

Среди фруктовых соков количественным и качественным составом каротиноидов выделяются апельсиновые соки, содержащие их преимущественно в диапазоне 0,99–24,99 мг/л. В апельсиновых нектарах их количество меньше в 2–3 раза [4–10]. Апельсиновые соки имеют сложный состав каротиноидов. В них идентифицируют от 30 до 42 каротиноидов в той или иной форме [8, 11–14]. Каротиноиды апельсинового сока можно разделить на четыре группы: *эпоксикаротиноиды* (неоксантин, ауроксантин, цис-виолаксантин, цис-изомер лютеоксантина + ауроксантин, мута-токсантин и антераксантин), *дигидроксикаротиноиды* (лютеин и зеаксантин), *моногидроксикаротиноиды* (13цис- β -криптоксантин,

зеиноксантин, β -криптоксантин, цис-изомер β -криптоксантина) и каротины (13-цис- β -каротин, цис-изомеры ζ -каротина, α -каротин, β -каротин, ζ -каротин, 9-цис- β -каротин) [9, 13]. Суммарное количество свободных каротиноидов составляет лишь 25–35 % и колеблется в соке из оранжевых апельсинов в пределах 0,82–2,95 мг/л, из красных апельсинов – 2,08–4,06 мг/л [8]. В составе каротиноидов преобладают ксантофиллы в большей степени в связанном состоянии. Они могут быть этерифицированы лауриновой, миристиновой, пальмитиновой и стеариновой кислотами. Отношение суммы свободных каротиноидов к сумме моноэфиров и диэфиров по данным [8] составляет 0,82 и 1,67 соответственно, и среднее отношение общего количества сложных моноэфиров к общему количеству сложных диэфиров – 2,51. По данным [9] сумма каротиноидов этерифицированных жирными кислотами составляет 83,2 %, а на долю каротинов приходится около 6 %, в том числе α - и β -каротинов – по 1,9 %.

В составе ксантофиллов преобладают лютеин, β -криптоксантин, виолаксантин и зеаксантин (табл. 1). В свежем (необработанном) апельсиновом соке из апельсинов сорта Валенсия на долю лютеина приходится 23 %, β -криптоксантина – 21 %, зеаксантина – 20 %. Виолаксантин, ζ -каротин, β -каротин и α -каротин составляют 11; 10; 8 и 7 % соответственно от общего количества каротиноидов [4]. В соке из апельсинов «Navel» преобладал виолаксантин (66 %) преимущественно в цис-форме, затем антероксантин (12,5 %), β -криптоксантин (8,7 %), фитоен (4,8 %), фитофлуен (0,2 %), β -каротин не обнаружен [15]. По другим данным [13] в восстановленных апельсиновых соках преобладает β -криптоксантина (30 %), затем лютеин (12 %), зеаксантин (8 %), а на долю каротинов (β -, α -, ζ -каротины и их изомеры) приходится лишь от 2 до 6 %. По количественному содержанию каротины распределились следующим образом: ζ -каротин > β -каротин > α -каротин [4, 16]. Не исключение апельсиновый сок из апельсин Пиналат, в котором в отличие от сока из традиционных апельсинов в целом преобладают каротины, но среди них главенствующим является ζ -каротин (56,3 %) [16]. В этом соке количество фитоена и фитофлуента в 3–5 раз больше, чем в традиционных апельсиновых соках.

В отличие от сока из оранжевых апельсинов сок из красных апельсинов характеризуется более высоким в 2–3 раза содержанием суммы каротиноидов, в том числе β -каротина (до 2,13 мг/л) и присутствием ликопина (0,45–3,19 мг/л), который отсутствует в апельсиновых соках [8, 11, 15, 17]. В соке из красного грейпфрута ликопина еще больше – 13,7 мг/л, а β -каротина – 3,8 мг/л [18].

Мандариновые соки содержат сумму каротиноидов от 2,79 до 8,06 мг/л в зависимости от разновидностей и ботанических сортов, а из ортаников – 29,35 мг/л [8, 19]. В каротиноидных профилях идентифицировано 16 каротиноидов, среди которых, так же как и в апельсиновых соках, решающая роль принадлежит ксантофиллам, но в отличие от них большая часть β -криптоксантина этерифицирована лауриновой, миристиновой, пальмитиновой и каприновой жирными кислотами [8]. Среднее отношение общего количества свободных каротиноидов к сумме моноэфиров составило 0,17, что согласуется с тем фактом, что β -криптоксантин в основном этерифицирован, а не свободный (неэтерифицированный). Количество свободных каротиноидов находится в пределах 0,48–1,32 мг/л или составляет 8,6–17,2 % от общего количества. На долю β - и α -каротинов приходится 3,5–6,8 и 2,5–4,7 %, соответственно, а фитоена и фитофлуена – 11,9 и 7,2 % [8, 19].

В яблочных соках каротиноидов на порядок меньше, чем в апельсиновых соках, и составляет от 1,22 до 5,50 мг / л [14, 20]. 90–92,5 % каротиноидов представлены ксантофиллами, причем преимущественно в транс-формах. В составе ксантофиллов количественно преобладает виолаксантин, доля которого может достигать до 42 % от общего количества каротиноидов. Причем он в большей степени представлен в виде цис-формы (9-цис-виолаксантин – 0,142–1,34 мг/л). Из каротинов обнаружен только β -каротин в количестве 0,178–0,60 мг/л [14, 21]. Кроме β -каротина, из каротиноидов, обладающих провитаминой активностью, найден транс- β -криптоксантин в количестве 0,089–0,194 мг/л.

Содержание каротиноидов и каротиноидные профили яблочного сока сильно варьируют в зависимости от ботанического сорта яблок. Так, по данным Delpino-Rius [14] яблочные соки, выработанные из различных помологических сортов яблок, содержали сум-

Таблица 1

**Состав каротиноидов некоторых свежих (необработанных) фруктовых соков
[4, 5, 9, 12, 14, 15, 20–23]**

Каротиноиды, мг / л	Соки				Абрикосовый нектар
	апельсиновый	яблочный	грушевый	персиковый	
Фитоеен	0,36–0,57	–	0,018	0,399–1,191	1,7
Фитофлуен	0,015–0,09	–	–	0,177–0,478	0,75
β-каротин	н/о–0,90	0,178–0,60	0,131–0,168	1,65–3,08	4,5–16,25
α-каротин	н/о–0,86	–	–	–	0,10–0,38
ζ-каротин	1,2	–	н/о	0,196–1,10	–
Ликопин	–	–	–	–	0,25
Лютеин	1,10–2,78	0,149–0,304	0,378–0,387	0,499–0,839	0,06
β-криптоксантин	0,65–2,48	0,089–0,194	0,036–0,038	1,46–6,36	0,10–0,49
α-криптоксантин	–	0,078–0,113	–	–	–
Зеаксантин	0,29–2,37	–	0,03–0,049	0,435–1,055	0,144
Антераксантин	0,94–3,27	н/о–0,094	0,027–0,032	0,842–1,621	–
Виолаксантин	1,4–4,9	0,276–2,337	0,043–0,05	5,94–8,94	–
Зеиноксантин	0,37–0,61	–	–	–	–
Мутатоксантин	0,96–1,34	–	–	н/о	–
Лютеоксантин	0,51–0,76	0,486–0,668	0,042–0,045	1,587–2,523	–
Неоксантин	–	0,279–1,038	0,049–0,058	0,961–1,088	–
Неохром	–	0,176–0,300	0,046–0,053	н/о	–

марное количество каротиноидов от 1,86 до 5,52 мг/л, выстроив ряд в зависимости от сортов: «Granny Smith» < «Red Delicious» < «Pink Lady» < «Royal Gala» < «Fuji» < «Golden Delicious». Сок из яблок «Granny Smith», хотя и отличался самым низким содержанием каротиноидов, но имел самую высокую концентрацию лютеина (0,486 мг/л). Сок из яблок «Golden Delicious» содержал наибольшее количество β-каротина – 0,416 мг/л, тогда как в соках из других сортов его количество колебалось от 0,145 до 0,226 мг/л. У этого же сорта также наблюдалась самая высокая концентрация (0,193 мг/л) β-криптоксантина. Сок из яблок «Golden Delicious», «Fuji» и «Royal Gala» содержали самые высокие количества виолаксантина, тогда как самые высокие концентрации неоксантина были обнаружены в соках из сортов яблок «Golden Delicious» и «Fuji».

Исследования каротиноидного профиля грушевого сока немногочисленны [14]. Сумма каротиноидов в свежееотжатых грушевых со-

ках может составлять 0,82 и 0,86 мг/л, соответственно для соков из груш сортов «Conference» и «Blanquilla» (табл. 1). В коммерческих соках из этих же сортов груш сумма каротиноидов уменьшилась в 2,3 и 3,9 раза и составляла 0,35 и 0,22 мг/л, что связано с термической обработкой. Но независимо от сорта груш, из которых выработан сок, свежееотжатых или коммерческих, основным каротиноидом является транс-лютеин – 39,5–48,0 %, а затем β-каротин с долей 13,2–19,5 %. В грушевом соке идентифицированные гидроксикаротиноиды и каротины были одинаковыми в свежееотжатом и коммерческом соке. Для идентификации соков из разных сортов «Conference» и «Blanquilla» авторы [14] предлагают использовать соотношение между транс-лютеином и транс-зеаксантином. Это соотношение было выше у соков из груш «Blanquilla», чем у сорта «Conference» как в свежееотжатых, так и в коммерческих соках.

Персиковый сок-пюре по количеству каротиноидов может конкурировать с апельси-

новым соком. В зависимости от сорта персиков, используемых для выработки сока, количество каротиноидов может составлять 28,27 и 14,15 мг/л, соответственно для сортов «Miraflores» и «Spring Lady» [14]. В коммерческих соках из этих же сортов персиков их количество меньше в 1,7 и 1,5 раз и составляет 16,86 и 9,47 мг/л, соответственно. В составе каротиноидов преобладают ксантофиллы, из которых больше всего транс- β -криптоксантина с долей 10,3–22,5 % [14, 22]. Каротины представлены β - и ζ -каротинами, на долю которых приходится 10,9–11,7 % и 1,4–3,9 %, соответственно (см. табл. 1). Идентифицированы фитоен и фитофлуен, количество которых в коммерческих соках меньше, чем свежееотжатых соках.

Различия между каротиноидными профилями свежееотжатых и коммерческих персиковых соков по мнению Delpino-Rius [14] могут быть связаны со временем обработки и температурой пастеризации, которые усиливают изомеризацию 5,6- в 5,8-эпоксиды в присутствии кислой среды. Содержание изомеров виолаксантина было выше в свежееотжатых соках, а эпимеров ауроксантина (полученных из изомеров виолаксантина) – в коммерческих соках. Изомеры неоксантина и антраксантиновые перегруппировки способствуют присутствию неохромных эпимеров и мутатоксантиновых эпимеров.

Источником β -каротина из фруктовых соков может стать абрикосовый сок, хотя он чаще всего реализуется в виде нектаров. В них содержится каротиноидов около 20 мг/л с преобладанием β -каротина (97,3 %) в каротиноидном профиле. Остальные каротиноиды представлены α -каротином (2,3 %), а на долю β -криптоксантина, зеаксантина и лютеина приходится 0,4 % [2, 23].

Для повышения содержания каротиноидов в соковой продукции производят смешанные соки и нектары, используя не только соки, но также пюре или экстракты из фруктов с высоким содержанием каротиноидов [24]. Например, сок из манго содержит сумму каротиноидов – 8,2 мг/л [25]. Более полно изучен каротиноидный профиль пюре из мякоти манго с суммой общих каротиноидов – 1446 мкг/100 г СВ. Каротиноидный профиль включает, мкг/100 г СВ: β -каротин – 361–486 (транс- β -каротин – 78 %, 13-цис- β -каротин – 13,4 %, 9-цис- β -каротин – 8,7 %), виолаксантин – 397, β -криптоксантин – 272, фитоена –

123 [26–28]. Возможно использовать экстракты из хурмы, в каротиноидах которых доля β -криптоксантина и β -каротина составляет 49,2 и 13,2 %, соответственно [29].

Каротиноидные профили овощных соков

Среди овощных соков лидирующие позиции на потребительском рынке занимает томатный сок благодаря содержанию ликопина с доказанными антиоксидантными свойствами и способностью настраивать межклеточные коммуникации метаболических и иммунных путей [30]. Суммарное содержание каротиноидов в свежееотжатом томатном соке варьирует в пределах 7,17–14,1 мг/100 г [2, 31–37], а в восстановленных соках их количество больше в 1,6–2,7 раза [34, 35, 38].

В каротиноидном профиле найдено 16 каротиноидных соединений в различных формах, среди которых лидирует ликопин (табл. 2) с основными изомерами: транс-ликопин (64,88 %), 9-цис-ликопин (13,36 %), 5-цис-ликопин (12,97 %) [35, 39]. Опубликованные данные по содержанию ликопина в томатных соках свежееотжатых и восстановленных противоречивы, что связано как с влиянием внешних и внутренних факторов, так и использованных методов исследований [34, 35, 38]. Так, по данным [38] в томатных соках прямого отжима ликопина содержится от 3,8 до 8,2 мг / 100 г, а в восстановленных – 10,5–14,1 мг/100 г. По данным [35], наоборот, в свежееотжатых соках ликопина содержится 12,17 мг/100 г, а в восстановленных – 7,17–9,61 мг/100 г. Но в любом случае ликопин доминирует среди всех каротиноидов. Каротины с активностью провитамина А представлены β -каротином с основными изомерами: транс-каротин (67,2 %), 15-цис-каротин (17,1 %), 13-цис-каротин (4,15 %) и 9-цис-каротин (8,6 %) [35]. Вклад ксантофиллов в профиль каротиноидов по сравнению с каротинами незначителен. Их суммарное количество максимально может достигнуть 5,55 мг/100 г и быть представлено лютеином, зеаксантином, β -криптоксантином, виолаксантином и неоксантином. Доля бесцветных каротиноидов – фитоена и фитофлуена может быть больше, чем ксантофиллов. По данным [31, 32, 40] на их долю в каротиноидном профиле приходится около 26 %.

Томатный сок могут производить из оранжевых томатов, но низкое количество пигментов красного цвета изменяет каротиноидный

Таблица 2
Состав каротиноидов некоторых свежих (необработанных) овощных соков [2, 30–36, 40, 41, 42]

Каротиноиды, мг / 100 мл	Соки		
	томатный	из оранжевых томатов	морковный
Фитоеен	1,63–2,24	7,04	0,25–1,31
Фитофлуен	0,02–1,15	2,55	0,59–2,19
β-каротин	н/о–0,25	н/о	3,77–26,49
α-каротин	0,02	–	1,7–23,08
ζ-каротин	–	5,77	н/о–3,43
δ-каротин	–	–	н/о–0,08
Ликопин	0,99–12,17	2,19	0,04
Лютеин	н/о–0,069	н/о	н/о–0,78
Лютеин + зеаксантин	0,04	–	0,09
β-криптоксантин	н/о–0,12	–	н/о
Виолаксантин	н/о–3,29	–	–
Неоксантин	н/о–2,03	–	–

профиль, хотя это не означает снижение суммы каротиноидов. Так, по данным [37] в соке из оранжевых томатов общее содержание каротиноидов выше в 2 раза, чем в традиционном соке из красных томатов (см. табл. 2), и составляет 18,72 мг/100 г. Основными каротиноидами являются: фитоеен (37,6 %), ζ-каротин (30,8 %), фитофлуен (13,6 %). Количество ликопинов составляет только 11,7 % от общего количества каротиноидов в соке. В отличие от традиционного томатного сока сок из оранжевых томатов вместо транс-ликопина содержит цис-ликопины, доля которых составляет 93,6 % от общего количества ликопина. Преобладающей фракцией ликопина является тетра-цис-ликопин (61,2 %).

Морковный сок можно рассматривать как источник каротиноидов с провитаминной активностью витамина А. При общем содержании каротиноидов от 4,34 до 57,3 мг / 100 г, доля каротинов может составлять 94,8 % [2, 31, 32, 41, 42]. Но каротины представлены не только суммами β-каротинов (50–70 %) и α-каротинов (27,6–43,5 %), обладающих провитаминной активностью, но и суммой ζ-каротинов (1,5–6,5 %) в виде четырех изомеров [40, 41]. В работе [42] в составе каротинов идентифицирован δ-каротин, но его количество незначительно и составляет 0,082 мг/100 мл. По данным [41] основными изомерами

β-каротина являются: транс-β-каротин – 26,0 мг/100 г, 9-цис-β-каротин – 0,44 мг/100 г; α-каротин – транс-α-каротин – 22,54 мг/100 г; цис-α-каротин изомер – 0,54 мг/100 г. В результате содержание провитамина А в свежесжатом морковном соке было 3169 мкг RAE/100 мл, что намного выше, чем у апельсинового сока.

Помимо каротиноидов с провитаминной активностью витамина А, в морковном соке довольно высока концентрация фитоеена и фитофлуена (табл. 2), в составе последнего идентифицировано 3 изомера [2, 31, 32, 41, 42]. Содержание ксантофиллов незначительно, например транс-лютеина 0,78 мг/100 г или 1,4 % от общей суммы каротиноидов [41]. По данным исследований Российского союза производителей соков [43] в коммерческих морковных соках, реализуемых в России, содержание β-каротина составило от 5,7 до 12,5 мг в 100 г продукта.

Перспективным источником каротиноидов может стать тыквенный сок, в котором идентифицированы: антероксантин > β-каротин > виолаксантин > неоксантин > лютеин [44]. Но извлечение каротиноидов из тыквы в пюре и сок затруднено, составляет только 54–60 %, поэтому требует использования специальных технологий.

Продолжение в следующем номере

Список литературы

1. Тутельян В.А. Здоровое питание для общественного здоровья // Общественное здоровье. 2021. Т. 1, № 1. С. 56–64. DOI: 10.21045/2782-1676-2021-1-1-56-64
2. Bioaccessibility of phytoene and phytofluene is superior to other carotenoids from selected fruit and vegetable juices / P. Mapelli-Brahm, Jo. Corte-Real, A.J. Meléndez-Martínez, T. Bohn // Food Chemistry. 2017. № 229. P. 304–311. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.02.074
3. Mapelli-Brahm P., Meléndez-Martínez A.J. The colourless carotenoids phytoene and phytofluene: sources, consumption, bioavailability and health effects // Current Opinion in Food Science. 2021. № 41. P. 201–209. DOI: 10.1016/j.cofs.2021.04.013
4. Gama J.J.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. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.01.062
5. Bioaccessibility, antioxidant activity and colour of carotenoids in ultrafrozen orange juices: Influence of thawing conditions / C.M. Stinco, R. Fernández-Vázquez, F.J. Heredia et al. // LWT – Food Science and Technology. 2013. № 53. P. 458–463. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.04.003
6. Effect of thermal processing on carotenoids of some orange juices / H. Bozkir, O. Kola, H. Duran et al. // Journal of Food, Agriculture & Environment. 2015. V. 13 (2). P. 52–57.
7. Иванова Н.Н., Хомич Л.М., Перова И.Б. Нутриентный профиль апельсинового сока // Вопросы питания. 2017. Т. 86, № 6. С. 103–113. DOI: 10.24411/0042-8833-2017-00012
8. Free carotenoids and carotenoids esters composition in Spanish orange and mandarin juices from diverse varieties / D. Giuffrida, F. Cacciola, P. Mapelli-Brahm et al. // Food Chemistry. 2019. № 300. P. 125–139. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125139
9. Impact of Dierent Pasteurization Techniques and Subsequent Ultrasonication on the In Vitro Bioaccessibility of Carotenoids in Valencia Orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) Juice / L. Eitzbach, R. Stolle, K. Anheuser et al. // Antioxidants. 2020. № 9. P. 534–551. DOI: 10.3390/antiox9060534
10. 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
11. 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
12. 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 et al. // Food Chemistry. 2020. № 331. 127259. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127259
13. Colour and carotenoid changes of pasteurised orange juice during storage / Sch. Wibowo, L. Vervoort, Jo. Tomic et al. // Food Chemistry. 2015. № 171. P. 330–340. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.09.007
14. Ultra performance liquid chromatography analysis to study the changes in the carotenoid profile of commercial monovarietal fruit juices / A. Delpino-Rius, J. Eras, A. Marsol-Vall et al. // Journal of Chromatography A. 2014. № 1331. P. 90–99. DOI: 10.1016/j.chroma.2014.01.044
15. 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 et al. // Food Research International. 2020. № 132. 109105. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109105>
16. Impact of thermal treatments on the bioaccessibility of phytoene and phytofluene in relation to changes in the microstructure and size of orange juice particles / P. Mapelli-Brahma, C.M. Stinco, M.J. Rodrigo et al. // Journal of Functional Foods. 2018. № 46. P. 38–47. DOI: 10.1016/j.jff.2018.04.044
17. Lee H.S. Characterization of Carotenoids in Juice of Red Navel Orange (Cara Cara) // Agric. Food Chem. 2001. V. 49. № 5. P. 2563–2568. DOI: 10.1021/jf001313g
18. Pasteurization of citrus juices with ohmic heating to preserve the carotenoid profile / N. Achir, C. Dhuique-Mayer, Th. Hadjal et al. // Innovative Food Science and Emerging Technologies. 2016. № 33. P. 397–404. DOI: 10.1016/j.ifset.2015.11.002

19. High-pressure homogenization as compared to pasteurization as a sustainable approach to obtain mandarin juices with improved bioaccessibility of carotenoids and flavonoids / E. Sentandreu, C.M. Stinco, I.M. Vicario et al. // *Journal of Cleaner Production*. 2020. № 262. 121325. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.121325
20. Sonication enhances polyphenolic compounds, sugars, carotenoids and mineral elements of apple juice / M. Abid, S. Jabbar, T. Wu et al. // *Ultrasonics Sonochemistry*. 2014. № 21. P. 93–97. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2013.06.002
21. Иванова Н.Н., Хомич Л.М., Перова И.Б. Нутриентный профиль яблочного сока // *Вопросы питания*. 2017. Т. 86. № 4. С. 125–136. DOI: 10.24411/0042-8833-2017-00068
22. Хомич Л.М., Перова И.В., Эллер К.И. Нутриентный профиль персикового сока-пюре // *Вопросы питания*. 2019. Т. 88. № 6. С. 100–109. DOI: 10.24411/0042-8833-2019-10070
23. Comparative study of enzymes, phenolics, carotenoids and color of apricot nectars treated by high hydrostatic pressure and high temperature short time / W. Huang, X. Bi, X. Zhang et al. // *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2013. № 18. P. 74–82. DOI: 10.1016/j.ifset.2013.01.001
24. Нилова Л.П., Потороко И.Ю. Каротиноиды в растительных пищевых системах // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии»*. 2021. Т. 9, № 4. С. 54–69. DOI: 10.14529/food210407
25. Santhirasegaram V., Razali Z., Somasundram Ch. Effects of thermal treatment and sonication on quality attributes of Chokanan mango (*Mangifera indica* L.) juice // *Ultrasonics Sonochemistry*. 2013. № 20. P. 1276–1282. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2013.02.005
26. Effects of thermal processing and fruit matrix on β -carotene stability and enzyme inactivation during transformation of mangoes into purée and nectar / A. L. Vásquez-Caicedo, S. Schilling, R. Carle, S. Neidhart // *Food Chemistry*. 2007. № 102. P. 1172–1186. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.07.005
27. Biological Active Ecuadorian Mango ‘Tommy Atkins’ Ingredients – An Opportunity to Reduce Agrowaste / J. Ruales, N. Baenas, D.A. Moreno et al. // *Nutrients*. 2018. № 10. P. 1138–1151. DOI: 10.3390/nu10091138
28. Effect of the thermal state during Manila mango processing by mild flash vacuum-expansion on carotenoids and enzymatic activity / U.R. Marin-Castro, P. Dominique, M.A. García-Alvarado et al. // *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2022. № 75. 102900. DOI: 10.1016/j.ifset.2021.102900
29. Carotenoids from persimmon juice processing / S. Gea-Botella, L. Agulló, N. Martí et al. // *Food Research International*. 2021. № 141. 109882. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.109882
30. Beneficial effects and potential risks of tomato consumption for human health: An overview / B. Salehi, R. Sharifi-Rad, F. Sharopov et al. // *Nutrition*. 2019. № 62. P. 201–208. DOI: 10.1016/j.nut.2019.01.012
31. Whey- and Soy Protein Isolates Added to a Carrot-Tomato Juice Alter Carotenoid Bioavailability in Healthy Adults / M. Iddir, D. Pittois, C. Guignard et al. // *Antioxidants*. 2021. № 10. P.1748. DOI: 10.3390/antiox10111748
32. Impact of Protein-Enriched Plant Food Items on the Bioaccessibility and Cellular Uptake of Carotenoids / M. Iddir, J.F.P. Yaruro, E. Cocco et al. // *Antioxidants*. 2021. № 10. 1005. DOI: 10.3390/antiox10071005
33. Роль томатов и продуктов из них в здоровом питании человека / Е.В. Ших, Е.В. Елизарова, А.А. Махова, Т.В. Брагина // *Вопросы питания*. 2021. Т. 90, № 4. С. 129–137. DOI: 10.33029/0042-8833-2021-90-4-129-137
34. Nutritional characterisation of commercial traditional pasteurised tomato juices: carotenoids, vitamin C and radical-scavenging capacity / C. Sarnchez-Moreno, L. Plaza, B. de Ancos, M. P. Cano // *Food Chemistry*. 2006. № 98. P. 749–756. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.07.015
35. Lin C.H., Chen B.H. Determination of carotenoids in tomato juice by liquid Chromatography // *Journal of Chromatography A*. 2003. № 1012. P. 103–109. DOI: 10.1016/S0021-9673(03)01138-5

36. Assessment of Food Sources and the Intake of the Colourless Carotenoids Phytoene and Phytofluene in Spain / B. Olmedilla-Alonso, A.M. Benítez-González, R. Estévez-Santiago et al. // *Nutrients*. 2021. № 13. P. 4436. DOI: 10.3390/nu13124436
37. Cooperstone J.L., Francis D.M., Schwartz S.J. Thermal processing differentially affects lycopene and other carotenoids in cis-lycopene containing, tangerine tomatoes // *Food Chemistry*. 2016. № 210. P. 466–472. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.04.078
38. Иванова Н.Н., Хомич Л.М., Бекетова Н.А. Нутриентный профиль томатного сока // *Вопросы питания*. 2018. Т. 87, № 2. С. 53–64. DOI: 10.24411/0042-8833-2018-10019
39. High pressure homogenization versus ultrasound treatment of tomato juice: Effects on stability and in vitro bioaccessibility of carotenoids / W. Zhang, Yi. Yu, F. Xie et al. // *LWT – Food Science and Technology*. 2019. № 116. 108597. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.108597
40. Stinco C.M., Meléndez-Martínez A.J. Assessment of Food Sources and the Intake of the Colourless Carotenoids Phytoene and Phytofluene in Spain // *Nutrients*. 2021. № 13. P. 4436. DOI: 10.3390/nu13124436
41. Effect of high-pressure processing on carotenoids profile, colour, microbial and enzymatic stability of cloudy carrot juice / C.M. Stinco, J. Szczepańska, K. Marszałek et al. // *Food Chemistry*. 2019. № 299. 125112. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125112
42. High pressure homogenization with a cooling circulating system: The effect on physiochemical and rheological properties, enzymes, and carotenoid profile of carrot juice / J. Szczepańska, S. Skapska, M. Połaska, K. Marszałek // *Food Chemistry*. 2022. № 370. 131023. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.131023
43. Хомич Л.М., Перова И.В., Эллер К.И. Нутриентный профиль морковного сока / Л.М. Хомич // *Вопросы питания*. 2020. Т. 89. № 1. С. 86–95. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10010
44. Impact of processing on the production of a carotenoid-rich *Cucurbita maxima* cv. Hokkaido pumpkin juice / Sh. Atencio, S.H.E. Verkempinck, T. Bernaerts et al. // *Food Chemistry*. 2022. № 380. 132191. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.132191

References

1. Tutelyan V.A. Healthy eating for public health. *Obshchestvennoe zdorov'e* [Public health], 2021, vol. 1, no 1, pp. 56–64. (In Russ.) DOI: 10.21045/2782-1676-2021-1-1-56-64
2. 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, no. 229, pp. 304–311. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.02.074
3. Mapelli-Brahm P., Meléndez-Martínez A.J. The colourless carotenoids phytoene and phytofluene: sources, consumption, bioavailability and health effects. *Current Opinion in Food Science*, 2021, no. 41, pp. 201–209. DOI: 10.1016/j.cofs.2021.04.013
4. Gama J.J.T., de Sylos 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
5. 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.2013.04.003
6. 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.
7. Ivanova N.N., Khomich L.M., Perov I.B. Nutrient profile of orange juice. *Voprosy pitaniya*, 2017, vol. 86, no. 6, pp. 103–113. (In Russ.) DOI: 10.24411/0042-8833-2017-00012
8. Giuffrida D., Cacciola F., Mapelli-Brahm P., Stinco C.M., Dugo P., Oteri M., Mondello L., Melendez-Martinez A.J. Free carotenoids and carotenoids esters composition in Spanish orange and mandarin juices from diverse varieties. *Food Chemistry*, 2019, no. 300, pp. 125–139. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125139

9. Eitzbach 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
10. Nilova L.P., Malyutenkova S.M., Arsyriy A.G., Mukhutdinov R.R. Study of carotenoids in orange juices and nectars. *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus* [XXI Century: Resumes of the Past and Challenges of the Present plus], 2021, vol. 10, no. 2, pp. 127–131. (In Russ.) DOI: 10.46548/21vek-2021-1054-0024
11. 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
12. Stinco C.M., Sentandreu E., Mapelli-Brahm P., Navarro J.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
13. Wibowo Sch., Vervoort L., Tomic Jo., Santiago Ji.S., Lemmens L., Panozzo A., Grauwet T., Hendrickx M., Loey A.V. Colour and carotenoid changes of pasteurised orange juice during storage, *Food Chemistry*, 2015, no. 171, pp. 330–340. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.09.007
14. Delpino-Rius A., Eras J., Marsol-Vall A., Vilaró F., Balcells M., Canela-Garayoa R. Ultra performance liquid chromatography analysis to study the changes in the carotenoid profile of commercial monovarietal fruit juices. *Journal of Chromatography A*, 2014, no. 1331, pp. 90–99. DOI: 10.1016/j.chroma.2014.01.044
15. 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
16. Mapelli-Brahma P., Stinco C.M., Rodrigo M.J., Zacarías L., Meléndez-Martínez A.J. Impact of thermal treatments on the bioaccessibility of phytoene and phytofluene in relation to changes in the microstructure and size of orange juice particles. *Journal of Functional Foods*, 2018, no. 46, pp. 38–47. DOI: 10.1016/j.jff.2018.04.044
17. Lee H.S. Characterization of Carotenoids in Juice of Red Navel Orange (Cara Cara). *Agric. Food Chem.*, 2001, vol. 49, no. 5, pp. 2563–2568. DOI: 10.1021/jf001313g
18. Achir N., Dhuique-Mayer C., Hadjal Th., Madani Kh., Pain Je.-P., Dornier M. Pasteurization of citrus juices with ohmic heating to preserve the carotenoid profile. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2016, no. 33, pp. 397–404. DOI: 10.1016/j.ifset.2015.11.002
19. Sentandreu E., Stinco C.M., Vicario I.M., Mapelli-Brahm P., Navarro Jo.L., Meléndez-Martínez A.J. High-pressure homogenization as compared to pasteurization as a sustainable approach to obtain mandarin juices with improved bioaccessibility of carotenoids and flavonoids. *Journal of Cleaner Production*, 2020, no. 262, 121325. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.121325
20. Abid M., Jabbar S., Wu T., Hashim M.M., Hu B., Lei Sh., Zeng X. Sonication enhances polyphenolic compounds, sugars, carotenoids and mineral elements of apple juice. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2014, no. 21, pp. 93–97. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2013.06.002
21. Ivanova N.N., Khomich L.M., Perova I.B. Nutrient profile of apple juice. *Voprosy pitaniya*, 2017, vol. 86, no. 4, pp. 125–136. (In Russ.) DOI: 10.24411/0042-8833-2017-00068
22. Khomich L.M., Perova I.B., Eller K.I. Nutrient profile of peach juice puree. *Voprosy pitaniya*, 2019, vol. 88, no. 6, pp.100–109. (In Russ.) DOI: 10.24411/0042-8833-2019-10070
23. Huang W., Bi X., Zhang X., Liao X., Hu X., Wu J. Comparative study of enzymes, phenolics, carotenoids and color of apricot nectars treated by high hydrostatic pressure and high temperature short time. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2013, no. 18, pp. 74–82. DOI: 10.1016/j.ifset.2013.01.001
24. Nilova L.P., Potoroko I.Yu. Carotenoids in Plant Food Systems. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2021, vol. 9, no. 4, pp. 54–69. (In Russ.) DOI: 10.14529/food210407

25. Santhirasegaram V., Razali Z., Somasundram Ch. Effects of thermal treatment and sonication on quality attributes of Chokanan mango (*Mangifera indica* L.) juice. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2013, no. 20, pp. 1276–1282. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2013.02.005
26. Vásquez-Caicedo A.L., Schilling S., Carle R., Neidhart S. Effects of thermal processing and fruit matrix on β -carotene stability and enzyme inactivation during transformation of mangoes into purée and nectar. *Food Chemistry*, 2007, no. 102, pp. 1172–1186. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.07.005
27. Ruales J., Baenas N., Moreno D.A., Stinco C.M., Meléndez-Martínez A.J., García-Ruiz A. Biological Active Ecuadorian Mango ‘Tommy Atkins’ Ingredients – An Opportunity to Reduce Agrowaste. *Nutrients*, 2018, no. 10, pp. 1138–1151. DOI: 10.3390/nu10091138
28. Marin-Castro U.R., Dominique P., García-Alvarado M.A., Vargas-Ortiz M.A., Salgado-Cervantes M.A., Servent A. Effect of the thermal state during Manila mango processing by mild flash vacuum-expansion on carotenoids and enzymatic activity. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2022, no. 75, 102900. DOI: 10.1016/j.ifset.2021.102900
29. Gea-Botella S., Agulló L., Martí N., Martínez-Madrid M.C., Lizama V., Martín-Bermudo F., Berná G., Saura D., Valero M. Carotenoids from persimmon juice processing. *Food Research International*, 2021, no. 141, 109882. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.109882
30. Salehi B., Sharifi-Rad R., Sharopov F., Namiesnik J., Roointan A., Kamle M., Kumar P., Martins N., Sharifi-Rad J. Beneficial effects and potential risks of tomato consumption for human health: An overview. *Nutrition*, 2019, no. 62, pp. 201–208. DOI: 10.1016/j.nut.2019.01.012
31. Iddir M., Pittois D., Guignard C., Weber B., Gantenbein M., Larondelle Y., Bohn T. Whey- and Soy Protein Isolates Added to a Carrot-Tomato Juice Alter Carotenoid Bioavailability in Healthy Adults. *Antioxidants*, 2021, no. 10, pp. 1748. DOI: 10.3390/antiox10111748
32. Iddir M., Yaruro J.F.P., Cocco E., Hardy E.M., Appenzeller B.M.R., Guignard C., Larondelle Y., Bohn T. Impact of Protein-Enriched Plant Food Items on the Bioaccessibility and Cellular Uptake of Carotenoids. *Antioxidants*, 2021, no. 10, 1005. DOI: 10.3390/antiox10071005
33. Shikh E.V., Elizarova E.V., Makhova A.A., Bragina T.V. The role of tomatoes and products from them in healthy human. *Voprosy pitaniya*, 2021, vol. 90, no. 4, pp. 129–137. (In Russ.) DOI: 10.33029/0042-8833-2021-90-4-129-137
34. Sarnchez-Moreno C., Plaza L., de Ancos B., Cano M.P. Nutritional characterisation of commercial traditional pasteurised tomato juices: carotenoids, vitamin C and radical-scavenging capacity. *Food Chemistry*, 2006, no. 98, pp. 749–756. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.07.015
35. Lin C.H., Chen B.H. Determination of carotenoids in tomato juice by liquid Chromatography. *Journal of Chromatography A*, 2003, no. 1012, pp. 103–109. DOI: 10.1016/S0021-9673(03)01138-5
36. Olmedilla-Alonso B., Benítez-González A.M., Estévez-Santiago R., Mapelli-Brahm P., Stinco C.M., Meléndez-Martínez A.J. Assessment of Food Sources and the Intake of the Colourless Carotenoids Phytoene and Phytofluene in Spain. *Nutrients*, 2021, no. 13, pp. 4436. DOI: 10.3390/nu13124436
37. Cooperstone J.L., Francis D.M., Schwartz S.J. Thermal processing differentially affects lycopene and other carotenoids in cis-lycopene containing, tangerine tomatoes. *Food Chemistry*, 2016, no. 210, pp. 466–472. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.04.078
38. Ivanova N.N., Khomich L.M., Beketova N.A. Nutrient profile of tomato juice. *Voprosy pitaniya*, 2018, vol. 87, no. 2, pp. 53–64. (In Russ.) DOI: 10.24411/0042-8833-2018-10019
39. Zhang W., Zhang W., Yu Yi., Xie F., Gu X., Wu Ji., Wang Zh. High pressure homogenization versus ultrasound treatment of tomato juice: Effects on stability and in vitro bioaccessibility of carotenoids. *LWT – Food Science and Technology*, 2019, no. 116, 108597. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.108597
40. Stinco C.M., Meléndez-Martínez A.J. Assessment of Food Sources and the Intake of the Colourless Carotenoids Phytoene and Phytofluene in Spain. *Nutrients*, 2021, no. 13, pp. 4436. DOI: 10.3390/nu13124436
41. Stinco C.M., Szczepańska J., Marszałek K., Pinto C.A., Inacio R.S., Mapelli-Brahm P., Barba F.J., Lorenzo J.M., Saraiva J.A., Melendez-Martinez A.J. Effect of high-pressure processing on carotenoids profile, colour, microbial and enzymatic stability of cloudy carrot juice. *Food Chemistry*, 2019, no. 299, 125112. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125112

42. Szczepńska J., Skapska S., Połaska M., Marszałek K. High pressure homogenization with a cooling circulating system: The effect on physiochemical and rheological properties, enzymes, and carotenoid profile of carrot juice. *Food Chemistry*, 2022, no. 370, 131023. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.131023

43. Khomich L.M., Perova I.B., Eller K.I. Nutrient profile of carrot juice. *Voprosy pitaniya*, 2020, vol. 89, no. 1, pp. 86–95. (In Russ.) DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10010

44. Atencio Sh., Verkempinck S.H.E., Bernaerts T., Reineke K., Hendrickx M., Loey A.V. Impact of processing on the production of a carotenoid-rich *Cucurbita maxima* cv. Hokkaido pumpkin juice. *Food Chemistry*, 2022, no. 380, 132191. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.132191

Информация об авторе

Нилова Людмила Павловна, кандидат технических наук, доцент, доцент Высшей школы сервиса и торговли, Института промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия, nilova_l_p@mail.ru

Information about the author

Lyudmila P. Nilova, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor of the Higher school of service and trade, Institute of Industrial Management, economics and trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia, nilova_l_p@mail.ru

Статья поступила в редакцию 10.01.2022

The article was submitted 10.01.2022