

УДК 635.62:664.8.047

DOI: 10.46548/21vek-2021-1055-0024

**ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ СУШКИ НА СОДЕРЖАНИЕ КАРОТИНОИДОВ  
В ТЫКВЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТАХ**

©2021

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

доцент 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)*

**Аннотация.** В настоящее время все больше потребителей осознают важность питания и проявляют потенциальный интерес к пищевым продуктам с пользой для здоровья. Значительно увеличился интерес к сырью растительного происхождения с высоким содержанием каротиноидов, одновременно обладающих активностью провитамина А и антиоксидантными свойствами. Плоды тыквы и продукты их переработки являются источниками каротиноидов, которые придают им красивую оранжевую окраску и формируют их антиоксидантные свойства. Сушеные тыквенные полуфабрикаты могут использоваться как ингредиенты многокомпонентных сухих завтраков и зерновых батончиков. В работе представлены результаты исследований суммарного количества каротиноидов,  $\beta$ -каротина и ликопина в тыкве сортов «Баттернат» и «Волжская серая» и в тыквенных полуфабрикатах, высушенных при разных температурных режимах. Экспериментально установлено, что для производства сушеных полуфабрикатов из тыквы целесообразно использовать сушку при температуре + 60°C, что сокращает ее продолжительность и деградацию каротиноидов под действием кислорода воздуха по сравнению с сушкой при температуре + 40°C. В результате потери суммы каротиноидов не превышают 19%,  $\beta$ -каротина и ликопина – 20%. Сушеные полуфабрикаты из тыквы сортов «Баттернат» и «Волжская серая» содержат, мг / 100 г: сумму каротиноидов 18,52 и 33,15;  $\beta$ -каротина – 11,42 и 23,0; ликопина – 0,63 и 1,45, соответственно.

**Ключевые слова:** тыква, сушка, сушеный тыквенный полуфабрикат, каротиноиды,  $\beta$ -каротин, ликопин.

**INFLUENCE OF DRYING REGIMES ON THE CONTENT OF CAROTENOIDS IN PUMPKIN  
SEMI-FINISHED PRODUCTS**

©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

*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University**(194021, Russia, Saint-Petersburg, Polytechnic Street, 29, e-mails: nilova\_l\_p@mail.ru, malutesha66@mail.ru)*

**Abstract.** More and more consumers are now realizing the importance of nutrition and are showing potential interest in foods with health benefits. There has been a significant increase in interest in raw materials of plant origin with a high content of carotenoids, which simultaneously have the activity of provitamin A and antioxidant properties. Pumpkin and their processed products are sources of carotenoids, which give them their beautiful orange color and form their antioxidant properties. Dried pumpkin seeds can be used as an ingredient in multi-ingredient breakfast cereals and cereal bars. The paper presents the results of studies of the total amount of carotenoids,  $\beta$ -carotene and lycopene in pumpkin varieties «Butternat» and «Volzhskaya gray» and in pumpkin semi-finished products dried at different temperature conditions. It has been experimentally established that for the production of dried semi-finished products from pumpkin, it is advisable to use drying at a temperature of + 60°C, which reduces its duration and the degradation of carotenoids under the influence of air oxygen compared to drying at a temperature of + 40°C. As a result, the total loss of carotenoids does not exceed 19%,  $\beta$ -carotene and lycopene - 20%. Dried semi-finished products from pumpkin varieties «Butternat» and «Volzhskaya gray» contain, mg / 100 g: the amount of carotenoids 18.52 and 33.15;  $\beta$ -carotene - 11.42 and 23.0; lycopene - 0.63 and 1.45, respectively.

**Keywords:** pumpkin, drying, dried semi-finished product, carotenoids,  $\beta$ -carotene, lycopene.

**Введение.** В настоящее время все больше потребителей осознают важность питания и проявляют потенциальный интерес к пищевым продуктам с пользой для здоровья. В ответ на современный образ жизни рынок реагирует расширением ассортимента пищевых продуктов с натуральными ингредиентами без пищевых добавок.

В последние годы значительно увеличился интерес к сырью растительного происхождения с высоким

содержанием каротиноидов, одновременно обладающих активностью провитамина А и антиоксидантными свойствами [1-4]. Среди огромного разнообразия плодов и овощей, используемых в питании человека, плоды тыквы (*Cucurbita*) являются не только источником каротиноидов, но в составе большинства ее сортов преобладают каротины. При суммарном содержании каротиноидов – от 2,5 до 8,6 мг / 100 г [3, 5-7], на долю  $\beta$ -каротина приходится 55-79%,  $\alpha$ -каро-

тина – 10-12%, ликопина – менее 5% [8-10]. В тыкве *Cucurbita moschata* Duch, произрастающей в южных регионах Бразилии, содержание суммы каротиноидов может достигать до 40 мг / 100 г, при этом количество каротинов превышает 50% с преобладанием  $\beta$ -каротина [11]. Но есть некоторые сорта тыквы вида *Cucurbita maxima*, суммарно содержащие больше лютеина и виалаксантина, чем  $\beta$ -каротина [12, 13]. Высокое содержание каротиноидов в сочетании с витамином С (4,8–13,7 мг / 100 г) позволяет использовать тыкву как ингредиент в пищевых продуктах для здорового питания [3, 5-7].

В пищевых технологиях используют, как мякоть тыквы, так кожуру и семена, подготовленные разными способами, стремясь максимально сохранить биологически активные вещества, включая каротиноиды [14-17]. Каротиноиды легко разрушаются под действием различных факторов: термической обработке, измельчении, под действием света и кислорода, но при этом увеличивается их биодоступность [1, 2, 7, 10]. При традиционных режимах сушки (70°C) потери каротиноидов достигают до 60%, а при изготовлении цукатов дополнительно увеличиваются на 10% [5]. Потери  $\beta$ -каротина при сушке ломтиков тыквы при температуре 65°C достигают до 60%,  $\alpha$ -каротина и лютеина – до 67% [13]. Дифференциация температуры сушки от 55 до 70°C может изменить содержание каротиноидов в тыквенных полуфабрикатах почти в два раза [18]. Необходимость гомогенизации тыквы в процессе производства пищевых продуктов приводит к большим потерям каротиноидов при термической обработке, причем способствуют большему разрушению ксантофиллов, чем каротинов [7]. Для сокращения потерь каротиноидов предложено использовать кратковременную дотермическую обработку или предварительную обработку ультразвуком [18-20]. Возможно замедление деградации каротиноидов тыквы при использовании покрытия из нативного и модифицированного кукурузного крахмала, что предотвращает потери транс  $\alpha$ - и транс  $\beta$ -каротинов на 11-19% [21]. Но пищевые производства ограничены в своих возможностях проведения дополнительных технологических операций и могут только регулировать режим сушки.

**Цель работы** – исследование влияния режимов сушки на содержание каротиноидов в тыквенных полуфабрикатах для использования их в качестве функциональных ингредиентов в составе многокомпонентных сухих завтраков и зерновых батончиков.

**Материалы и методы исследований.** Для получения тыквенных полуфабрикатов использовали мякоть тыквы двух ботанических сортов «Баттернат» и «Волжская серая». Плоды тыквы были приобретены в розничной торговле в мае месяце текущего года. Плоды тыквы были нарезаны на ломтики размером 0,5-0,8 см по ребру. Сушку ломтиков тыквы осуществляли при двух температурных режимах: + 40°C и + 60°C в сушильном шкафу с принудительной вентиляцией воздуха в течение 4,5 и 3-х часов, соответственно, до влажности полуфабриката приближенной к 20 %. Предварительный эксперимент с использованием

мякоти сорта «Волжская серая» позволил установить продолжительность сушки, которая была использована для сушки двух сортов тыквы.

В образцах сырой тыквы и тыквенных полуфабрикатах после сушки контролировали массовую долю влаги, сумму каротиноидов, содержание  $\beta$ -каротина и ликопина. Массовую долю влаги определяли методом высушивания до постоянной массы при температуре 100°C и атмосферном давлении навески предварительно измельченной тыквы или тыквенного полуфабриката. Для определения суммы каротиноидов и содержания  $\beta$ -каротина и ликопина использовали гексановые извлечения 1 г измельченного образца (сырой тыквы или сушеного полуфабриката). Методом прямой спектрофотометрии на спектрофотометре «UNICO-2800», США, были получены электронные спектры гексановых извлечений. Сумму каротиноидов определяли исходя из значений оптической плотности гексановых извлечений при длине волны 450 нм [22, 23]. Содержание  $\beta$ -каротина определяли как разницу между значениями оптической плотности при длинах волн 451 и 503 нм с учетом коэффициентов 462 и 309, соответственно; содержание ликопина – как разницу между значениями оптической плотности при длинах волн 503 и 451 нм с учетом коэффициентов 395 и 80,5, соответственно [24].

**Результаты исследований.** Исследуемые образцы тыквы характеризовались более высоким количеством сухих веществ по сравнению со свежей тыквой сразу после сбора урожая и, соответственно, меньшей массовой долей влаги, которая составляла 52,5 и 60,2% для сортов «Баттернат» и «Волжская серая». На момент исследований с момента сбора урожая предположительно прошло 8 месяцев. Даже через 6 месяцев хранения потеря массы тыквы в зависимости от ботанического сорта могут составлять 9-27%, что приводит к возрастанию сухих веществ до 17,5%, деградации аскорбиновой кислоты до 10% и незначительному увеличению суммарных каротиноидов [6].

Мякоть плодов тыквы в зависимости от ботанического сорта различалась суммарным количеством каротиноидов почти в 1,6 раза (табл. 1), что отражалось на их органолептических показателях.

Таблица 1 – Содержание каротиноидов в мякоти плодов тыквы

Сорт тыквы	Каротиноиды, мг / 100 г		
	суммарное количество	$\beta$ -каротин	ликопин
Баттернат	12,85 ± 0,58	8,05 ± 0,40	0,44 ± 0,02
Волжская серая	20,15 ± 0,82	14,18 ± 0,62	0,82 ± 0,02

Наиболее ярко оранжевый цвет имела мякоть тыквы «Волжская серая». Различия в содержании  $\beta$ -каротина между сортами тыквы были еще более выражены – в 1,76 раза. Хотя содержание  $\beta$ -каротина в зависимости от вида и сорта тыквы может различаться до 2,5 раз [25]. На долю  $\beta$ -каротина приходилось 62,6 и 70,0%, соответственно для мякоти сортов тыквы «Баттернат» и «Волжская серая». Содержание ликопина было незначительным и не превысило 4%, что согласуется с литературными данными [8].

Полученные тыквенные полуфабрикаты в виде сушеных ломтиков мякоти тыквы имели красивый внешний вид оранжевой окраски, более выраженный в ломтиках тыквы «Волжская серая» и более яркий, чем в сырых ломтиках мякоти. Ломтики тыквы имели легко разжевывающуюся консистенцию, несмотря на их разную влажность. Массовая доля влаги сушеных тыквенных полуфабрикатов зависела, как от исходной влажности мякоти сырой тыквы, так и от температуры сушки. Более низкая температура сушки привела к

необходимости использования более длительного временного периода. Через 4,5 часа сушки при температуре + 40°C массовая доля влаги в ломтиках тыквы сорта «Баттернат» составляла 19,9%, а сорта «Волжская серая» – 21,5% (табл. 2). Температура сушки + 60°C привела к сокращению ее продолжительности до 3-х часов, при этом уменьшив массовую долю влаги в ломтиках на 4,4 и 2,8%, соответственно, для сортов «Баттернат» и «Волжская серая» по сравнению с другим режимом сушки.

Таблица 2 – Содержание каротиноидов в сушеных тыквенных полуфабрикатах

Сорт тыквы	Условия сушки		Массовая доля влаги, %	Содержание каротиноидов, мг / 100 г		
	температура, °C	время, часы		суммарное количество	β-каротин	ликопин
Баттернат	+ 40	4,5	19,90 ± 0,85	14,60 ± 0,60	8,91 ± 0,26	0,50 ± 0,02
	+ 60	3,0	15,50 ± 0,70	18,52 ± 0,65	11,42 ± 0,50	0,63 ± 0,02
Волжская серая	+ 40	4,5	21,47 ± 0,95	27,20 ± 0,90	18,69 ± 0,85	1,16 ± 0,05
	+ 60	3,0	18,70 ± 0,90	33,15 ± 1,10	23,00 ± 1,00	1,45 ± 0,05

Полученные сушеные тыквенные полуфабрикаты содержали в 100 г продукта больше суммарных и индивидуальных каротиноидов, чем в сыром продукте. Суммарное количество каротиноидов увеличилось на 13,6 и 44,0% для тыквенных полуфабрикатов сорта «Баттернат» и 35,0 и 64,5% – для сорта «Волжская серая», соответственно высушенных при температурах + 40 и + 60° С. Количество β-каротина увеличилось в меньшей степени – на 10,7 и 41,8% для тыквенных полуфабрикатов сорта «Баттернат», на 31,8 и 62,2% для сорта «Волжская серая», при аналогичных температурных режимах. Доля ликопина изменилась незначительно, не превысив 4% от суммарного количества каротиноидов. В зависимости от способа сушки количество каротиноидов может увеличиваться в разы, с четкой прослеживаемостью влияния температуры и продолжительности сушки [10].

Более высокое содержание каротиноидов в тыквенных полуфабрикатах обусловлено потерей массовой доли влаги при сушке. При пересчете их содержания на сухое вещество продукта в процессе сушки количество, как суммы каротиноидов, так и их индивидуальных представителей, уменьшалось (рис. 1).

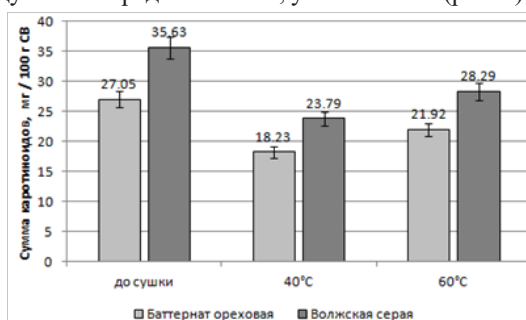


Рисунок 1 – Содержание суммарных каротиноидов в сырых ломтиках тыквы и тыквенных полуфабрикатах в пересчете на сухое вещество (СВ), высушенных при разных температурных режимах

Потери суммарного количества каротиноидов практически не зависели от сорта тыквы, но значительно отличались в зависимости от режима сушки. Так, при использовании одинаковых режимов сушки суммарное количество каротиноидов уменьшилось на 32,6 и 31,6% для сортов «Баттернат» и «Волжская

серая», соответственно, при температурном режиме + 40°C, и на 19,0 и 17,4% при температурном режиме + 60°C. Снижение температуры сушки до + 40°C увеличило потерю суммарных каротиноидов в 1,7 - 1,8 раз. По данным [5, 21, 25] в зависимости от сорта тыквы потери суммарных каротиноидов могут достигать до 62% при традиционной сушке + 70°C. Снижение температуры сушки до 50-60° С замедляют деградацию каротиноидов до 19% [25], но при температуре 50° С могут достигать до 23% [20].

Потери β-каротина были больше, чем суммарных каротиноидов, хотя незначительно, отличаясь в среднем на 2%, что связано с их преобладанием в исследуемых сортах тыквы и полуфабрикатов из них. При температуре сушки + 60°C деградация β-каротина составила около 20%, независимо от сорта тыквы. Снижение температуры сушки на 20°C, напротив, увеличивало деградацию β-каротина в 1,7 и 1,6 раз, соответственно для сортов «Баттернат» и «Волжская серая» (рис. 2).

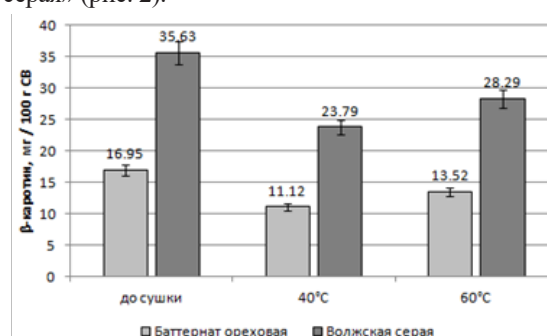


Рисунок 2 – Содержание β-каротина в сырых ломтиках тыквы и тыквенных полуфабрикатах в пересчете на сухое вещество (СВ), высушенных при разных температурных режимах

Причиной усиленной деградации суммарных каротиноидов и β-каротина при сушке при температуре 40-55°C, что показывают исследования многих авторов [7, 13, 18, 21], является аэрация кислородом в процессе сушки. Снижение температуры сушки приводит к большей длительности процесса, иногда достигающей 8,5 часов [10, 18]. Деградация ликопина в исследуемых образцах не изменила общего характера,



но в большей степени занимала промежуточной положение между изменениями в содержании суммы каротиноидов и  $\beta$ -каротина (рис. 3).

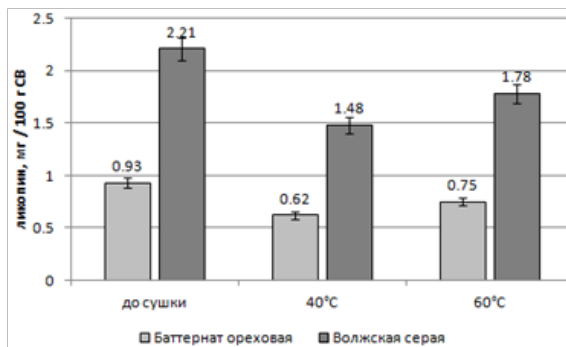


Рисунок 3 – Содержание ликопина в сырых ломтиках тыквы и тыквенных полуфабрикатах в пересчете на сухое вещество (СВ), высушенных при разных температурных режимах

Потери ликопина составляли около 33% при сушке тыквенных полуфабрикатов при температуре +40°C и были в среднем на уровне  $\beta$ -каротина, и уменьшались в процессе сушки при температуре +60°C. Влияние сорта тыквы на потери ликопина при том или ином режиме сушки не выявлено.

**Заключение.** Мякоть тыквы является источником каротиноидов, количество которых зависит от ботанического сорта: «Волжская серая» содержит 20,15 мг / 100 г, «Баттернат» – 12,85 мг / 100 г с преобладанием  $\beta$ -каротина, доля которого составляет 62,6 и 70,0%, соответственно. Количество ликопина незначительно и его доля не превышает 4%.

Для производства тыквенных полуфабрикатов целесообразно использовать сушку при температуре + 60°C, которая сокращает ее продолжительность и деградацию каротиноидов под действием кислорода воздуха. Потери суммы каротиноидов при данном режиме сушки не превышают 19%,  $\beta$ -каротина и ликопина – 20%. Тыквенные полуфабрикаты из тыквы сортов «Баттернат» и «Волжская серая», высушенные при температуре + 60°C, содержат, мг / 100 г: сумму каротиноидов 18,52 и 33,15;  $\beta$ -каротина – 11,42 и 23,0; ликопина – 0,63 и 1,45, соответственно.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. 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.
2. Rodriguez-Amaya D.B. Update on natural food pigments - A mini-review on carotenoids, anthocyanins, and betalains // Food Research International. 2019. № 124. P. 200-205.
3. Quijano-Ortega N., Fuenmayor C.A., Zuluaga-Dominguez C., Diaz-Moreno C., Ortiz-Grisales S., Garcia-Mahecha M., Grassi S. FTIR-ATR Spectroscopy Combined with Multivariate Regression Modeling as a Preliminary Approach for Carotenoids Determination in Cucurbita spp. // Appl. Sci. 2020. №10. № 3722-3732.
4. Нилова Л.П., Малютенкова С.М. Антиоксидантные комплексы облепихи крушиновидной (*Hipporhaë rhamnoides* L.) северо-запада России // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 1. С. 108-114.
5. Завьялова Т.И., Костко И.Г. Биологическая ценность тыквы и продуктов ее переработки // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2015. № 39. С. 45-58.
6. Рядинская А.А., Мезинова К.В. Изменение качества свежей тыквы при хранении // Проблемы развития АПК региона. 2019. № 1. С. 245-252.

7. Provesi Jo.G., Dias C. O., Amante E. R. Changes in carotenoids during processing and storage of pumpkin puree, // Food Chemistry. 2011. № 128. P. 195-202.
8. Seo Ju.S., Burri B.Ja., Quan Zh., Neidlinger T.R. Extraction and chromatography of carotenoids from pumpkin // Journal of Chromatography A. 2005. № 1073. P. 371-375.
9. Kurz Ch., Carle R., Schieber A. HPLC-DAD-MSn characterisation of carotenoids from apricots and pumpkins for the evaluation of fruit product authenticity // Food Chemistry. 2008. № 110. P. 522-530.
10. Tarwaca S.N., Karyadi J.N.W., Nugraheni N.F., Indrasari Y.P., Albyan R., Setiyadi I., Ayuni D. Effect of various drying methods on the physicochemical characteristics of pumpkin powder // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. № 644. 012080.
11. de Carvalho L.M.Ja., Gomes P.B., de Oliveira Godoy R.L., Pacheco S., do Monte P.H.F., de Carvalho J.L.V., Nutti M. R., Neves A.C.L., Vieira A.C.R., Ramos S.R.R. Total carotenoid content,  $\alpha$ -carotene and  $\beta$ -carotene, of landrace pumpkins (*Cucurbita moschata* Duch): A preliminary study // Food Research International. 2012. № 47. P. 337-340.
12. Rodriguez-Amaya D.B., Kimura M., Godoy H.T., Amaya-Farfan J. Updated Brazilian database on food carotenoids: Factors affecting carotenoid composition // Journal of Food Composition and Analysis. 2008. № 21. P. 445-463.
13. Piyaarach K., Nipawan K., Chadapon Ch., Daluwan S., Kunjana R. Effect of Drying on  $\beta$ -Carotene,  $\alpha$ -Carotene, Lutein and Zeaxanthin Content in Vegetables and Its Application for Vegetable Seasoning // E3S Web of Conferences. 2020. № 141. 02007.
14. Федорова Р.А. Качественная оценка биологической ценности тыквы при использовании в перерабатывающем производстве // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2020. № 59. С. 22-26.
15. Табаторович А.Н. Исследование химического состава и качества полуфабрикатов из тыквы для кондитерского производства // Индустрия питания. 2018. Т. 3. № 1. С. 11-19.
16. Staichok A.C.B., Mendonca K.R.B., Alves dos Santos P.G., Garcia L.G.C., Damiani C. Pumpkin Peel Flour (*Cucurbita maxima* L.) – Characterization and Technological Applicability // Journal of Food and Nutrition Research. 2016. № 4(5). P. 327-333.
17. Lyu Yi., Bi Ji., Chen Q., Wu X., Qiao Ye., Hou H., Zhang X. Bioaccessibility of carotenoids and antioxidant capacity of seed-used pumpkin byproducts powders as affected by particle size and corn oil during in vitro digestion process // Food Chemistry. 2021. № 343. 128541.
18. Márquez-Cardozo C.J., Caballero-Gutiérrez B.L., Ciro-Velázquez H.J., Restrepo-Molina D.A. Effect of pretreatment and temperature on the drying kinetics and physicochemical and techno-functional characteristics of pumpkin (*Cucurbita maxima*) // Heliyon. 2021. № 7. e06802.
19. Rawson A., Tiwari B.K., Tuohy M.G., O'Donnell C.P., Brunton N. Effect of ultrasound and blanching pretreatments on polyacetylene and carotenoid content of hot air and freeze dried carrot discs // Ultrasonics Sonochemistry. 2011. № 18. P. 1172-1179.
20. Rojas M.L., Silveira I., Augusto P.E.D. Ultrasound and ethanol pre-treatments to improve convective drying: Drying, rehydration and carotenoid content of pumpkin // Food and Bioprocess Processing. 2020. № 119. P. 20-30.
21. Lago-Vanzela E.S., do Nascimento P., Fontes E.A.F., Mauro M.A., Kimura M. Edible coatings from native and modified starches retain carotenoids in pumpkin during drying // LWT - Food Science and Technology. 2013. № 50. P. 420-425.
22. Куркин В.А., Шарова О.В., Афанасьева П.В. Совершенствование методики количественного определения суммы каротиноидов в сырье «шиповника плод» // Химия растительного сырья. 2020. № 3. С. 131-138.
23. Соловых Г.Н., Осинкина Т.В., Тихомирова Г.М., Кануникова Е.А., Фабарисова Л.Г., Ходячих И.Н. Исследование содержания пигментов в некоторых растениях семейства розовые (Rosaceae) // Оренбургский медицинский вестник. 2020. Т. 8. № 4. С. 46-50.
24. Karanja Ja. K., Mugendi B. J., Khamis F. M., Muchugi A.N. Nutritional Evaluation of Some Kenyan Pumpkins (*Cucurbita* spp.) // International Journal of Agriculture and Forestry. 2014. № 4(3). P. 195-200.
25. Дегтярева Е.А., Вишневская Л.И., Гарная С.В., Калько Е.А. Изучение влияния технологических факторов на выход липофильных веществ из растительного сырья тыквы // Химия растительного сырья. 2019. № 3. С. 299-305.

Статья поступила в редакцию 11.08.2021

Статья принята к публикации 15.09.2021