

Научная статья

УДК 664.858

DOI: 10.17586/2310-1164-2024-17-4-3-11

Оценка антиоксидантных свойств консервов из клюквы с сахаром при изготовлении и хранении

Людмила Павловна Нилова

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Россия, Санкт-Петербург, nilova_l_p@mail.ru*

Аннотация. Изучали влияние различных технологических факторов на антиоксидантные свойства консервов из клюквы с сахаром при изготовлении и холодильном хранении. Консервы изготавливали из дикорастущей клюквы и сахара (1:1) разными способами: нагревание ягод с сахаром 20 мин (T_1); нагревание ягод 20 мин, а затем перемешивание с сахаром (T_2); нагревание ягод с сахаром 5 мин (T_3). В качестве объекта сравнения использовали измельченные ягоды с сахаром без нагревания (T_4). Холодильное хранение (4°C) осуществляли 12 месяцев. В свежизготовленных консервах и в процессе хранения с периодичностью 3 месяца определяли флавоноиды, антоцианы, гидрооксикоричные кислоты (ГКК), витамин С и антиоксидантную активность (FRAP и DPPH). В свежизготовленных консервах количество биоактивных соединений и антиоксидантная активность зависели от технологии, сформировав ряд $T_4 > T_3 > T_1 > T_2$. Увеличение продолжительности термической обработки с 5 мин (T_3) до 20 мин (T_1 , T_2) снизило количество биоактивных соединений в консервах в 1,5–2 раза. Технология изготовления консервов повлияла на сохранение биоактивных соединений при холодильном хранении. Измельчение ягод при отсутствии термической обработки (T_4) привело к ускорению деградации биоактивных соединений, количество которых снизилось за 3 месяца хранения в 1,5–2,1 раза, а за 12 месяцев – почти в 4 раза для антоцианов и ГКК, в 8–11 раз для флавоноидов и витамина С. Деградация биоактивных соединений при хранении термически обработанных консервов зависела от продолжительности их обработки. Консервы T_3 содержали больше биоактивных соединений на протяжении 12 месяцев хранения, чем T_1 и T_2 . Термически обработанные консервы из клюквы с сахаром при употреблении порции массой 40 г обеспечивают суточную физиологическую потребность в низкомолекулярных антиоксидантах – антоцианах более чем на 12% на протяжении 12 месяцев холодильного хранения.

Ключевые слова: консервирование плодов; консервы из клюквы с сахаром; холодильное хранение; антиоксидантная активность; биоактивные соединения; суточная норма

Original article

Antioxidant properties of canned cranberry with sugar during processing and storage

Ludmila P. Nilova

*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
St. Petersburg, Russia, nilova_l_p@mail.ru*

Abstract. The article presents the results of the influence of various technological factors on the antioxidant properties of canned cranberries with sugar during processing and refrigerated storage. The canned goods were made from wild cranberries and sugar (1:1) in different ways: heating the berries with sugar for 20 minutes (T_1); heating the berries for 20 minutes and then mixing with sugar (T_2); heating the berries with sugar for 5 minutes (T_3). Crushed berries with sugar without heating were used as an object of comparison (T_4). The canned goods were stored at a temperature of 4°C for 12 months. Flavonoids, anthocyanins, hydroxycinnamic acids (HCAs), vitamin C, and antioxidant activity (FRAP and DPPH) were determined in freshly canned goods and every three months during storage. In freshly canned goods, the amount of bioactive compounds and antioxidant activity depended on the technology, forming a series: $T_4 > T_3 > T_1 > T_2$. Increasing the duration of heat treatment from 5 minutes (T_3) to 20 minutes (T_1 , T_2) decreased the amount of bioactive compounds in the canned goods by 1.5–2 times. The technology of canned goods production affected the preservation of bioactive compounds during refrigerated storage. Grinding berries without heat treatment (T_4) led to the acceleration of degradation of bioactive compounds, the amount of which decreased by 1.5–2.1 times during three months of storage, by almost 4 times for anthocyanins and HCA, and by 8–11 times for flavonoids and vitamin C during 12 months. Degradation of bioactive compounds during storage of heat-treated canned goods depended on the duration of their processing. Canned goods T_3 contained more bioactive compounds during 12 months of storage than canned goods T_1 and T_2 . Heat-treated canned cranberries with sugar, when consumed up to 40 g daily, can provide the daily physiological requirement for low-molecular antioxidants – anthocyanins – by more than 12% over 12 months of refrigerated storage.

Keywords: fruit canning; canned cranberry with sugar; refrigerated storage; antioxidant activity; bioactive compounds; daily value

Введение

Источником биоактивных соединений антиоксидантного действия являются ягоды [1], которые могут восполнять поступление низкомолекулярных антиоксидантов фенольной природы в питание человека, способствуя профилактике неинфекционных заболеваний [2–4]. Сезонность производства ягод и ограниченные сроки их годности вызвали необходимость их переработки в различные продукты, большинство из которых представляют сахаристые кондитерские изделия, реализуемые в виде фруктово-ягодных консервов с сахаром – варенья, джемов, конфитюров, повидла [5].

Мировой опыт показывает, что фруктово-ягодные консервы с сахаром обладают антиоксидантными свойствами, что показано на примере как ягодных [4, 6–9], так и фруктовых [10–12], и овощных [13] джемов. На формирование их антиоксидантных свойств оказывает влияние не только вид используемого растительного сырья [14–16], форма выращивания ягод [17], но и сочетание с другими ингредиентами в рецептуре: сахар белый или его отсутствие [10, 14], замена сахара белого на коричневый [10, 18], использование сахарозаменителей [18, 19], количество и вид пектина [12, 14]. Так, джемы из голубики с сахаром имели антиоксидантную активность на 13,9% выше, чем без него [20]. Замена белого сахара коричневым на 75% повысила антиоксидантную активность джемов только при использовании растительного сырья с меньшей антиоксидантной активностью – повышает антиоксидантную активность джемов из киви, но не изменяет у клубничных [10]. Количество пектинов имеет значение в сохранении антоцианов за счет их взаимодействия через нековалентные связи [21], что в целом повышает антиоксидантные свойства джемов [14].

Антиоксидантные свойства джемов, обусловленные количественным и качественным составом антиоксидантов фенольной природы, витамина С, каротиноидов, зависят от их термоустойчивости и способности к образованию полимеров, возникающих в процессе уваривания под воздействием высоких температур [12, 14]. Эти биоактивные соединения термолабильны, и с повышением температуры и времени уваривания происходит их деградация, приводящая к снижению антиоксидантных свойств джемов: в течение 30 мин при температуре кипения они могут уменьшиться на 26–50% и более, а понижение температуры до +80 °С способствует этим потерям до 7% [14, 22]. Дальнейшее хранение джемов приводит к снижению их антиоксидантных свойств, которые минимальны при холодильном хранении [8, 14, 18].

Среди фруктово-ягодных джемов на потребительском рынке клюквенные джемы, а также варенье из клюквы присутствуют в достаточном количестве [5]. Несмотря на многочисленные исследования состава биоактивных соединений, антиоксидантных свойств и пользы для здоровья ягод клюквы [3, 23–26], верификация этих данных при производстве и хранении клюквенных консервов отсутствуют. Опубликованы результаты сравнительной оценки антиоксидантных свойств пяти коммерческих джемов, среди которых клюквенный находится на 2 месте после джемов из черной смородины [27]. В России из ягод клюквы изготавливают не только джемы, но и различные виды консервов, а в регионах произрастания ягоды ее используют в домашних заготовках, применяя различные технологии, включая измельченную клюкву без термообработки, так называемую «живую ягоду». Предварительные исследования антиоксидантных свойств консервов из клюквы с сахаром, апробированные на научных конференциях, показали необходимость расширить их технологиями изготовления, методами изучения антиоксидантной активности, увеличением сроков холодильного хранения консервов вплоть до нового урожая, что было осуществлено в следующем сезоне сбора ягод клюквы.

Цель работы – исследовать влияние различных технологических факторов на антиоксидантные свойства консервов из клюквы с сахаром при изготовлении по разным технологиям и их изменение в условиях холодильного хранения.

Материалы и методы

Изготовление консервов осуществляли в лабораторных условиях из дикорастущей клюквы, собранной в конце октября 2023 г в Новгородской области, и сахара в соотношении 1:1 по разным технологиям¹:

¹Скрипников Ю.Г. Технология переработки плодов и ягод: учебное пособие. М.: Агропромиздат, 1988. 287 с.

технология T_1 – ягоды перемешивали с сахаром, надавливая на ягоды для выделения сока, нагревали при температуре 105°C в течение 20 мин;

технология T_2 – ягоды нагревали при температуре 105°C до растрескивания и выделения сока, затем смешивали с сахаром и смесь доводили до заданной температуры;

технология T_3 – ягоды перемешивали с сахаром, надавливая на ягоды для выделения сока, нагревали при температуре 105°C в течение 5 мин.

Контроль температуры нагревания осуществляли с помощью сушильного шкафа SNOOL 67/350 с терморегулятором ТП 400 (Россия). Отсчет времени нагревания начинали после восстановления температурного баланса и достижения заданной температуры в сушильном шкафу.

В качестве объекта сравнения изготовили консервы из клюквы с сахаром без нагревания (T_4) – ягоды измельчали с использованием электромеханической машины «ЭКМ-3» (АО «Электросила», Россия), затем смешивали с сахаром.

Клюкву с сахаром в горячем состоянии, образцы без нагревания после перемешивания с сахаром разливали в стерильные стеклянные банки, закрывали винтовой крышкой и хранили в холодильнике при температуре 4°C в течение 12 месяцев.

Изучение антиоксидантных свойств различных видов консервов из клюквы проводили в свежизготовленных продуктах и каждые 3 месяца по содержанию биоактивных соединений (флавоноиды, антоцианы, гидрооксикоричные кислоты, витамин С) и антиоксидантной активности методами FRAP (хелатирующая способность) и DPPH (антирадикальная активность).

Все исследования показателей осуществляли на спектрофотометре UNICO-2800 (США). Супернатанты собирали с помощью поэтапного центрифугирования при 4000 об/мин в течение 10 мин. Стандартными методами определяли содержание флавоноидов по ГОСТ Р 55312–2012 в пересчете на рутин и витамина С фотометрическим методом по ГОСТ 24556–89. ГКК выявляли прямой спектрофотометрией этанольных экстрактов (2 г продукта/100 мл 60%-го этанола) при длине волны 327 нм в пересчете на хлорогеновую кислоту с К экстинкции 531 [28]; антоцианы – при длине волны 535 нм с К экстинкции антоцианов 98,2 [29]. Антиоксидантную активность в пересчете на аскорбиновую кислоту определяли методом FRAP (ferric reducing antioxidant power) с *o*-фенантролином при длине волны 505 нм и методом DPPH (deffinil picrylhydrazyl radical) по Глевинду при длине волны 517 нм.²

Для расчета удовлетворения потребности в биоактивных соединениях при употреблении порции массой 40 г консервов из клюквы с сахаром свежизготовленной и после 6 и 12 месяцев хранения использовали нормы физиологических потребностей в этих веществах согласно МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ».

Исследования проводили на каждом этапе эксперимента в трех образцах консервов, изготовленных в одинаковых условиях для каждой технологии, с трехкратной повторностью опытов. Статистическую обработку результатов измерений проводили в соответствии с критериями Стьюдента при доверительном интервале $P = 0,95$ с использованием Microsoft Excel 2010.

Результаты и их обсуждение

Все виды консервов из клюквы с сахаром содержали исследуемые биоактивные соединения, количество которых зависело от технологии изготовления (таблица 1). Больше всего их наблюдали в консервах T_4 из-за отсутствия термической обработки и минимального интервала от измельчения ягод и смешивания с сахаром до проведения анализов. В остальных видах консервов количество биоактивных соединений зависело от продолжительности термической обработки. Консервы T_3 с термической обработкой 5 мин содержали их больше в 1,5–2 раза, чем консервы, подвергнутые более длительной термической обработке – T_1 и T_2 . Это согласуется с данными по брусничным джемам [18], время уваривания которых влияет на содержание биоактивных соединений, чувствительных к теплу, и скорость их деградации зависит не только от термической обработки, но и вида фруктов или ягод, присутствия сахара или его заменителей [10, 14, 18, 19]. При изготовлении консервов из клюквы вместе с сахаром по технологии T_1 биоактивные соединения сохранились в большей степени, чем при нагревании ягод

²Рогожин В.В., Рогожина Т.В. Практикум по биохимии сельскохозяйственной продукции. СПб.: ГИОРД, 2016. 480 с.

без сахара, который добавляли в конце процесса по технологии T_2 , на что по мнению Scrob T. с соав. [18] могла оказать влияние сахароза, стабилизирующая антоцианы, поглощая катион флавилия. Продукты распада сахаров (фурфуролы), способствующие ускорению распада антоцианов, по-видимому, при такой продолжительности нагрева не образовались или их количество было незначительным, что подтверждает отсутствие видимых отличий цвета консервов T_1 и T_2 .

Таблица 1. Содержание биоактивных соединений и антиоксидантная активность, мг/100 г консервов из клюквы с сахаром, изготовленных по разным технологиям

Table 1. Content of bioactive compounds and antioxidant activity, mg per 100 g of canned cranberries with sugar made by different technologies

Индикаторы	Консервы из клюквы с сахаром по технологии			
	T_1	T_2	T_3	T_4
флавоноиды	52,78 ± 0,99	46,88 ± 1,13	115,20 ± 2,82	198,72 ± 2,50
антоцианы	31,19 ± 0,71	28,53 ± 0,68	52,07 ± 0,91	87,22 ± 2,15
ГКК	9,42 ± 0,20	9,45 ± 0,14	14,90 ± 0,29	21,30 ± 0,10
витамин С	5,10 ± 0,12	4,36 ± 0,10	7,88 ± 0,16	13,40 ± 0,26
FRAP	144,90 ± 2,85	124,90 ± 3,10	175,54 ± 3,50	229,10 ± 4,96
DPPH	67,52 ± 1,58	59,34 ± 1,45	81,55 ± 1,90	105,14 ± 2,30

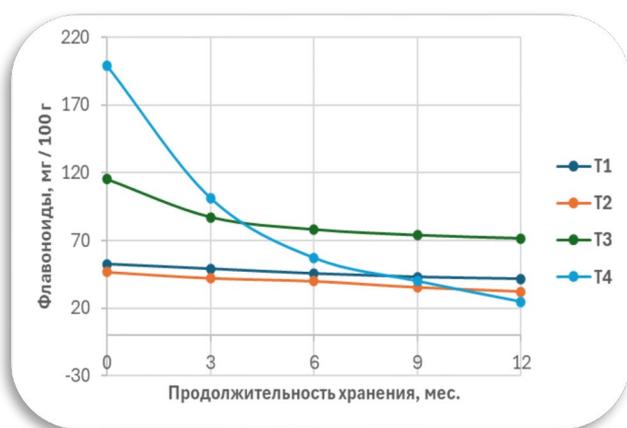
Количество биоактивных соединений повлияло на антиоксидантную активность консервов из клюквы независимо от метода определения, формируя в зависимости от технологии ряд $T_4 > T_3 > T_1 > T_2$. При этом нельзя отрицать вклад в формирование антиоксидантных свойств консервов меланоидинов [12, 14, 30], которые могли образоваться во время длительного нагревания ягод с сахаром в консервах T_1 . Их антиоксидантная активность (FRAP-тест) была на 17,3% выше, чем в T_2 , а антирадикальная активность по отношению к DPPH радикалу выше на 14,0% соответственно. Аналогичные изменения наблюдали ранее [20] – джемы из голубики с сахаром имели антиоксидантную активность почти в 5 раз выше, чем джемы без сахара. Данные изменения могут объясняться гидролизом связанных полифенолов с увеличением количества агликонов и их участием в образовании продуктов реакции Майяра путем термической деградации промежуточного продукта такого, как 4-винилгваякол, при длительном уваривании фруктовых консервов с сахаром [12].

В процессе холодильного хранения всех видов консервов из клюквы с сахаром количество биоактивных соединений снижалось, что наиболее выражено в консервах T_4 за счет активности ферментов в измельченных ягодах (рисунок 1). В то же время в остальных видах консервов уменьшение их количества так же происходило, хотя в значительно меньшей степени, вероятно, за счет активности термостойких полифенолоксидаз [14].

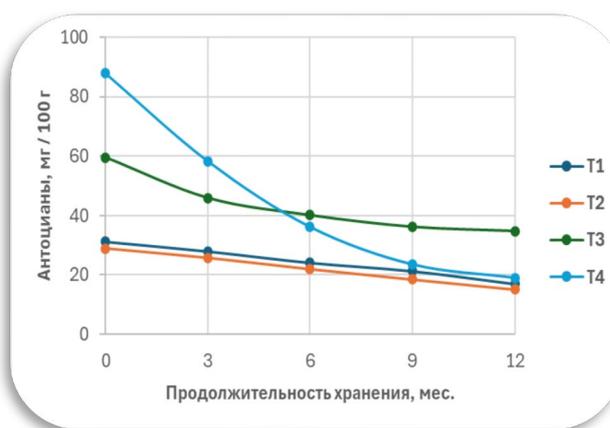
Наибольшая деградация биоактивных соединений происходила в консервах T_4 в первые 3 месяца хранения, хотя их количество было больше, чем в других видах консервов за этот промежуток времени, за исключением ГКК. Среди биоактивных соединений значительнее всего снизилось количество флавоноидов и витамина С – в 1,96 и 2,13 раз соответственно в сравнении со свежизготовленными консервами T_4 . После трех месяцев хранения деградация всех биоактивных соединений замедлилась, и их количество в консервах T_4 через 6 месяцев хранения стало меньше, чем у консервов T_3 в этот период времени, а к концу хранения было ниже, чем у всех видов консервов из клюквы с сахаром. Деградация антоцианов и ГКК оказалась не столь выражена, их количество за весь период хранения консервов T_4 уменьшилось в 4,64 и 3,87 раза соответственно.

Консервы T_3 имели похожую динамику деградации биоактивных соединений, что и консервы T_4 , но ее скорость была намного меньше. В результате этот продукт на конец хранения содержал больше всего биоактивных соединений, чем другие виды консервов.

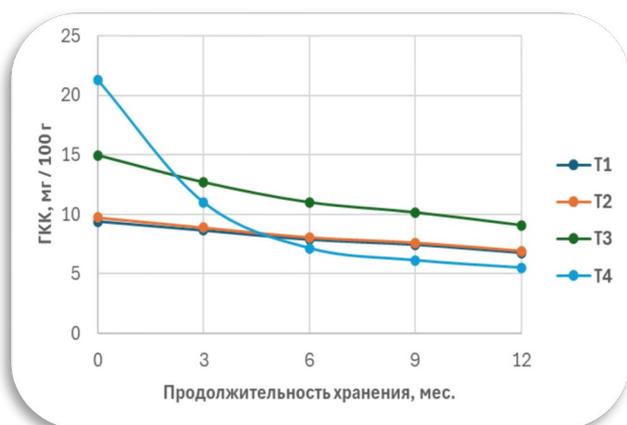
Под влиянием термической обработки при изготовлении консервов из клюквы T_1 и T_2 деградация биоактивных соединений при хранении замедлилась. За 12 месяцев хранения их число уменьшилось от 1,26–1,45 раз для флавоноидов; 1,4 раза для ГКК; 1,84–1,91 раз для антоцианов и около 2 раз для витамина С. Похожие результаты получены при хранении брусничных джемов, у которых через 180 суток холодильного хранения количество полифенолов снизилось в 1,6 раза, а антоцианов – в 1,75 раз [18], а также малиновых джемов с большими потерями витамина С за 8 недель хранения в этих условиях, количество которого уменьшилось в 1,54 раза, а полифенолов только в 1,11 раза [8].



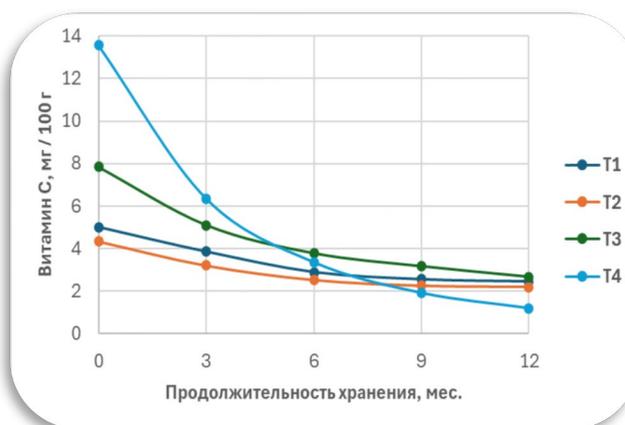
Флавоноиды



Антоцианы



Гидрооксикоричные кислоты

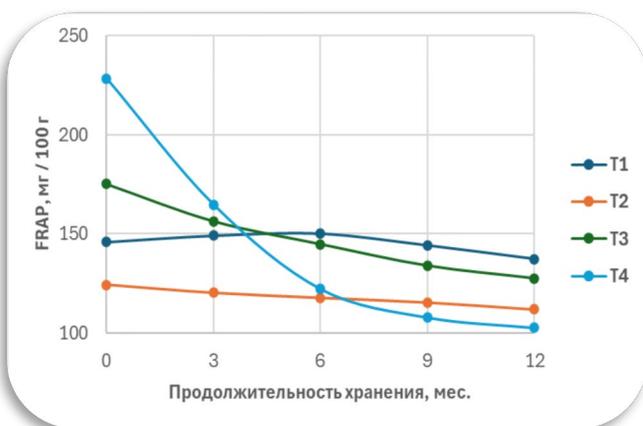


Витамин С

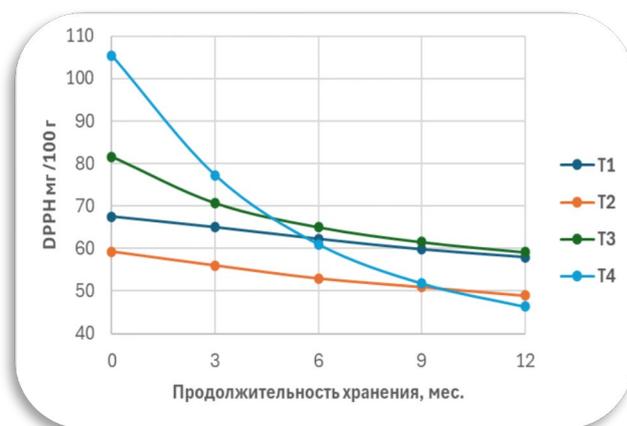
Рисунок 1 – Динамика биоактивных соединений, мг/100 г консервов из клюквы с сахаром, изготовленных по разным технологиям, при хранении

Figure 1. Dynamics of bioactive compounds, mg/100 g, of canned cranberries with sugar made by different technologies during storage

Изменения значений антиоксидантной активности при хранении консервов из клюквы независимо от метода определения FRAP и DPPH были аналогичны динамике деградации биоактивных соединений для всех видов консервов из клюквы кроме T₁ (рисунок 2). Значения FRAP были выше, чем значения DPPH, что говорит о более высокой способности антиоксидантов в консервах из клюквы с сахаром к образованию хелатных соединений (хелатирующая способность), чем ингибирование синтетического долго живущего DPPH радикала.



FRAP



DPPH

Рисунок 2 – Антиоксидантная активность, мг/100 г консервов из клюквы с сахаром на разных этапах холодильного хранения

Figure 2. Antioxidant activity, mg/100 g of canned cranberries with sugar at different stages of refrigeration storage

Отличие в динамике значений FRAP консервов T_1 состояло в увеличении значений до 6 месяцев хранения на 2,98%, а затем снижение до конца хранения, что могло произойти в результате длительной термической обработки ягод вместе с сахаром и дальнейшего образования полимерных антоцианов и продуктов реакции Майяра при хранении [14, 18]. В.К. Martinsen с соав. [8] установили, что повышение антиоксидантной активности при холодильном хранении джемов зависит от вида растительного сырья: в клубничных джемах за 8 недель холодильного хранения значения увеличились на 9,6%, а затем снижались, и к 16 неделям потери составили 7,75%; в малиновых джемах за весь период хранения значения только уменьшались; для брусничных джемов при хранении так же установлено снижение значений антиоксидантной активности [18].

Консервы из клюквы, изготовленные с сахаром в соотношении 1:1, из-за высокого содержания сахара, потребление которого согласно рекомендациям по рациональным нормам потребления пищевых продуктов³ с декабря 2022 года составляет 8 кг/чел/год или 21,9 г в сутки, могут быть рекомендованы к потреблению не более 40 г в сутки. В случае употребления человеком порции термообработанных консервов из клюквы с сахаром массой 40 г, суточную физиологическую потребность флавоноидов и антоцианов можно восполнить более чем на 4 и 12% соответственно, что будет зависеть от технологии изготовления и сроков хранения (таблица 2). Отсутствие термической обработки и измельчение ягод в процессе изготовления консервов из клюквы с сахаром приводит к получению продукта, который можно рассматривать только как источник антоцианов (более 15% суточной физиологической потребности) при его употреблении в зимний период вплоть до нового урожая.

Таблица 2. Удовлетворение суточной нормы в биоактивных соединениях при употреблении порции консервов из клюквы с сахаром массой 40 г

Table 2. Meeting the daily norm in bioactive compounds when consuming 40 g of canned cranberries with sugar

Норма по МР 2.3.1.0253-21	Период хранения, мес.	Консервы из клюквы с сахаром по технологии			
		T_1	T_2	T_3	T_4
		флавоноиды, %			
320 мг	0	6,57	5,85	14,40	24,84
	6	5,59	5,00	9,76	7,15
	12	5,20	4,02	8,94	3,11
		антоцианы, %			
50 мг	0	25,00	23,08	47,54	70,29
	6	19,32	17,54	32,10	28,90
	12	13,58	12,08	27,84	15,12
		ГКК, %			
200 мг	0	1,88	1,95	2,99	4,26
	6	1,58	1,61	2,20	1,42
	12	1,36	1,38	1,82	1,10
		витамин С, %			
100 мг	0	2,00	1,74	3,14	5,42
	6	1,16	1,01	1,51	1,34
	12	0,98	0,88	1,06	0,48

Во всех видах консервов из клюквы с сахаром содержание витамина С и ГКК незначительно как в свежизготовленном продукте, так и в процессе хранения, что не позволяет восполнить потребность человека в этих биоактивных соединениях при употреблении порции 40 г консервов.

Заключение

Консервы из клюквы с сахаром изготавливаются по разным технологиям, но их антиоксидантные свойства, обусловленные содержанием биоактивных соединений, зависят от наличия или отсутствия термической обработки и ее продолжительности. При использовании термообработки в течение 20 мин (T_1 , T_2) количество биоактивных соединений уменьшается в 2–4 раза в сравнении с ее отсутствием (T_4).

³Рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания. Приказ Минздрава РФ № 614 с изм. 30.12.22 URL: <https://docs.cntd.ru/document/420374878> (дата обращения 20.10.2024)

Сокращение термической обработки до 5 мин (T_3) снижает их потери в 1,5–2 раза. В результате антиоксидантная активность консервов из клюквы независимо от метода определения формирует ряд в зависимости от технологии $T_4 > T_3 > T_1 > T_2$. В условиях холодильного хранения в течение 12 месяцев в консервах происходит деградация биоактивных соединений, снижающих антиоксидантную активность продукта, но термическая обработка способствует уменьшению деградации биоактивных соединений. Измельчение ягод при отсутствии термообработки приводит к ускорению биохимических процессов и интенсификации деградации биоактивных соединений, особенно в первые 3 месяца холодильного хранения.

Консервы из клюквы из-за высокого содержания сахара, согласно рекомендациям Минздрава РФ по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, можно использовать в питании не более 40 г в сутки, что обеспечивает физиологическую потребность в низкомолекулярных антиоксидантах – антоцианах более чем на 12% на протяжении 12 месяцев холодильного хранения вплоть до нового урожая ягод.

Результаты проведенных исследований будут полезны производителям фруктовых консервов для размещения информации по рекомендациям суточной нормы потребления продукта, а также данных о содержании низкомолекулярных антиоксидантов и удовлетворения в их суточной потребности, что позволит продвигать продукт на рынке.

Для повышения пользы для здоровья консервов из клюквы необходимо снижать количество сахара в рецептуре с учетом сахарокислотного индекса клюквы, учитывать время сбора урожая, разрабатывать продукцию с сахарозаменителями.

Литература/References

1. Яшин А.Я., Веденин А.Н., Яшин Я.И., Немзер Б.В. Ягоды: химический состав, антиоксидантная активность, влияние потребления на здоровье человека // Аналитика. 2019. Т. 9. № 3. С. 222–231. DOI: 10.22184/2227-572X.2019.09.3.222.23
Yashin A.Ya., Vedenin A.N., Yashin Ya.I., Nemzer B.V. Berries: chemical composition, antioxidant activity. Impact of consumption of berries on health of the person. *Analytics*. 2019, V. 9, no 3, pp. 222–231. DOI: 10.22184/2227-572X.2019.09.3.222.23 (In Russian).
2. Тутельян В.А., Никитюк Д.Б., Батурич А.К., Васильев А.В., Ганпаров М.М.Г., Жилинская Н.В., Жминченко В.М., Камбаров А.О., Коденцова В.М., Кравченко Л.В., Кулакова С.Н., Лашнева Н.В., Мазо В.К., Соколов А.И., Суханов Б.П., Хотимченко С.А. Нутриом как направление «главного удара»: определение физиологических потребностей в макро- и микронутриентах, минорных биологически активных веществах пищи // Вопросы питания. 2020. Т. 89. № 4. С. 24–34. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10039
Tutelyan V.A., Nikityuk D.B., Baturin A.K., Vasiliev A.V., Gapparov M.M.G., Zhilinskaya N.V., Zhminchenko V.M., Kambarov A.O., Kodentsova V.M., Kravchenko L.V., Kulakova S.N., Lashneva N.V., Mazo V.K., Sokolov A.I., Sukhanov B.P., Khotimchenko S.A. Nutriome as the direction of the "main blow": determination of physiological needs in macro- and micronutrients, minor biologically active substances. *Problems of Nutrition*. 2020, V. 89, no. 4, pp. 24–34. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10039 (In Russian).
3. Кедринская Л.И., Яшин А.Я., Яшин Я.И. Профилактика и лечение сердечно-сосудистых заболеваний природными антиоксидантами // Аналитика. 2023. Т. 13. № 5. С. 338–345. DOI: 10.22184/2227-572X.2023.13.5.338.344
Kedrinskaya L.I., Yashin A.Ya., Yashin, Ya.I. Prevention and treatment of cardiovascular diseases with natural antioxidants. *Analytics*. 2023, V. 13, no. 5, pp. 338–345. DOI: 10.22184/2227-572X.2023.13.5.338.344 (In Russian).
4. de Mello e Silva G.N., Rodrigues E.S.B., de Macêdo I.Y.L., Gil H.P.V., Campos H.M., Ghedini P.C., da Silva L.C., Batista E.A., de Araújo G.L., Vaz B.G., de Castro Ferreira T.A.P., do Couto R.O., de Souza G.E. Blackberry jam fruit (*Randia formosa* (Jacq.) K. Schum): An Amazon superfruit with in vitro neuroprotective properties. *Food Bioscience*. 2022, no. 50, article 102084. DOI: 10.1016/j.fbio.2022.102084.
5. Николаева М.А., Крохалева А.В. Анализ состояния и перспективы развития рынка фруктово-ягодных изделий // Директор по маркетингу и сбыту. 2021. № 4. С. 48–53.
Nikolaeva M.A., Krokhalieva A.V. Analysis of the state and development prospects of the fruit and berry products market. *Marketing and Sales Director*. 2021, no. 4, pp. 48–53. (In Russian).
6. Amakura Yo., Umino Yu., Tsuji S., Tonogai Ya. Influence of jam processing on the radical scavenging activity and phenolic content in berries. *J. Agric. Food Chem.* 2014, no. 48, pp. 6292–6297. DOI: 10.1021/jf000849z
7. Barraza-Jáureguia G., Vegaa G., Valeriano J., Obregón J., Sichea R., Miano A. C. Osmotic pretreatment to assure retention of phenolics and anthocyanins in berry jams. *Food Bioscience*. 2017, no 17, pp. 24–28. DOI: 10.1016/j.fbio.2016.12.001

8. Martinsen B.K, Aaby K., Skrede, G. Effect of temperature on stability of anthocyanins, ascorbic acid and color in strawberry and raspberry jams. *Food Chemistry*. 2020, no. 316, article 126297. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.126297
9. Chorfa N., Savard S., Belkacemi Kh. An efficient method for high-purity anthocyanin isomers isolation from wild blueberries and their radical scavenging activity. *Food Chemistry*. 2015, no. 197, pp. 1226–1234. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.11.076
10. Cervera-Chiner L., Barrera, C., Betoret N., Seguí L. Impact of sugar replacement by non-centrifugal sugar on physicochemical, antioxidant and sensory properties of strawberry and kiwifruit functional jams. *Heliyon*. 2021, no. 7, article e05963. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e05963
11. Akinlolu-Ojo T., Nwanna E. E., Badejo A. A. Physicochemical constituents and anti-oxidative properties of ripening hog plum (*Spondias Mombin*) fruits and the quality attributes of jam produced from the fruits. *Measurement: Food*. 2022, no. 7, article 100037. DOI: 10.1016/j.meaf00.2022.100037
12. Velotto S., Palmeri R., Alfeo V., Gugino I. M., Fallico B., Spagna G., Todaro A. The effect of different technologies in pomegranate jam preparation on the phenolic compounds, vitamin C and antioxidant activity. *Food Bioscience*. 2023, no. 53, article 102525. DOI: 10.1016/j.fbio.2023.102525
13. Kamiloglu S., Pasli A.A., Ozcelik B., Camp J.V., Capanoglu E. Influence of different processing and storage conditions on in vitro bioaccessibility of polyphenols in black carrot jams and marmalades. *Food Chemistry*. 2015, no. 186, pp. 74–82. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.12.046
14. Shinwari K.Ja., Rao P.S. Stability of bioactive compounds in fruit jam and jelly during processing and storage: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2018, V. 75, pp. 181–193. DOI: 10.1016/j.tifs.2018.02.002
15. Nilova L., Ikramov R., Malyutenkova S. The possibility of using microwaves to obtain extracts from berry press residues and jelly products with bioactive characteristics. *Agronomy Research*. 2020, V. 18, Special Is. 3, pp. 1829–1843. DOI: 10.15159/AR.20.044
16. Martinsen B.K, Aaby K., Skrede G. Effect of temperature on stability of anthocyanins, ascorbic acid and color in strawberry and raspberry jams. *Food Chemistry*. 2020, no. 316, article 126297. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.126297
17. Li D., Li D., Ma Y., Sun X., Lin Y., Meng X. Polyphenols, anthocyanins, and flavonoids contents and the antioxidant capacity of various cultivars of highbush and half-high blueberries. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2017, no. 62, pp. 84–93. DOI: 10.1016/j.jfca.2017.03.006
18. Scrob T., Varodi S. M., Vintilă G. A., Casoni D., Cimpoi C. Estimation of degradation kinetics of bioactive compounds in several lingonberry jams as affected by different sweeteners and storage conditions. *Food Chemistry: X*. 2022, no. 16, article 100471. DOI: 10.1016/j.fochx.2022.100471
19. Samakradhamrongthai R.S., Nortuy N., Sangsee O., Srichan Ph., Sangpimpa W., Jannu T., Supawan Th., Chanakun Ph., Yimkaew Ya., Renaldi G. Effect of stevia syrup, okra fruit powder, and Thai white chili on physicochemical properties and sensory qualities of confectionery jam. *LWT – Food Science and Technology*. 2024, no. 194, article 115797. DOI: 10.1016/j.lwt.2024.115797
20. Howard L.R., Castrodale Ch., Brownmiller C., Mauromoustakos A. Jam processing and storage effects on blueberry polyphenolics and antioxidant capacity. *J. Agric. Food Chem.* 2016, no. 58, pp. 4022–4029. DOI: 10.1021/jf902850h
21. Shi C., Guo C., Wang S., Li W., Zhang X., Lu Sh., Ning Ch., Tan Ch. The mechanism of pectin in improving anthocyanin stability and the application progress of their complexes: A review. *Food Chemistry: X*. 2024, article 101955. DOI: 10.1016/j.fochx.2024.101955
22. Chen M., Wang Z., Yu Ji., Wang Ju., Xu, H., Yue X. Effects of electron beam irradiation and ultrahigh-pressure treatments on the physicochemical properties, active components, and flavor volatiles of jujube jam. *LWT – Food Science and Technology*. 2023, no. 187, article 115292. DOI: 10.1016/j.lwt.2023.115292
23. Guo L., Qiao Ji., Muzyka S. M., Wang L., Chen Yu., Ji X., She H., Zhang L., Zhang Ya., Huo Ju. Comprehensive structural analysis of anthocyanins in blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.), bilberry (*Vaccinium uliginosum* L.), cranberry (*Vaccinium macrocarpon* Ait.), and antioxidant capacity comparison. *Food Chemistry: X*. 2024, no. 23, article 101734. DOI: 10.1016/j.fochx.2024.101734
24. Kalın P., Gülçin İ., Gören A.C. Antioxidant activity and polyphenol content of cranberries (*Vaccinium macrocarpon*). *Records of Natural Products*. 2015, V. 9, no. 4, pp. 496–502.
25. Nemzer B.V., Al-Taher F., Yashin A., Revelsky I., Yashin Y. Cranberry: chemical composition, antioxidant activity and impact on human health: Overview. *Molecules*. 2022, no. 27, article 1503. DOI: 10.3390/molecules2705150
26. Balawejder M., Piechowiak T., Kapusta I., Chęciek A., Matłok N. In vitro analysis of selected antioxidant and biological properties of the extract from large-fruited cranberry fruits. *Molecules*. 2023, no. 28, article 7895. DOI: 10.3390/molecules28237895
27. Diaconeasa Z., Iuhas C.I., Ayvaz H., Rugina D., Stanila A., Dulf F., Bunea A., Socaci S.A., Socaciu C., Pintea A. Phytochemical characterization of commercial processed blueberry, blackberry, blackcurrant, cranberry, and raspberry and their antioxidant activity. *Antioxidants*. 2019, no. 8, article 540. DOI: 10.3390/antiox8110540
28. Абрамова Я.И., Калинин Г.И., Чучалин В.С. Разработка методики количественного определения фенольных соединений в желчегонном сборе 2 // Химия растительного сырья. 2011. № 4. С. 265–268.

- Abramova Ya.I., Kalinkina G.I., Chuchalin, V.S. Development of a method for the quantitative determination of phenolic compounds in a choleric collection 2. *Chemistry of Plant Raw Materials*. 2011, no. 4, pp. 265–268 (In Russian).
29. Zhang L.-L., Ren Ji. N., Zhang Ya., Li Ji.Ji., Liu Ya.L., Guo Z.Ya., Yang Z.Yu., Pan S.Yi., Fan G. Effects of modified starches on the processing properties of heat-resistant blueberry jam. *LWT – Food Science and Technology*. 2016, no 72, pp. 447–456. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.05.018
30. *Нилова Л.П., Пилипенко Т.В.* Меланоидины пищевых систем: фракционирование и оценка антиоксидантных свойств // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2018. № 6. С. 3–8.
Nilova L.P., Pilipenko T.V. Melanoidins of food systems: fractionation and assessment of antioxidant properties. *Technology and Merchandising of the Innovative Foodstuff*. 2018, no. 6, pp. 3–8. (In Russian).

Информация об авторе

Людмила Павловна Нилова – канд. техн. наук, доцент, доцент Высшей школы сервиса и торговли

Information about the author

Liudmila P. Nilova, Ph.D. (Eng.), Associate Professor of the Graduate School of Service and Trade

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов / The author declare no conflicts of interests

Статья поступила в редакцию 12.10.2024

Одобрена после рецензирования 22.11.2024

Принята к публикации 25.11.2024

The article was submitted 12.10.2024

Approved after reviewing 22.11.2024

Accepted for publication 25.11.2024