

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-36-43>
УДК 635.11:(631.563+664.7):581.19

**В.А. Заячковский, А.И. Молдован,
В.И. Терешонок, В.А. Харченко,
М.С. Антошкина, Л.В. Павлов,
Н.А. Голубкина*, В.А. Степанов**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр овощеводства" (ФГБНУ ФНЦО)
143072, РФ, Московская область,
Одинцовский район, п. ВНИИССОК,
ул. Селекционная, д. 14

*Автор для переписки:
segolubkina45@gmail.com

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Все авторы участвовали в планировании и постановке эксперимента, а также в анализе экспериментальных данных и написании статьи.

Для цитирования: Заячковский В.А., Молдован А.И., Терешонок В.И., Харченко В.А., Антошкина М.С., Павлов Л.В., Голубкина Н.А., Степанов В.А. Факторы, влияющие на уровень общей антиоксидантной активности и содержание полифенолов в чипсах из корнеплодов свеклы столовой в процессе приготовления и хранения. *Овощи России*. 2022;(2):36-43. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-36-43>

Поступила в редакцию: 01.04.2022
Принята к печати: 18.04.2022
Опубликована: 25.04.2022

**Vladimir A. Zayachkovsky, Anastasia I. Moldovan,
Vladimir I. Tereshonok, Viktor A. Kharchenko,
Marina S. Antoshkina, Leonid V. Pavlov,
Nadezhda A. Golubkina*, Viktor A. Stepanov**

Federal State Budgetary Scientific Institution
Federal Scientific Vegetable Center
(FSBSI FSVC)
14, Selectionnaya str., VNISSOK, Odintsovo
district, Moscow region, 143072, Russian
Federation

*Corresponding author:
segolubkina45@gmail.com

Conflict of interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

Author contributions: All authors reviewed and agreed to the published version of the manuscript.

For citations: Zayachkovsky V.A., Moldovan A.I., Tereshonok V.I., Kharchenko V.A., Antoshkina M.S., Pavlov L.V., Golubkina N.A., Stepanov V.A. Factors affecting total antioxidant activity and polyphenol content in beet root chips during production and storage. *Vegetable crops of Russia*. 2022;(2):36-43. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-2-36-43>

Received: 01.04.2022
Accepted for publication: 18.04.2022
Published: 25.04.2022

Факторы, влияющие на уровень общей антиоксидантной активности и содержание полифенолов в чипсах из корнеплодов свеклы столовой в процессе приготовления и хранения



Резюме

Актуальность и методика исследований. Чипсы являются одним из наиболее востребованных продуктов питания с высоким содержанием биологически активных соединений. Целью работы явилась оценка качества и сохранности антиоксидантов чипсов из свеклы столовой разных сортов. Изучено влияние метода высушивания (конвекционная, лиофильная сушка), а также условий хранения (бумажные пакеты, вакуумирование полиэтиленовых пакетов, хранение в фольге) чипсов из корнеплодов 4 сорта свеклы столовой. Для оценки качества продукции использовали биохимические методы анализа и дегустационную оценку.

Результаты. Установлены межсортовые особенности сохранности жирорастворимых антиоксидантов при изготовлении чипсов и в разных условиях хранения. Показано, что в бумажных пакетах уровень антиоксидантной активности (АОА) и содержание полифенолов сохраняется лучше в продукте конвекционной сушки, в противоположность от аналогичных данных для чипсов, хранившихся в пакетах из полиэтиленовой пленки, упакованных под вакуумом. Различия в сохранности АОА и содержании полифенолов для продукта, полученного конвекционной и лиофильной сушкой, практически отсутствовали. По данным дегустационной оценки (внешний вид, вкус, текстура, аромат) наименьшее количество баллов оказалось у сорта Гаспадыня. Наибольшие потери полифенолов при хранении в фольге оказались характерны для чипсов из корнеплодов сорта Гаспадыня, а при хранении в бумажных пакетах - для чипсов из корнеплодов свеклы столовой сорта Добрыня. Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о необходимости выбора только определенных сортов свеклы столовой для приготовления чипсов, определяющих как вкус, так и сохранность продукта.

Ключевые слова: свекла столовая, корнеплоды, чипсы, сохранность, антиоксиданты, межсортовые различия

Factors affecting total antioxidant activity and polyphenol content in beet root chips during production and storage

Abstract

Relevance and methods. Chips are considered to be one of the most popular food products with high content of biologically active compounds. The aim of the present work was evaluation of quality and antioxidant self-life of beet chips from different cultivars. Effect of drying method (convection, freeze drying) and storage conditions (paper, vacuum plastic bags and aluminum foil) on beet root chips from 4 cvs self-life was investigated. Biochemical methods of analysis and tasting evaluation were used.

Results. Beet intervarietal differences in self-life of chips fat soluble antioxidants were indicated. Paper bags were shown to produce the highest AOA and phenolics values of convection drying products contrary to freeze drying chips in vacuum plastic bags. Differences in AOA and phenolics self-life of products produced via convection and freeze drying are absent. Tasting evaluation (appearance, taste, texture, aroma) revealed the lowest score for Gaspadyня cv. The highest polyphenols loss in chips stored in aluminum foil was typical for Gaspadyня cv chips, while storage in paper bags – for chips from Dobrynya cv chips. In a whole, the results of the present investigation indicate the importance intervarietal differences in beet chips production, as genetic differences determine taste and storability of the product.

Keywords: beet, roots, chips, self-life, antioxidants, intervarietal differences

1. Введение

Высокое содержание биологически активных соединений, антиоксидантов и природных красителей определяют широкий спектр применения корнеплодов свеклы столовой в самых разных областях: медицине, косметике, в качестве источника природных красителей, для повышения сохранности мяса, а также получения специфических продуктов питания, богатых антиоксидантами: соков, сладостей и чипсов. Особое направление получило использование кожуры красной свеклы в качестве аттрактанта для малярийных комаров [1] а также применение оранжевых сортов в аналитической химии в качестве индикатора pH (рис. 1).

Среди продуктов питания чипсы в этой связи занимают



Рис. 1. Использование корнеплодов свеклы
Fig. 1. Beet roots utilization

особое положение, как продукт, широко востребованный среди населения, и предназначенный как для взрослых, так и для молодежи, и отличающийся высокими уровнями антиоксидантной активности, сахаров, пищевых волокон и минералов. Присутствие беталаиновых пигментов, представленных бетаксантинами (оранжевые пигменты) и бетацианинами (красные пигменты), обеспечивают максимально высокую антиоксидантную активность водных экстрактов, предупреждая возникновение и развитие различных заболеваний, связанных с окислительным стрессом и проявляя гепатопротекторное, кардиопротекторное, противовоспалительное, противораковое действие [2, 3]. Биохимический состав корнеплодов свеклы столовой и способность накапливать значительные концентрации нитратов определяют перспективность применения свеклы для лечения сердечно-сосудистых заболеваний [4].

Приготовление чипсов, основанное на высушивании растительного материала, приводит к изменению как физических, так и химических свойств, пищевой ценности, микробиологической стабильности и биодоступности компонентов [5, 6]. Так, для свеклы столовой показано, что усвоение антиоксидантов, включая полифенолы, идет более активно из высушенного продукта, чем из сырых корнеплодов [7].

Получение продукта высокого качества без добавок и консервантов с природным ароматом и вкусом и хорошей лежкостью является важнейшим требованием при изготовлении чипсов, что подразумевает обеспечение быстроты процесса высушивания [8, 9;10]. Среди различных методов высушивания два: конвекционная и лиофильная сушки являются наиболее распространенными. Однако если первый характеризуется использованием сравнительно высоких температур, приводя к деградации значительного количество биологически активных соединений, то второй отличается длительностью процесса и высоким энергопотреблением. Снижение дегустационной оценки продукта, подвергнутого воздействию высокой температуры (обычно 65...85оС) наиболее часто отражается в снижении пористости и повышении жесткости высушенного продукта [6]. Повышенные температуры могут также ухудшать цвет продукта, что особенно четко проявляется на сохранности беталаиновых пигментов корнеплодов свеклы столовой. Эти соединения, как известно, очень чувствительны к высоким температурам, свету и воздействию кислорода [11].

С другой стороны, гораздо меньшее внимание до настоящего времени уделялось сохранности полифенолов в чипсах из корнеплодов свеклы столовой, а также изменению общей антиоксидантной активности жирорастворимых соединений. В связи с этим целью настоящей работы явилась оценка эффективности использования различных технологических приемов приготовления и хранения чипсов из корнеплодов разных сортов свеклы столовой селекции ФНЦО.

2. Материалы и методы

2.1. Получение исходного сырья

Свеклу столовую сортов Добрыня, Любава, Гаспадыня и перспективный сортотип А-125

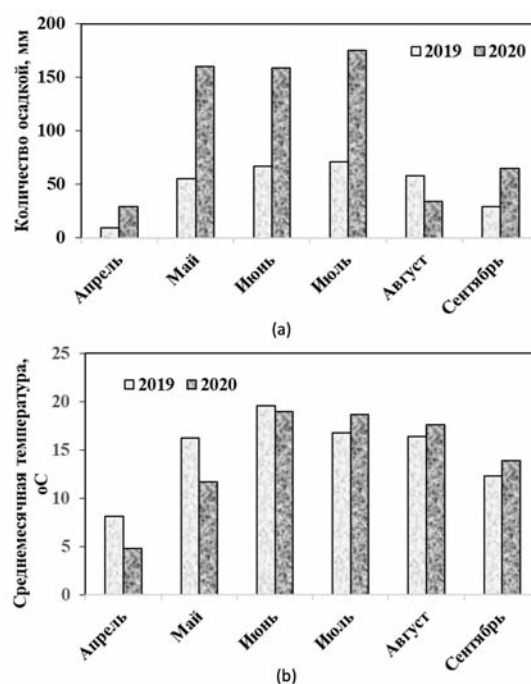


Рис 2. Среднемесячное количество осадков (а) и температура (b) в 2019-2020 годах
Fig. 2. Mean month precipitation (a) and temperature (b) in 2019-2020

выращивали на опытных полях ФНЦО в 2019-2020 годах (Московская обл. 55°39.51'N, 37°12.23'E). Почва опытного участка дерново-подзолистая тяжелосуглинистая с pH=6.8. Содержание органического вещества – 2.1%, N – 108 мг/кг сухой массы, P₂O₅ – 450 мг/кг сухой массы, K₂O – 357 мг/кг сухой массы, сумма обменных оснований – 95.2%. Климатические особенности исследованного периода представлены на рис.2 а, б.

Уборку корнеплодов проводили в первой декаде сентября, хранение осуществляли в стандартных условиях.

Перед проведением анализов корнеплоды освобождали от остатков почвы, промывали водой, подсушивали на воздухе и снимали кожуру. Пять корнеплодов каждого сорта гомогенизировали и использовали для проведения биохимических анализов: установления содержания сухого вещества, сахаров, беталаиновых пигментов, полифенолов, нитратов, водорастворимых соединений и общей антиоксидантной активности.

2.2. Приготовление чипсов

Для получения чипсов 20 очищенных корнеплодов каждого сорта нарезали дольками толщиной 2 мм на овощерезке (CL-50 Robot couple, Франция). Нарезанные ломтики сушили или в сушильном шкафу (конвекционная сушка, сушильный шкаф), или применяли лиофильную сушку (Delta 1-24, Германия). Перед проведением процесса лиофилизации чипсы замораживали до -40°C (холодильник Haier-DW-40L508, Китай).

2.3. Хранение чипсов

Для выбора наиболее оптимальных условий хранения полученных чипсов применяли следующие упаковки: 1) бумажные пакеты, вакуумированная полиэтиленовая пленка (ГОСТ 10354-82) и алюминиевая фольга (ГОСТ 12302-2013). Толщина полиэтиленовой пленки составила 0.5 мм. Вакуумирование упаковок осуществляли на вакуумном упаковщике Jumbo 42 (Голландия). Упакованные образцы хранили при комнатной температуре в темном помещении. Сохранность антиоксидантов регистрировали по соответствующим показателям до и через 8 месяцев после хранения.

2.4. Биохимические показатели

2.4.1. Сухое вещество определяли гравиметрически после высушивания образцов при 70°C до постоянной массы [12].

2.4.2. Содержание сахаров устанавливали цианидным методом [12].

2.4.3. Водорастворимые соединения

Уровень накопления водорастворимых соединений определяли в водных экстрактах образцов с использованием портативного кондуктометра TDS-3 (Сеул, Корея).

2.4.4. Нитраты

Уровень нитратов регистрировали в водных экстрактах с применением ион селективного электрода на иономере Эксперт 001 (Эконикс, Россия)

2.4.5. Беталаиновые пигменты

Содержание беталаиновых пигментов определяли спектрофотометрически по величине поглощения водных экстрактов при 535 нм (бетацианины) и 485 нм (бетаксантины), используя соответствующие значения экстинкций 60000 (бетацианины) и 48000 (бетаксантины) [13].

2.4.6. Полифенолы

Содержание полифенолов определяли спектрофотометрически с помощью реактива Фолина-Чиокалтеу [13]. 1 г сухого порошка образцов растительного материала экстрагировали в течение часа при 80°C 20 мл 70% этанола. Раствор охлаждали до комнатной температуры, переносили количественно в 25 мл мерную колбу и доводили до метки 70% спиртом. Полученный экстракт перемешивали и фильтровали через складчатый фильтр. В мерную колбу на 25 мл добавляли 1 мл экстракта, 2,5 мл насыщенного раствора карбоната натрия Na₂CO₃ и 0,25 мл разбавленного вдвое дистиллированной водой реактива Фолина-Чиокалтеу. Полученную смесь после интенсивного перемешивания доводили до метки дистиллированной водой. Через час после окончания реакции измеряли показатель поглощения раствора при 730 нм на спектрофотометре Unicо 2804 UV (США). Содержание полифенолов рассчитывали по стандартной кривой, полученной с использованием растворов галловой кислоты (Sigma) в интервале концентрации 0-90 мкг/мл. Результаты определения выражали в мг-экв. галловой кислоты/г сухой массы (мг ГКЭ/г с.м.).

2.4.7. Антиоксидантная активность (АОА)

Для определения антиоксидантной активности использовали титриметрический метод [13], основанный на титровании раствора 0.01 N KMnO₄ в кислой среде этанольным экстрактом (см.2.4.6) высушенных гомогенизированных корнеплодов свеклы столовой или чипсов до обесцвечивания раствора, свидетельствующего о полном восстановлении Mn⁺⁶ до Mn⁺². В качестве внешнего стандарта использовали галловую кислоту. Результаты определения выражали в мг-экв галловой кислоты/г сухой массы (мг ГКЭ/г с.м.).

2.4.8. Статистика

Статистическую обработку материала осуществляли с использованием статистической программы Excell.

3. Результаты и обсуждения

3.1. Биохимическая характеристика исходного сырья

Выбранные сорта свеклы столовой для приготовления чипсов характеризовались высоким содержанием беталаиновых пигментов, полифенолов, общей антиоксидантной активности и дисахаров (табл.1). Общее содержание сахаров составило 73-78% в расчете на сухую массу. Однако, по содержанию моносахаров выделился сорт Гаспадыня, в корнеплодах которого содержание моносахаров оказалось в 2-5 раз больше, чем в сортах Добрыня, Любава и сортообразце А-125.

Данные таблицы 2 показывают, что все используемые сорта имели сходное содержание беталаиновых пигментов, общий уровень антиоксидантной активности жирорастворимых антиоксидантов и содержание полифенолов. Исключение составил сорт Любава, содержание беталаиновых пигментов в корнеплодах которого было достоверно ниже, чем в сортах Гаспадыня, Добрыня и в корнеплодах перспективного сортообразца А-125, что отражалось также на более низком показателе антиоксидантной активности водного экстракта корнеплодов этого сорта.

Таблица 1. Содержание сухого вещества, сахаров, нитратов и водорастворимых соединений в корнеплодах свеклы
Table 1. Dry matter, sugar and total dissolved solids content in beet root

Сорт Cultivar	Сухое вещество, % Dry matter	Моносахара, %* Monosaccharides, %	Дисахара, %* Disaccharides, %	Соотношение Ди/моно Di/mono sugar ratio	Общее содержание сахаров, %* Total sugar, %	Нитраты, мг/кг ⁻¹ с.м. Nitrates, mg/kg d.w.
Добрыня Dobrynya	19.3a	5.9b	72.1ab	12.2b	78.0ab	157a,b
Любава Lubava	19.0a	6.6b	84.3a	12.8b	90.9ab	132b
Гаспадыня Gaspadynya	20.5a	14.3a	77.9ab	5.4c	92.2a	102c
A-125	18.7a	2.8c	70.3b	25.1a	73.1b	176a
M±SD	19.4±0.6	7.4±3.5	76.2±5.0	13.9±5.6	83.6±8.0	113±34
CV, %	3.1	47.3	6.6	33.1	9.6	30.0

*в расчете на сухую массу. Значения в столбцах с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p<0.05$

*per d.w. Values in columns with similar letter do not differ statistically according to Duncan test at $p<0.05$

Таблица 2. Показатели антиоксидантного статуса корнеплодов свеклы
Table 2. Antioxidant status of beet roots

Сорт Cultivar	АОА, мг ГКЭ/г с.м. mg GAE/g d.w.		TP мг ГКЭ/г с.м. mg GAE/g d.w.	BC мг/г Betacyanines, mg/g	BX мг/г Betaxanthines, mg/g	BN мг/г Total betalain pigments, mg/g
	вода* water*	70% этанол** 70% ethanol				
Добрыня Dobrynya	5.3a	12.8bc	10.3a	1.31a	0.72a	2.03ab
Любава Lubava	3.5bc	11.6c	9.9a	0.82b	0.44b	1.26c
Гаспадыня Gaspadynya	5.0a	13.7ab	10.5a	1.52a	0.75a	2.27a
A-125	3.9bc	14.6a	11.2a	1.42a	0.62a	2.29a
M±SD	4.2±0.6	12.7±1.0	10.4±0.4	1.17±0.25	0.60±0.10	1.81±0.38
Интервал концентраций Concentration range	3.4-5.3	11.0-14.6	9.8-11.2	0.82-1.52	0.44-0.75	1.32-2.29

Условия экстракции: *20 °C; 15 минут; **80°C, 1 час

АОА – общая антиоксидантная активность; TP – полифенолы; BC – бетацианины; BX – бетаксантины; BN – беталаиновые пигменты. Значения в рядах с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $p<0.05$

Extraction conditions: *20 °C; 15 minutes; **80°C, 1 hour

АОА – total antioxidant activity; TP – total polyphenols. Values in lines with similar letters do not differ statistically according to Duncan test at $p<0.05$

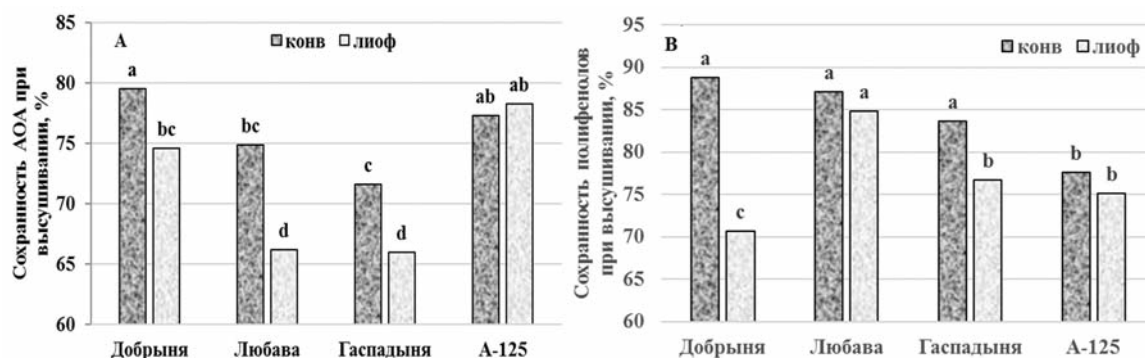


Рис. 3. Сохранность АОА (А) и полифенолов (В) в процессе конвекционной и лиофильной сушки

Fig. 3. AOA and TP self-life during convection and freeze drying

3.3. Устойчивость антиоксидантов в условиях приготовления чипсов

Способ сушки может изменять микроструктуру корнеплодов и влиять на освобождение биологически активных соединений в процессе переваривания пищи. По данным [7], при высушивании корнеплодов свеклы при 60°C конвекционной сушкой и в условиях лиофильной сушки (-50°C, 30 Pa) теряется до 42% и 29% полифенолов соответственно. Наблюдаемые потери полифенолов в настоящей работе достоверно различались для Добрыни и Гаспадыни и были одинаковыми для Любава и сортообразца А-125. При этом, в отличие от указанной работы [7], наши данные свидетельствуют о меньшей устойчивости полифенолов в корнеплодах свеклы столовой в условиях лиофильной сушки.

Мы использовали две технологии приготовления чипсов: на основе конвекционной сушки и лиофильной (рис.1). По сравнению с конвекционной лиофильная сушка обеспечивает наибольшую сохранность биологически активных соединений, включая природные пигменты, благодаря использованию низкой температуры и приводит к образованию высокопористого материала [14].

Полученные результаты свидетельствуют о высокой сортоспецифичности сохранности общей антиоксидантной активности и содержания полифенолов. Так, АОА жирорастворимых антиоксидантов сохранялась

наилучшим образом для сортов А-125 и Добрыня. Различий в сохранности АОА мы не наблюдали между конвекционной и лиофильной сушкой корнеплодов А-125, а в отношении сохранности полифенолов – еще и для сорта Любава. Напротив, для остальных сортов сохранность исследуемых показателей была наибольшей при конвекционной сушке. Наблюдаемое явление, по-видимому, связано с высокой пористостью лиофилизированного продукта, что приводит к более быстрому протеканию процессов окисления [15]. Обращает внимание, что лиофильная сушка оказывает наибольшее отрицательное влияние на сохранность полифенолов сорта Добрыня по сравнению с сушкой конвекционной.

В целом в зависимости от сорта сохранность АОА колеблется при конвекционной сушке от 71.6 до 79.5%, при лиофильной – от 66 до 78.3%. С другой стороны, эти результаты не оценивают потери беталаиновых пигментов при высушивании, поскольку объектом являются только жирорастворимые антиоксиданты.

3.3.2. Устойчивость при хранении

3.3.2.1. Бумага – самый дешевый вид упаковки

Интересно, что при хранении чипсов в бумаге в течение полугода наибольшие потери общей антиоксидантной активности также наблюдались для чипсов из корнеплодов сорта Добрыня. Этот сорт характеризовался наименьшей сохранностью полифенолов при хранении в присутствии воздуха- бумажном паке-

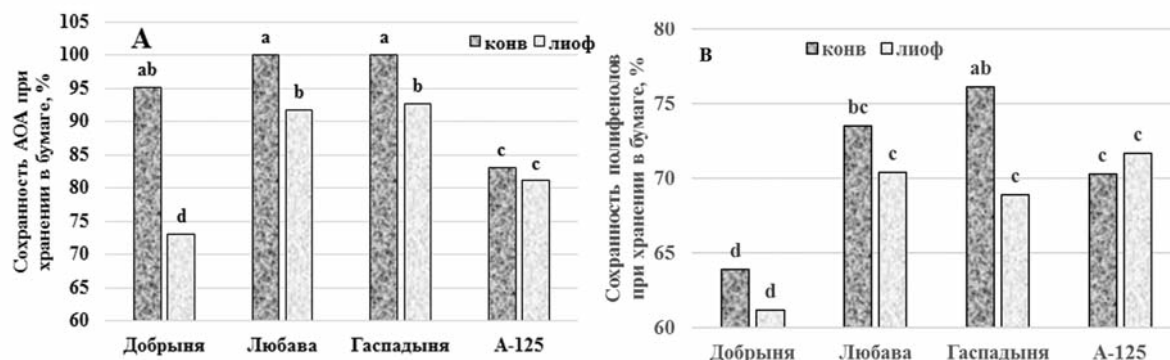


Рис.4. Сохранность АОА (А) и полифенолов (В) чипсов, полученных конвекционной и лиофильной сушкой через 8 месяцев хранения в бумажных пакетах (значения с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $P < 0.05$)

Fig. 4. AOA (A) and TP (B) self-life in chips, obtained using convection and freeze drying after 8 months storage in paper bags

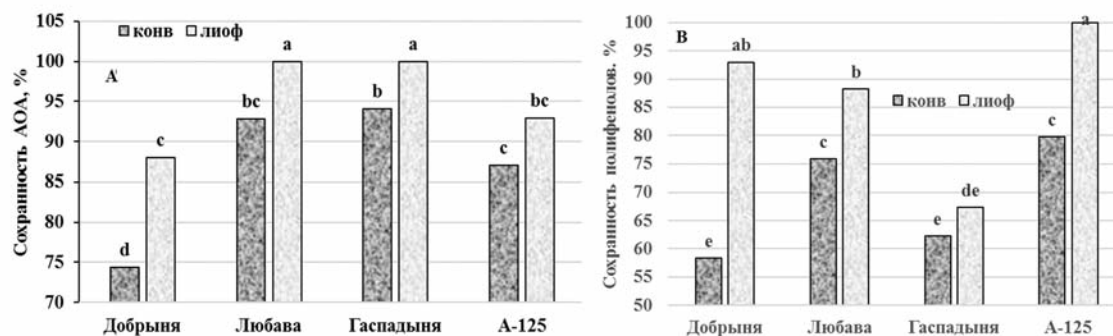


Рис.5. Сохранность АОА (А) и полифенолов (В) чипсов, полученных конвекционной и лиофильной сушкой через 8 месяцев хранения в пакетах из полиэтиленовой пленки, упакованных под вакуумом (значения с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $P < 0.05$)

Fig.5. AOA (A) and TP (B) self-life in chips, obtained using convection and freeze drying after 8 months storage in vacuum sealed plastic bags (values with similar letters do not differ statistically according to Duncan test at $p < 0.05$)

те. Продукт после конвекционной сушки оказывается наиболее устойчивым к окислению, особенно для сортов Любава и Гаспадыня и снижается до 80% у сорта А-125. Сохранность полифенолов в целом в этих условиях варьировала от 65 до 75%.

3.3.2.2. Полиэтиленовая пленка для вакуумной упаковки

В этих условиях при отсутствии воздуха более устойчивыми при хранении оказывается продукт, полученный при лиофильной сушке. Во-первых, при таком хранении показатель общей антиоксидантной активности оказывался сравнительно постоянным и приближался к 100% как для продукта после конвекционной, так и лиофильной сушки. Наибольшие различия между конвекционным и лиофильным продуктом были установлены для сорта Добрыня, для которого, по-видимому, важнейшим фактором сохранности является наличие или отсутствие кислорода.

3.3.2.3. Сохранность в фольге при вакуумировании

Анализ стабильности беталаиновых пигментов свеклы столовой по сравнению с сохранностью антоцианов краснокочанной капусты при хранении пюре в вакуумной упаковке в пленке при 7°C в течение 80 дней выявил существенно более низкую устойчивость беталаиновых пигментов (от 4 до 49% в зависимости от выбранной пленки) по сравнению с антоцианами, где потери не превышали 4% [16], что указывает на

высокую значимость выбора условий хранения для получения максимального уровня сохранности беталаиновых пигментов. Популярными сайтами по переработке свеклы указывают на то, что при жарке красной и оранжевой свеклы в алюминиевой фольге свекла чернеет, что указывает на снижение качества продукта при высоких температурах. Однако, научное обоснование этого явления не приведено.

Характер изменений как общей антиоксидантной активности, так и содержания полифенолов при хранении в фольге отличается от данных, полученных для полиэтиленовой и бумажной упаковки. Для сортов Добрыня, Любава и А-125 сохранность одинакова как для лиофилизированного продукта, так и конвекционного за исключением сорта Гаспадыня. При этом наименьшая сохранность АОА оказалась характерной для А-125, а наибольшая - для сорта Любава.

Что касается сохранности полифенолов, то здесь различий также между лиофилизированным и конвекционным продуктом нет, однако, наименьшая сохранность полифенолов оказалась не для сорта А-125, как это наблюдалось для показателя общей антиоксидантной активности, а у сорта Гаспадыня (табл.3).

3.4. Дегустационная оценка

Обращает внимание, что наименьшие показатели дегустационной оценки лиофилизированного продукта были характерны для аромата, вкуса и текстуры, в то

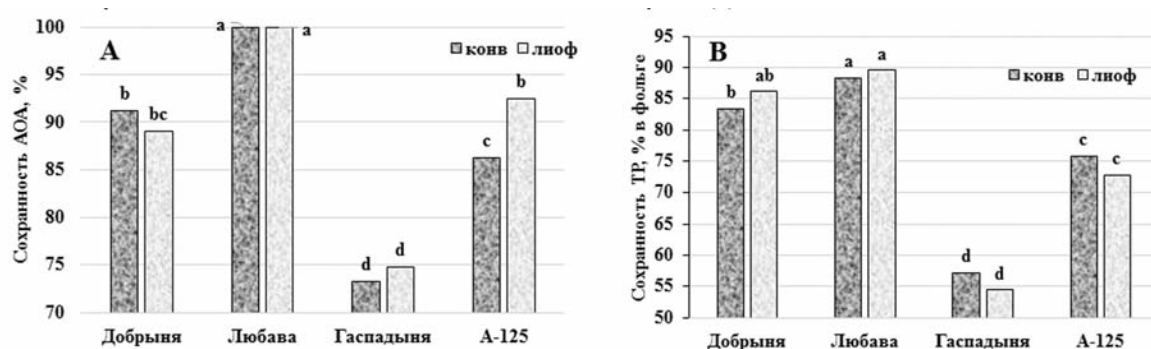


Рис.6. Сохранность АОА (А) и полифенолов (В) чипсов, полученных конвекционной и лиофильной сушкой через 8 месяцев хранения в алюминиевой фольге (значения с одинаковыми индексами статистически не различаются согласно тесту Дункана при $P < 0.05$)

Fig. 6. AOA (A) and TP (B) self-life in chips, obtained using convection and freeze drying after 8 months storage in aluminum foil (values with similar letters do not differ statistically according to Duncan test at $p < 0.05$)

Таблица 3. Средние показатели сохранности полифенолов и общей антиоксидантной активности чипсов
Table 3. Mean values of chips polyphenols and total antioxidant activity self-life

Условия хранения Storage conditions	АОА, мг-ГКЭ/г с.м. mg GAE/g d.w.		ТР, мг-ГКЭ/г с.м. mg GAE/g d.w.	
	Конвекционная сушка Convention drying	Леофильная сушка Freeze drying	Конвекционная сушка Convention drying	Леофильная сушка Freeze drying
Фольга Aluminum foil	87.7±7.9	89.1±7.2	76.1±9.7	75.7±12.1
Полиэтилен Plastic bags	88.6±7.1	93.8±6.3	74.2±13.8	82.1±8.5
Бумага Paper bags	96.6±7.4	84.6±7.6	71.0±4.5	68.1±2.9

время как максимальное число баллов завоевывали такие показатели, как цвет и внешний вид (рис.7,8). Данные результаты подтверждают большую сохранность беталаиновых пигментов в условиях лиофильной сушки и находятся в хорошем соответствии в данными работы [14].

Полученные результаты (рис.8) указывают также на то, что различия в общей дегустационной оценке чипсов, полученных как с использованием лиофильной усушки, так и особенно конвекционной, в значительной степени являются сортозависимыми. Из пред-

ставленных сортов сорт Гаспадыня характеризовался наименьшими показателями дегустационной оценки чипсов, полученных в условиях конвекционной сушки. Связано ли это явление с высоким содержанием моносахаров в корнеплодах свеклы Гаспадыня по сравнению с другими сортами, требует дополнительного исследования.

Заключение

Представленные результаты свидетельствуют о важном влиянии межсортовой изменчивости на вкусовые свойства и

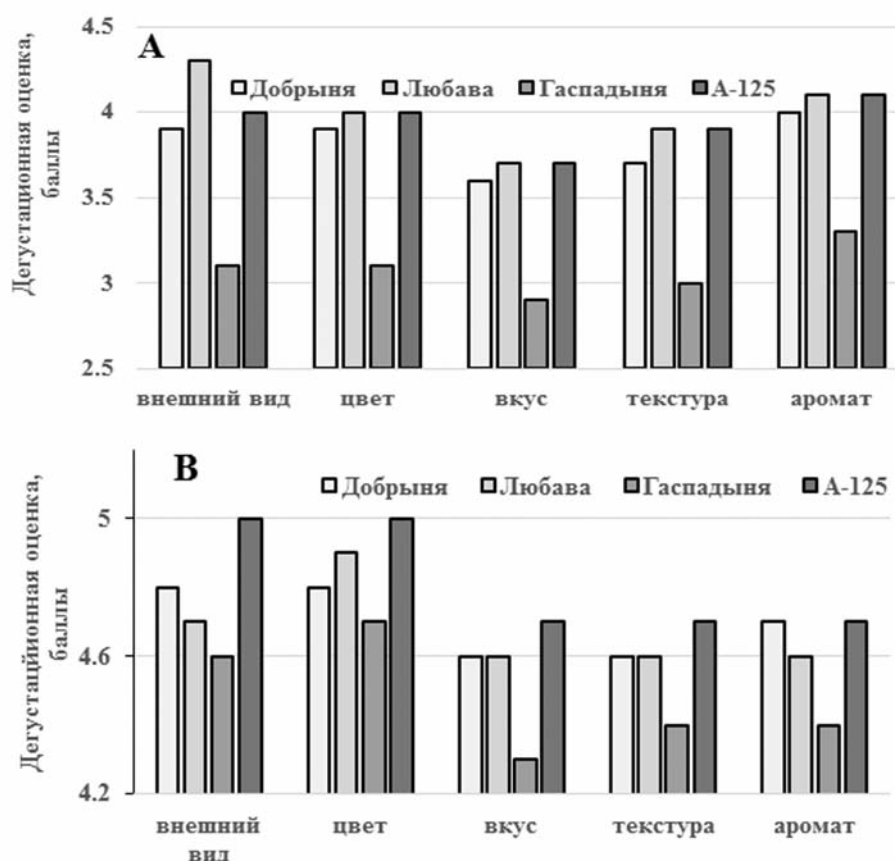


Рис.7. Дегустационная оценка чипсов, полученных конвекционной (А) и (В) лиофильной сушкой
Fig. 7. Tasting evaluation of chips, obtained via convection (A) and freeze drying (B)

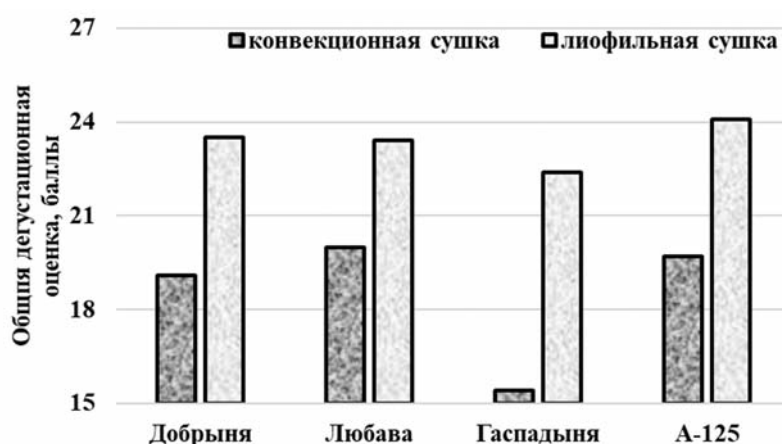


Рис.8. Общая дегустационная оценка чипсов из корнеплодов 5 сортов свеклы столовой
Fig. 8. Tasting evaluation of chips from five beet cultivars

сохранность чипсов из корнеплодов свеклы столовой. Для отечественных сортов установлено, что в фольге наибольшая сохранность как общей антиоксидантной активности, так и содержания полифенолов характерны для сортов Добрыня и Любава. В полиэтилене хорошую сохранность дает только лиофилизированный продукт при наилучших показателях для сортов А-125 и Любава. Сохранность чипсов при хранении в бумаге более высокая для конвекционного продукта, причем

максимальные значения сохранности у сорта Добрыня.

Выявленные сортовые особенности органолептических показателей и показателей сохранности чипсов, приготовленных из корнеплодов свеклы столовой, указывают на предпочтение использования вакуумированной упаковки и необходимость комплексной оценки продукции, включая показатели сохранности бетаиновых пигментов, антиоксидантов и вкусовые качества продукта.

Об авторах:

Владимир Александрович Заячковский – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства корнеплодных культур, <https://orcid.org/0000-0001-9821-5381>, vladimir898542178114@mail.ru

Анастасия Ильинична Молдован – аспирант, nastiamoldovan@mail.ru

Владимир Ильич Терешонков – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лабораторно-аналитического отдела, tereshonok-74@inbox.ru

Виктор Александрович Харченко – кандидат с.-х. наук, зав. лабораторией селекции и семеноводства зеленных, пряно-вкусовых и цветочных культур, <https://orcid.org/0000-0003-2775-9140>, kharchenkoviktor777@gmail.com

Марина Сергеевна Антошкина – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лабораторно-аналитического отдела, <https://orcid.org/0000-0002-5510-4873>, limont_m@mail.ru

Леонид Васильевич Павлов – доктор с.-х. наук, старший научный сотрудник лабораторно-аналитического отдела, pavlov.l.v@vniissok.ru

Надежда Александровна Голубкина – доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник лабораторно-аналитического отдела, автор для переписки, segolubkina45@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1803-9168>

Виктор Алексеевич Степанов – кандидат с.-х. наук, зав. лабораторией селекции и семеноводства столовых корнеплодов, vstepanov8848@mail.ru

About the authors:

Vladimir A. Zayachkovsky – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, Laboratory of Breeding and Seed Production of Root Crops, <https://orcid.org/0000-0001-9821-5381>, vladimir898542178114@mail.ru

Anastasia I. Moldovan – Graduate Student, Junior Researcher, laboratory of Selection And Seed Production Of Green, Spice-Flavoring and Flower Crops, nastiamoldovan@mail.ru

Vladimir I. Tereshonok – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, tereshonok-74@inbox.ru

Viktor A. Kharchenko – Cand. Sci. (Agriculture), Head of Laboratory of Selection and Seed Production of Green, Spice-Flavoring and Flower Crops, <https://orcid.org/0000-0003-2775-9140>, kharchenkoviktor777@gmail.com

Marina S. Antoshkina – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher Laboratory Analytical Department, <https://orcid.org/0000-0002-5510-4873>, limont_m@mail.ru

Leonid V. Pavlov – Dc. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, pavlov.l.v@vniissok.ru

Nadezhda A. Golubkina – Doc. Sci. (Agriculture), Leading Researcher of laboratory-analytical department, Correspondence Author, segolubkina45@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1803-9168>

Viktor A. Stepanov – Cand. Sci. (Agriculture), Head of laboratory of breeding and seed production of table root crops, vstepanov8848@mail.ru

• Литература / References

- Melo N., Wolff G.H., Costa-da-Silva A.L., Arribas R., Triana M.F., Gugger M., Riffell J.A., DeGennaro M., Stensmyr M.C. Geosmin Attracts *Aedes aegypti* Mosquitoes to Oviposition Sites. *Current Biology*. 2020;(30):127-134.
- Fu Y., Shi J., Xie S.-Y., Zhang T.-Y., Soladoye O.P., Aluko R.E. Red Beetroot Betalains: Perspectives on Extraction, Processing, and Potential Health Benefits. *Agriculture and Food Chemistry*. 2020;68(42): 11595–11611; <https://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.0c04241>
- Ceclu L., Nistor O.-V. Red Beetroot: Composition and Health Effects - A Review. *Journal of Nutritional Medicine and Diet Care*. 2020;6(1):article 043; doi:10.23937/2572-3278.1510043.
- dos S. Baião D., da Silva D.V.T., Paschoalin V.M.F. Beetroot, A Remarkable Vegetable: Its Nitrate and Phytochemical Contents Can be Adjusted in Novel Formulations to Benefit Health and Support Cardiovascular Disease Therapies. *Antioxidants* 2020;(9):article 960. doi:10.3390/antiox9100960.
- Brown Z.K., Fryer P.J., Norton I.T., Bakalis S., Bridson R.H. Drying of foods using supercritical carbon dioxide-Investigations with carrot. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2008;(9):280–289.
- Witrowa-Rajchert D., Rzača M. Effect of Drying Method on the Microstructure and Physical Properties of Dried Apples. *Drying Technology*. 2009;(27):903–909. <https://doi.org/10.1080/07373930903017376>.
- Dalmau M.E., Eim V., Rosselló C., Cárcel J.A., Simal S. Effects of convective drying and freeze-drying on the release of bioactive compounds from beetroot during in vitro gastric digestion. *Food and Functional Journal*. 2019;10(6):3209-3223. doi: 10.1039/c8fo02421a.
- Nijhuis H.H., Torringa H.M., Muresan S., Yuksel D., Leguijt C., Kloek W.

Approaches to improving the quality of dried fruit and vegetables. *Trends in Food Science and Technology*. 1998;(9):13–20. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(97\)00007-1](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(97)00007-1).

9. Mayor L., Sereno A.M. Modelling shrinkage during convective drying of food materials: A review. *Journal of Food Engineering*. 2004;(61):373–386.

10. Jayaraman K.S., Das Gupta D.K. Drying of Fruits and Vegetables. In Handbook of Industrial Drying, 4th ed.; Mujumdar, A.S., Ed.; CRC Press, Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL, USA, 2015; pp. 611–635.

11. Nistor O.-V., Seremet L., Andronoiu D.G., Rudi L., Botez E. Influence of different drying methods on the physicochemical properties of red beetroot (*Beta vulgaris* L. var. *cylindra*). *Food Chemistry*. 2017;(236):59–67; <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.129>.

12. Кидин В.В. Практикум по агрохимии. 2008. изд. Колос [Kidin V.V. Workshop on Agrochemistry. 2008. Kolos] (in Russ.).

13. Голубкина Н.А. Антиоксиданты растений и методы их определения. М., Инфра-М. 2020 [Golubkina N., Kekina H., Molchanova A., Antoshkina M., Nadezhkin S., Soldatenko A. Plants antioxidants and methods of their determination, Moscow, Infra-M, 2020] (in Russ.).

14. Tomic N., Djekic I., Hofland G., Smigic N., Udovicki B., Rajkovic A. Comparison of Supercritical CO₂ -Drying, Freeze-Drying and Frying on Sensory Properties Of Beetroot. *Foods*. 2020;(9):article 1201; doi:10.3390/foods9091201

15. Prosapio V., Lopez-Quiroga E. Freeze-Drying Technology in Foods. *Foods*. 2020;9(7):920; <https://doi.org/10.3390/foods9070920>- 13 Jul 2020

16. Sonar C.R., Rasco B., Tang J., Sablani S.S. Natural color pigments: Oxidative stability and degradation kinetics during storage in thermally pasteurized vegetable purees. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2019;99(13):5934-5945; doi: 10.1002/jsfa.9868