

УДК 664.34:637.144

Поступила в редакцию 23.07.2023
Received 23.07.2023**А. Н. Никитенко¹, А. М. Мазур², А. А. Синило¹, М. А. Клыпутенко¹**¹Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь²Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ПЕРЕРАБОТКИ ФРУКТОВОГО СЫРЬЯ НА ИЗМЕНЕНИЯ
СОДЕРЖАНИЯ ФЕНОЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ**

Аннотация. Роль растительного сырья и потребность регулярного потребления фруктов человеком доказана многочисленными исследованиями. Технологическая переработка осуществляется с целью сохранения пищевой ценности сырья, рациональной реализации продукции. К числу наиболее распространенных видов тепловой обработки растительного сырья относят: бланширование, пастеризацию, различные методы сушки. Фенольные вещества фруктов обладают антиоксидантными свойствами, снижают вероятность развития ряда заболеваний. Цель работы — исследовать влияние некоторых способов обработки фруктового сырья на содержание фенольных веществ при производстве продукции. В результате проведенных исследований определено, что по показателям: величине активности воды, содержанию влаги, растворимых сухих веществ, твердости, яблоки сортов Антоновка обыкновенное, Ауксис, Имант, ягоды черной смородины и черники были пригодны для переработки. Наибольшее содержание фенольных соединений обнаружено в яблоках сорта «Ауксис» — $381,6 \pm 30,4$ мг/100 г, в ягодах черники — $783 \pm 35,1$ мг/100 г, что обусловлено степенью зрелости, генетическими и морфологическими признаками. Все виды теплового воздействия привели к снижению содержания фенольных соединений. Существенное влияние на уменьшение содержания биологически активных соединений нарезанных на пластины яблок оказывает бланширование в воде — до 14 % от исходного в сырье, ягод — контактная сушка — до 23 % от исходного в сырье. Установлено, что с точки зрения сохранения биологически активных соединений, сублимационная сушка превосходит другие виды обработки, поскольку обеспечивает содержание 82 % фенольных веществ, 63 % антоцианов фруктового сырья. Обработка аскорбиновой кислотой перед высушиванием позволяет сохранить до 17 % фенольных веществ сырья. Все рассмотренные способы обработки фруктов оказывают сильное влияние на содержание биологически активных соединений в продуктах. Полученные данные могут быть использованы при прогнозировании содержания фенольных веществ, в частности антоцианов, при производстве пищевых продуктов и биологически активных добавок из фруктового сырья.

Ключевые слова: яблоки, черная смородина, черника, фенольные вещества, сушка, бланширование.

A. N. Nikitenko¹, A. M. Mazyr², A. A. Sinilo¹, M. A. Klyputenko¹¹Belarusian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus²Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus**INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL
PARAMETERS OF RAW FRUIT PROCESSING ON CHANGES IN THE
CONTENT OF PHENOLIC SUBSTANCES**

Abstract. The role of vegetable raw materials and the need for regular fruit consumption by a person has been proven by numerous studies. Technological processing is carried out in order to preserve the nutritional value of raw materials, the rational sale of products. The most common types of heat

treatment of vegetable raw materials include: blanching, pasteurization, various drying methods. Phenolic substances of fruits have antioxidant properties, reduce the likelihood of developing a number of diseases. The purpose of the work is to investigate the effect of some methods of processing fruit raw materials on the content of phenolic substances in the production of products. As a result of the research, it was determined that according to the indicators: the value of water activity, moisture content, soluble solids, hardness, apples of the varieties “Antonovka ordinary”, “Auxis”, “Imant”, black currants and blueberries were suitable for processing. The highest content of phenolic compounds was found in apples of the “Auksis” variety — $381,6 \pm 30,4$ mg/100 g, in blueberries — $783 \pm 35,1$ mg/100 g, which is due to genetic and morphological characteristics, the degree of maturity. All types of thermal exposure led to a decrease in the content of phenolic compounds. Blanching in water has a significant effect on reducing the content of biologically active compounds in sliced apples — up to 14% of the original in raw materials, berries — contact drying — up to 23% of the original in raw materials. It has been established that from the point of view of preserving biologically active compounds, freeze-drying is superior to other types of processing, since it provides the content of 82% of phenolic substances, 63% of anthocyanins of fruit raw materials. Treatment with ascorbic acid before drying allows you to save up to 17% of the phenolic substances of the raw material. All considered methods of fruit processing have a strong influence on the content of biologically active compounds in products. The data obtained can be used to predict the content of phenolic substances, in particular anthocyanins, in the production of food products and biologically active additives from fruit raw materials.

Keywords: apples, black currants, blueberries, phenolic substances, drying, blanching.

Введение. Роль растительного сырья и потребность регулярного потребления фруктов человеком доказана многочисленными исследованиями. Большинство растительного сырья население употребляет после обработки, которая вызывает изменение вкусовых свойств, флейвора, текстуры, состава нутриентов, включая фенольные вещества.

Технологическая переработка осуществляется с целью сохранения сырья, его пищевой ценности, рациональной реализации продукции в межсезонный период. Способы переработки фруктов разнообразны и подразделяются в зависимости от методов воздействия на сырье и происходящих при этом процессов на: биохимические (микробиологические) — квашение, соление, мочение, производство фруктовых вин, применение консервантов и веществ асептического действия (сернистой, сорбиновой, бензойной, уксусной, молочной кислот и др.); гидромеханические — фильтрация, очистка и др.; тепловые — стерилизация, сушка, замораживание и др. Применение данных способов приводит к физическим, химическим и биологическим изменениям в сырье, влияет на питательные свойства и биодоступность фенольных соединений, что в свою очередь оказывает негативное влияние на биологически активные свойства готовых продуктов. К числу наиболее распространенных видов тепловой обработки относят: бланширование, пастеризацию и различные методы сушки [1].

На современном этапе известно несколько тысяч фенольных веществ растительного происхождения, ряд из которых обладают подтвержденными биологически активными свойствами. Фенольные соединения относятся к важным веществам «вторичного обмена». Они обнаружены в растительном сырье в виде мономеров, димеров, олигомеров, полимеров, принимающих участие в процессе обмена веществ. Классификация фенольных соединений основана на строении углеродного скелета и включает $C_6 - C_1$ (оксибензойные кислоты, ряд из которых высвобождаются при гидролизе); $C_6 - C_3$ (оксикоричные кислоты и кумарины); $C_6 - C_3 - C_6$ — флавоноиды (катехины, антоцианы, лейкоантоцианы, флаваноны, флавоны, флавонолы) и полифенольные соединения (дубильные вещества, меланины и др.) [2].

Исследования ряда авторов указали на высокую корреляцию между содержанием фенольных веществ и антиоксидантными свойствами фруктов. К числу полезных свойств фенольных соединений растительного сырья относят снижение вероятности развития ряда онкологических, сердечно-сосудистых, воспалительных и нейродегенеративных заболеваний, сахарного диабета, астмы, а также множества других болезней, развитие которых связано с окислительным стрессом [3–5].

Несмотря на проведенные многочисленные исследования, посвященные содержанию фенольных веществ в фруктовом сырье, их антиоксидантной активности и влиянию на состояние здоровья человека, нет единого мнения о воздействии технологических способов обработки на сохранение данных соединений [6, 7].

Поэтому цель работы — исследовать влияние некоторых способов обработки фруктового сырья на содержание фенольных веществ при производстве продукции.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- ♦ провести выбор объектов исследования;
- ♦ отработать надлежащие методы анализа фенольных веществ,
- ♦ оценить влияние способов обработки фруктов на содержание фенольных соединений.

Материалы и методы исследований. Яблоки, ягоды черники и черной смородины являются распространенным продуктом для широкого употребления в свежем и переработанном виде, поэтому они были выбраны в качестве объектов исследования. Отобранные фрукты, наряду с содержанием углеводов, органических кислот, пектиновых веществ, витаминов, макро- и микроэлементов, являются богатым источником фенольных соединений [8].

Для испытаний использовали яблоки сортов Антоновка обыкновенная, Ауксис и Имант (табл. 1), имеющих окраску от желтой до темно-красно-пурпуровой с различным содержанием фенольных соединений [9].

Ягоды черной смородины являются источником таких фенольных веществ, как флавоноиды: антоцианы, лейкоантоцианы, флавоны, флавонолы (кверцетин), проантоцианидины; оксибензойных кислот — п-оксибензойной, галловой и др.; кумаринов и оксикоричных кислот [10]. Плоды черной смородины также содержат углеводы, витамины (А, В₁, В₂, К, РР), микроэлементы (железо, магний, фосфор, цинк, бор, калий), органические кислоты и др.

Исследовали также ягоды черники (*Vaccinium myrtillus L.*) — источника флавоноидов: антоцианов, флавонолов, проантоцианидинов, наряду с фенольными кислотами (хлорогеновой) и полифенолами (ресвератролом). Ягоды черники также содержат сахара, пектиновые вещества, аскорбиновую, яблочную, шавелевую, лимонную кислоты, тиамин (В₁), рибофлавин (В₂), макро- и микроэлементы. В научной медицинской литературе чернику рекомендуют применять при заболеваниях глаз, желудка, печени, сахарном диабете, лечении воспалительных, онкологических, сердечно-сосудистых заболеваний [11].

Таблица 1. Характеристика фруктового сырья
Table 1. Characteristics of fruit raw materials

Наименование	Характеристика плодов	Степень зрелости	Срок созревания/ потребления
Антоновка обыкновенная	Высшего сорта. Покровная окраска желтая со слабым румянцем. Дегустационная оценка 4,5 баллов.	4,5	Зимний/ до января
Ауксис	Высшего сорта. Окрас плодов размытый в форме кармино-красного румянца. Дегустационная оценка 4,5 баллов.	4,5	Зимний/до февраля
Имант	Высшего сорта. Покровная окраска темно-красно-пурпуровая, размытая по большей части плода. Дегустационная оценка 4,5 баллов.	5	Позднезимний/ до мая
Смородина черная	Ягоды крупные, округло-овальные, черные, с плотной кожурой	5	Зимостойкая/ июль-август
Черника	Крупноплодные, округлой формы, ягоды темно-синие, плотные	5	Зимостойкая/ до сентября

Бланширование яблочного сырья проводили в воде после резки на пластины толщиной 2 мм при температуре (85±5)°С в течение 230 с. Сублимационную сушку растительного сырья проводили после механического измельчения, используя лабораторную сушилку LaboGene 100 (Дания), конвективное высушивание — при горизонтальным движением нагретого воздуха; контактное — при ступенчатом подъеме температуры до 90°С и конечной влажности 8–10 %.

Отбор проб фруктового сырья проводили согласно требованиям ГОСТ 34110, подготовку проб — по ГОСТ 26671 [12, 13]. Подготовка образцов для исследований состояла в получении однородной массы продукта путем измельчения, растирания на высокоскоростном блендере

в течение 3 мин. Перед измельчением продукта удаляли веточки, чашелистики и посторонние примеси. Далее пробы замораживали. Перед исследованием образцы размораживали в закрытой емкости, жидкую фазу, образующуюся при размораживании, добавляли в продукт. Подготовленные пробы помещали в стеклянный сосуд. Навеску пробы отбирали сразу после приготовления и тщательно перемешивали.

Перед исследованием содержания фенольных соединений образцы экстрагировали 70 % этанолом. Смесь встряхивали в темноте не менее 2 часов, обрабатывали ультразвуком частотой 25 КГц при температуре окружающей среды в ванне UM-4 «Unitra-Unima», Olsztyn (Польша).

Определение общего содержания фенольных веществ выполняли по методу Фолина-Чокольтеу, с использованием галловой кислоты в качестве стандарта. Оптическую плотность измеряли при 760 нм относительно контроля по дистиллированной воды с добавлением предусмотренных методикой реактивов. Пробы перед исследованием фильтровали через мембранный фильтр с размером пор не более 0,45 мкм.

Определение показателей, характеризующих качество фруктового сырья, выполняли с использованием следующих методов и приборов:

- ♦ массовой доли сухих веществ высушиванием навески продукта при температуре 105 °С до постоянной массы — по ГОСТ 28561 [14];
- ♦ измерение содержания растворимых сухих веществ — по ГОСТ ISO 2173 на рефрактометре ATAGO NAR-1 [15];
- ♦ твердость плодов — на пенетрометре GY-3;
- ♦ активность воды (a_w) — на анализаторе активности воды Roremeter RM–10 по ISO 21807 [16];
- ♦ степень зрелости — по йод-крахмальной пробе (для яблок) и пятибалльной шкале (5 — полностью зрелое, 0 — не зрелое) [17].

Все исследования выполнялись в условиях повторяемости и внутрилабораторной воспроизводимости.

Результаты исследований и их обсуждение. Исследуемое фруктовые сырье характеризовалось физическими и химическими показателями: величиной активности воды, содержанием влаги, растворимых сухих веществ, для яблок также определяли твердость (табл. 2). Из полученных данных видно, что все рассмотренные сорта яблок имели твердость, соответствующую для технологической переработки (не менее 7,5 кг/см²); содержание растворимых сухих веществ, удовлетворяющее требованиям стандарта ГОСТ 27572 и методических рекомендаций для переработки на другие виды продукции (более 10 %). Влагосодержание и величина a_w различных сортов яблок соответствовали изотерме сорбции воды. Самое высокое значение активности воды яблок было установлено в сорте Антоновка обыкновенная и связано с наступлением периода их употребления в пищу. Полученные значения a_w яблок, районированных в Республике Беларусь, согласовывались с ранее проведенными исследованиями [9]. Ягоды черники и черной смородины характеризовались высоким содержанием растворимых сухих веществ, что подтверждает их высокую пищевую ценность и соответствие требованиям для технологической переработки на другие виды продукции. Величина a_w ягод не коррелировала с содержанием влаги. Значения a_w черники и черной смородины свидетельствовали о том, что большинство микроорганизмов, включая бактериальные патогены пищевого происхождения могут активно расти при температурах выше плюс 8 °С.

Таблица 2. Показатели качества фруктового сырья
Table 2. Quality indicators of fruit raw materials

Наименование показателя	Яблоки			Ягоды	
	Антоновка обыкновенная	Ауксис	Имант	Смородина черная	Черника
Массовая доля растворимых сухих веществ, %	10,2±0,2	13,3±0,2	9,8±0,3	17,0±0,12	20,2±0,2
Массовая доля влаги, %	89,4±1,6	84,6±1,8	83,9±1,3	83,7±1,2	86,93±1,4
Твердость, кг/см ²	10,4±0,25	7,5±0,2	10,7±0,3	—	—
Активность воды, ед.	0,905±0,02	0,890±0,02	0,835±0,02	0,993±0,005	0,922±0,05

Результаты исследований содержания фенольных веществ в фруктовом сырье (рис. 1) свидетельствуют о том, что максимальное содержание биологически активных соединений

определено в ягодах черники ($783 \pm 35,1$ мг/100 г). Содержание фенольных соединений черники составило ($387,3 \pm 31,2$) мг/100 г, яблок варьировало в пределах (183,2 — 381,6) мг/100 г. Больше количество фенольных веществ яблок выявлено в сорте «Ауксис», что согласуется с ранее проведенными исследованиями [8, 9].

Оценка воздействия способов обработки проводилась на примере яблок с большим содержанием фенольных веществ в пересчете на сухое вещество (рис. 2).



Рис. 1. Общее содержание фенольных соединений в фруктовом сырье
Fig. 1. The total content of phenolic compounds in fruit raw materials

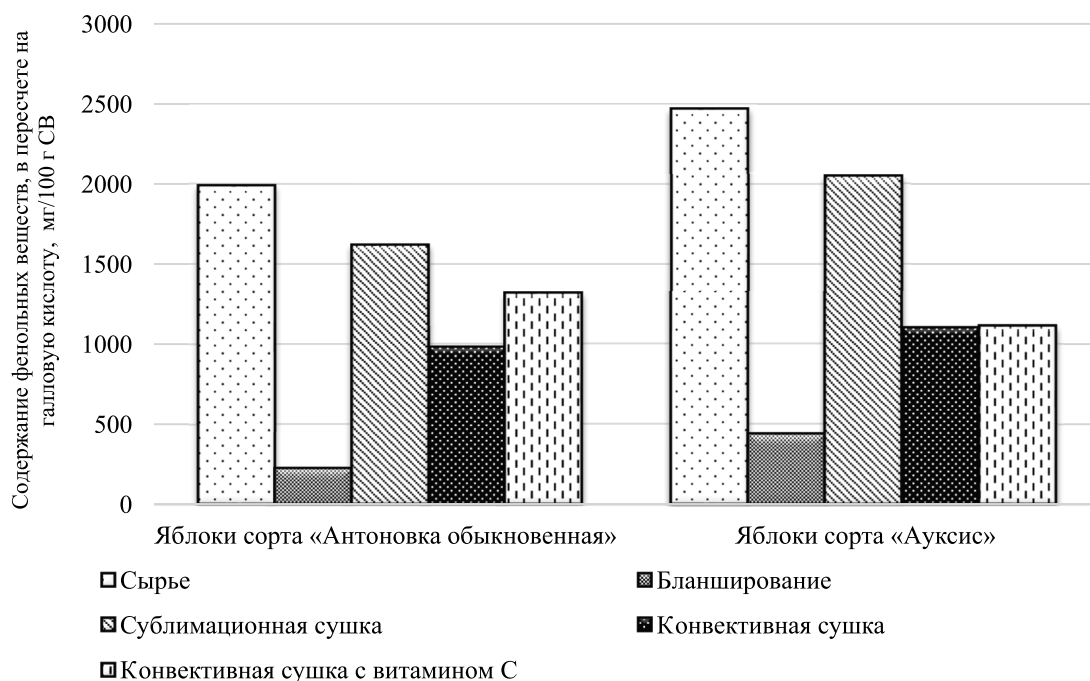


Рис. 2. Изменение содержание фенольных соединений при термической обработке яблок
Fig. 2. Change in the content of phenolic compounds during the heat treatment of apples

Lachman J. and al. привели сведения о увеличении общего содержания некоторых фенольных соединений при термической обработке [18]. Результаты выполненных эксперименталь-

ных исследований яблочных пластин $d = 2$ мм (рис. 2) показали, что бланширование при температуре 85°C в течение 230 с существенно уменьшает содержание фенольных веществ — в среднем на 86 %. Наибольшая сохранность (около 82 %) наблюдалась при использовании сублимационной сушки подготовленного растительного сырья. Конвективное высушивание пластин яблок приводило к снижению содержания фенольных соединений на 50–55%. Обработка яблочных пластин перед конвективным высушиванием в водном растворе, содержащем 1 % аскорбиновой кислоты, снижала потери фенольных веществ до 56 % от исходно количества.

Конечными веществами метаболизма фенолпропаноидных соединений растений являются антоцианы, поэтому далее рассмотрим изменение их содержания в ягодах черной смородины и черники в результате воздействия различных способов термической обработки (рис. 3).

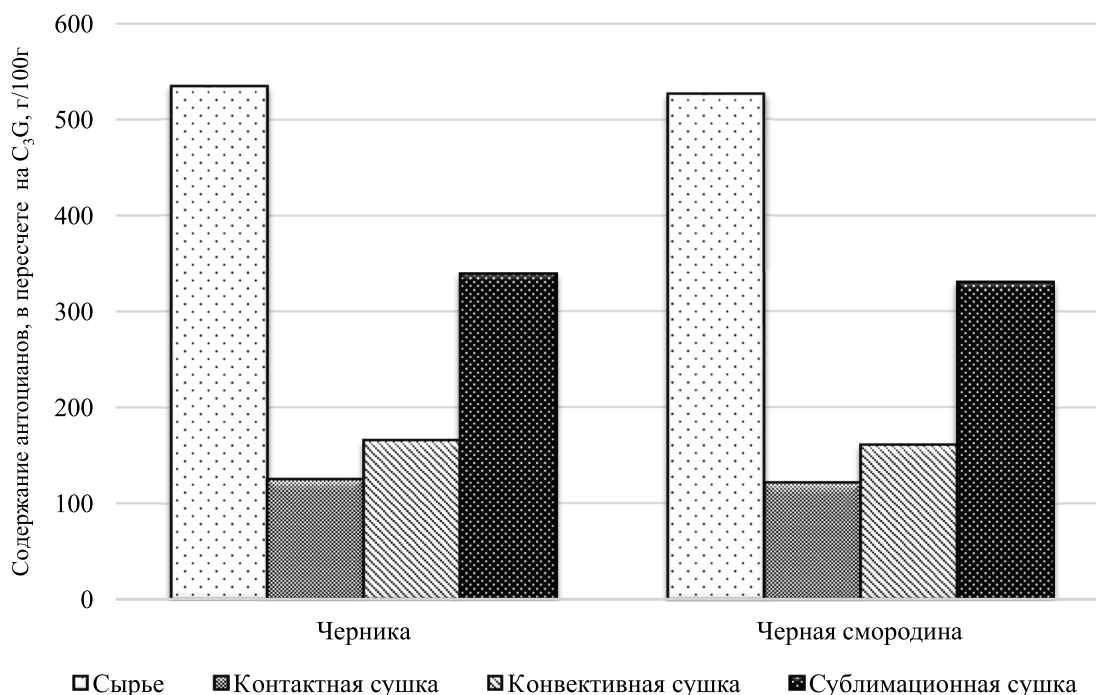


Рис. 3. Изменение содержание антоцианов ягод при термической обработке в пересчете на цианидин-3-глюкозид (C_3G)
 Fig. 3. Change in the content of anthocyanins in berries during heat treatment in terms of cyanidin-3-glucoside (C_3G)

Результаты проведенных исследований (рис. 3) показали, что существенной влияние на уменьшение содержание антоцианов в высушенной продукции оказывает контактный и конвективный способы сушки: снижение на 70 и 77 % соответственно. Сублимационная обработка позволяет сохранить до 65 % антоцианов ягодного сырья, что связано с более быстрой инактивацией окислительных ферментов в процессе глубокой заморозки, чем при конвективной и контактной сушке. Полученные данные согласуются с результатами, полученными другими исследователями [7, 19].

Заключение. В результате проведенных исследований определено, что по величине активности воды, содержанию влаги, растворимых сухих веществ, твердости яблоки сортов «Антоновка обыкновенная», «Ауксис», «Имант», ягоды черной смородины и черники были пригодны для переработки.

Наибольшее содержание фенольных соединений обнаружено в ягодах черники — $783 \pm 35,1$ мг/100 г, в то время как среди яблок в сорте «Ауксис» — $381,6 \pm 30,4$ мг/100 г, что обусловлено степенью зрелости, генетическими и морфологическими признаками.

Все виды теплового воздействия привели к снижению содержания фенольных соединений. Существенное влияние на уменьшение содержания биологически активных соединений нарезанных на пластины яблок оказывает бланширование в воде (до 14 % от исходного в сырье), ягод — контактная сушка (до 23 % от исходного в сырье).

Установлено, что с точки зрения сохранения биологически активных соединений, сублимационная сушка превосходит другие виды обработки, поскольку обеспечивает содержание 82 % фенольных веществ, 63 % антоцианов фруктового сырья.

Обработка аскорбиновой кислотой перед высушиванием позволяет сохранить до 17 % фенольных веществ сырья.

Таким образом, все рассмотренные способы обработки фруктов оказывают значительное влияние на содержание биологически активных соединений в продуктах. Полученные данные могут быть использованы при прогнозировании содержания фенольных веществ, в частности антоцианов, при производстве пищевых продуктов и биологически активных добавок из фруктового сырья.

Список использованных источников

1. Тимофеева, В. Н. Технология консервирования фруктов и овощей : учебное пособие / В.Н. Тимофеева. — Минск: Вышэйшая школа, 2021. — 303 с.
2. Пищевая химия / А.П. Нечаев [и др]. — СПб.: ГИОРД, 2001. — 592 с.
3. Молекулярные основы канцерогенеза у человека / Ф. Л. Киселев, О. А. Павлиш, А. Г. Татосян; АН СССР, АМН СССР. — Москва: Медицина, 1990. — 315 с.
4. Запрометов, М. Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функция в растениях / М. Н. Запрометов. — М.: Наука, 1993. — 272 с.
5. Химия природных соединений: учебно-методический комплекс для студентов биологических специальностей / УО «ВГУ им. П.М. Машерова»; сост.: Г.П. Кудрявцев, О.В. Мусатова. — Витебск: ВГУ, 2009. — 233 с.
6. Joshi, A.P.K. Impact of drying processes on bioactive phenolics, vitamin C and antioxidant capacity of red-fleshed apple slices. / A.P.K. Joshi, H. P. V. Rupasinghe, S. Khanizadeh // J. Food Process. Preserv. — 2011. — Vol. 35, №4. — P. 453–457.
7. Alterations in phenolic compound levels and antioxidant activity in response to cooking technique effects. / D.C. Murador, A. R. C. Braga, D. da Cunha, V. V. De Rosso // Critical Reviews In Food Science and Nutrition. — 2016. — Vol. 58, №2. — P. 169–177.
8. Ширко, Т. С. Биохимия и качество плодов / Т.С. Ширко, И.В. Ярошевич. — Минск: Навука і тэхніка, 1994. — 294 с.
9. Никитенко, А. Н. Технология чипсов из яблок, районированных на территории Республики Беларусь: автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.18.01 / А. Н. Никитенко; Могилевский государственный университет продовольствия. — Минск, 2014. — 26 с.
10. Макаркина, М. А. Характеристика сортов смородины черной по содержанию сахаров и органических кислот // М. А. Макаркина, Т. В. Янчук // Современное садоводство. — 2010. — №2. — С. 9–12.
11. Гольдина, И. А. Полифенольные соединения черники: особенности биологической активности и терапевтических свойств // И. А. Гольдина, И. В. Сафронова, К .В. Гайдунь // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2015. — № 10, часть 2. — С. 221–228.
12. Фрукты, овощи, грибы и продукты их переработки замороженные. Правила приемки и методы отбора проб: ГОСТ 34110–2017. — Введ. 01.06.2019. — Минск: Госстандарт, 2017. — 12 с.
13. Продукты переработки фруктов и овощей, консервы мясные и мясорастительные. Подготовка проб для лабораторных анализов: ГОСТ 26671–2014. — Введ. 01.10.2016. — Минск: Госстандарт, 2016. — 12 с.
14. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги: ГОСТ 28561–90. — Введ. 01.07.1991. — Минск: Госстандарт, 2011. — 12 с.
15. Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ: ГОСТ ISO 2173–2013. — Введ. 01.03.2016. — Минск: Госстандарт, 2016. — 14 с.
16. Продукты пищевые. Определение активности воды: ISO 21807:2017. — Введ. 28.11.2017. — Женева: ISO, 2017. — 5 с.
17. Никитенко, А. Н. Идентификация и выявление фальсификации пищевой продукции. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности 1–54 01 03 «Физико-химические методы и приборы контроля качества продукции» специализации 1–54 01 03 02 «Сертификация продовольственных товаров» / А. Н. Никитенко, З. Е. Егорова. — Минск: БГТУ, 2017. — 161 с.
18. Lachman, J. Effect of peeling and three cooking methods on the content of selected phytochemicals in potato tubers with various colour of flesh. / J. Lachman, K. Hamouz, J. Musilova, et al. // Food Chem. — 2013. — Vol. 138, №2-3. — P. 1189–1197.

19. Sablani, S. S. Effects of air and freeze drying on phytochemical content of conventional and organic berries. / S. S. Sablani, P.K. Andrews, N. M. Davies, T. Walters, H. Saez, L. Bastarachea // *Drying Technol.* — 2011. — Vol. 29, №2. — P. 205–216.

Информация об авторах

Никитенко Анастасия Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры физико-химических методов сертификации продукции учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: dennast9@mail.ru

Мазур Анатолий Макарович, доктор технических наук, профессор учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (пр. Независимости, 99, 220023, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: 6557206@mail.ru

Синило Анастасия Андреевна, студентка учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: sinillo@mail.ru

Клыпутенко Михаил Александрович, студент учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: klyputenko@gmail.ru

Information about authors

Nikitenko Anastasia Nikolaevna, PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Physical and Chemical Methods for Products Certification of the Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: dennast9@mail.ru

Mazur Anatoly Makarovich, Doctor of technical sciences, professor of the Belarusian State Agrarian Technical University (99, Nesavisimosti av., 220023, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: 6557206@mail.ru

Anastasia Sinilo Andreevna, student of the Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: sinillo@mail.ru

Mikhail Klyputenko Aleksandrovich, student of the Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus) E-mail: klyputenko@gmail.ru