

УДК 664.8.037.53;664.8.037.1

Влияние условий холодильной обработки на качество яблок осенних сортов

Д. А. КРАВЧЕНКО¹, канд. техн. наук О. Н. РУМЯНЦЕВА²,
д-р техн. наук В. С. КОЛОДЯЗНАЯ³

¹good_charlottka@mail.ru, ²rumiantseva@irbt-itmo.ru, ³kvs_holod@mail.ru

Университет ИТМО

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

В настоящее время значительная доля урожая яблок подвергается тепловому консервированию, что приводит к значительной потере биологически активных веществ. Применение искусственного холода для сохранения растительной продукции позволяет максимально сохранить ее пищевую ценность и качество. При обосновании технологических режимов холодильного консервирования необходимо учитывать сортовые особенности плодов, их химический состав, структуру, интенсивность обменных процессов, связанных с активностью ферментов, а также динамику макро- и микронутриентов, определяющих пищевую и биологическую ценность плодов. Цель исследования — изучение влияния низких положительных и отрицательных температур на изменение углеводной фракции, содержание органических кислот и активность пероксидазы при хранении яблок осенних сортов. Объектами исследования выбраны яблоки сортов Антоновка и Осеннее полосатое, выращенные в коллекционном саду Павловской опытной станции ВНИИР им. Н. И. Вавилова. Исследуемые показатели качества яблок определяли с помощью общепринятых физико-химических и биохимических методов анализа. Яблоки хранили в охлажденном и замороженном состоянии при температурах 3 ± 1 °C и -18 °C соответственно. После бланширования яблоки замораживали при температуре -24 °C и -35 °C до среднеобъемной температуры -18 °C. По изменению активности фермента пероксидазы обоснованы технологические параметры бланширования яблок перед замораживанием: рекомендуется 0,5% раствор лимонной кислоты при температуре 95 ± 1 °C в течение 90 с. Установлены зависимости изменения содержания моно- и дисахаридов, пектиновых веществ, суммы свободных органических кислот от условий холодильной обработки и продолжительности хранения яблок. Получены уравнения регрессии, характеризующие эти зависимости. По комплексу показателей качества обоснована продолжительность хранения яблок при низких положительных и отрицательных температурах.

Ключевые слова: яблоки осенних сортов, холодильное консервирование, пектиновые вещества, моно- и дисахариды, органические кислоты, активность пероксидазы.

Информация о статье

Поступила в редакцию 30.03.2015, принята к печати 20.04.2016

doi: 10.21047/1606-4313-2016-15-2-15-20

Ссылка для цитирования

Кравченко Д. А., Румянцова О. Н., Колодязная В. С. Влияние условий холодильной обработки на качество яблок осенних сортов // Вестник Международной академии холода. 2016. № 2. С. 15–20.

Influence of cooling on the quality of autumnal apples

D.A. KRAVCHENKO¹, Ph.D. O. N. RUMIANTSEVA²,
D. Sc. V. S. KOLODYAZNAYA³

¹good_charlottka@mail.ru, ²rumiantseva@irbt-itmo.ru, ³kvs_holod@mail.ru

ITMO University

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

Nowadays considerable proportion of apples is exposed to thermal conservation after harvesting which results in the loss of biologically active agents. Using of artificial cold for preservation of vegetable production allows keeping its nutrition value and quality as much as possible. To define the technological modes of refrigerating conservation it is necessary to consider the quality of fruits, their chemical composition, structure, intensity of the exchange processes due to activity of enzymes and also the dynamics of macro- and the micronutrients which is crucial for nutrition and biological value of fruits. The aim of this research is to study influence of low positive and negative temperatures on the change of carbohydrate fraction, content of organic acids and activity of peroxidase during storage of autumnal apples. Apples of Antonovka and Autumn striped varieties grown up in the collection garden at Pavlovsk experimental station of Vavilov Institute were chosen as objects of research. The indicators of quality in question were defined by the standard physical and chemical and biochemical methods of the analysis. Apples were stored in the cooled and frozen state at temperatures of 3 ± 1 deg C and -18 deg C respectively. After blanching apples were frozen at the temperature of -24 deg C and -35 deg C up to the temperature of -18 deg C. On changing peroxidase enzyme activity technological parameters of blanching

before freezing were chose: 0.5% of lemon acid solution is recommended at the temperature of 95 ± 1 deg C for 90 seconds. Dependences of changes in mono — and disaccharide content, pectinaceous substances, the sum of free organic acids on cooling conditions and storage duration are estimated. The regression equations for these dependences are received. Duration of apple storage at low positive and negative temperatures is proved by quality indicators.

Keywords: autumnal apples, refrigerating conservation, pectinaceous substances, monosaccharides, disaccharides, organic acids, activity of peroxidase.

Введение

Большинство осенних сортов яблок высокоурожайны, но не пригодны для длительного хранения. В настоящее время существуют различные методы консервирования плодов, чаще всего используется высокотемпературная обработка, при которой значительно уменьшается содержание биологически активных веществ [1]. Перспективным является применение низких положительных и отрицательных температур для сохранения качества и увеличения продолжительности хранения [2–4]. Одной из самых удобных для массового потребителя является замороженная продукция, которая доступна в любое время года и обладает высокой хранимостпособностью. Однако существенным недостатком использования быстрозамороженных плодов является потеря клеточного сока, тургора и цвета при последующем размораживании.

Актуальным направлением исследования является обоснование выбора сортов, пригодных для хранения в охлажденном и замороженном состоянии.

Целью исследования является изучение влияния низких положительных и отрицательных температур на изменение физико-химических показателей качества и сохраняемость осенних сортов яблок.

Материалы и методы

Объектами исследования выбраны яблоки осенних сортов Антоновка и Осеннее полосатое, выращенные в коллекционном саду Павловской опытной станции ВНИИР им. Н. И. Вавилова, урожай 2014–15 гг.

При проведении экспериментов использовали плоды сорта Антоновка массой 120–150 г, овально-конической формы, с ребристой поверхностью, зеленовато-желтой окраски и плоды сорта Осеннее полосатое массой 200–300 г, округло-конической формы, зеленовато-желтой окраски с оранжево-красными полосами.

Охлажденные яблоки хранили при температуре 3 ± 1 °C и относительной влажности воздуха 90–95% в пластмассовых контейнерах вместимостью 3–5 кг.

Для обоснования технологических параметров бланширования, перед замораживанием яблоки после их мойки, очистки и нарезки кубиками с гранью 10 мм, плоды подвергались следующим видам обработки: бланширование в кипящей воде и в 0,5–1,0% растворе лимонной кислоты при температуре 95 ± 1 °C, продолжительностью 60–120 с.

В качестве тест-фермента выбрана пероксидаза, активность которой определялась по микрометоду Д. М. Михлина и З. С. Броневицкой [5].

Полученные кубики паренхимной ткани замораживали в условиях естественной конвекции при температуре –24 °C и –35 °C при скорости воздуха 4 м/с до ко-

нечной температуры в центре кубика –18 °C и хранили при этой температуре в полиэтиленовых упаковках, вместимостью 0,5–1 кг.

В процессе хранения охлажденных и замороженных яблок определяли следующие показатели качества: содержание суммы моно- и дисахаридов — цианидным методом, органических кислот — титрометрическим, различных фракций пектиновых веществ (протопектин и пектин) — карбозольным, органолептические — по пятибалльной шкале [6].

Эксперименты проводили в трех-пятикратной повторности, данные обрабатывали методом математической статистики с нахождением доверительного интервала при вероятности 0,95, с использованием стандартных компьютерных программ.

Результаты и их обсуждение

Ферментные системы играют роль катализаторов всех биохимических процессов. При консервировании пищевых продуктов, в том числе холодильном, активность ферментов является негативным фактором, ускоряющим метаболические процессы, приводящие к окислению и гидролизу пищевых веществ и как следствие к снижению пищевой и биологической ценности [7, 8]. На рис. 1 показаны зависимости изменения активности пероксидазы от продолжительности и условий бланширования исследуемых сортов яблок. Как следует из данного рисунка, активность фермента интенсивно снижается в течение 60–90 с в процессе бланширования в 0,5% растворе лимонной кислоты при температуре 95 ± 1 °C. Увеличение продолжительности бланширования яблок не приводит к снижению активности этого фермента, при этом ухудшаются органолептические показатели, связанные с изменением структуры и консистенции яблок, а также снижается относительного контроля количество моно- и дисахаридов, органических кислот, пектиновых веществ на 14, 17 и 21% соответственно.

Для бланширования яблок обоих сортов перед замораживанием рекомендуются следующие технологические параметры: $t = 95 \pm 1$ °C, $\tau = 90$ с, 0,5% раствор лимонной кислоты. При данных условиях содержание моно- и дисахаридов, органических кислот и пектиновых веществ уменьшается незначительно и составляет 8,4; 8,1; и 11% соответственно. В замороженных после бланширования яблоках по данному режиму исследовали изменение содержания основных компонентов химического состава яблок.

Моно- и дисахариды играют центральную роль в метаболизме плодов, вместе с органическими кислотами они представляют собой основную составляющую вкуса как свежей, так и замороженной растительной продукции. Содержание этих показателей служит одним из важ-

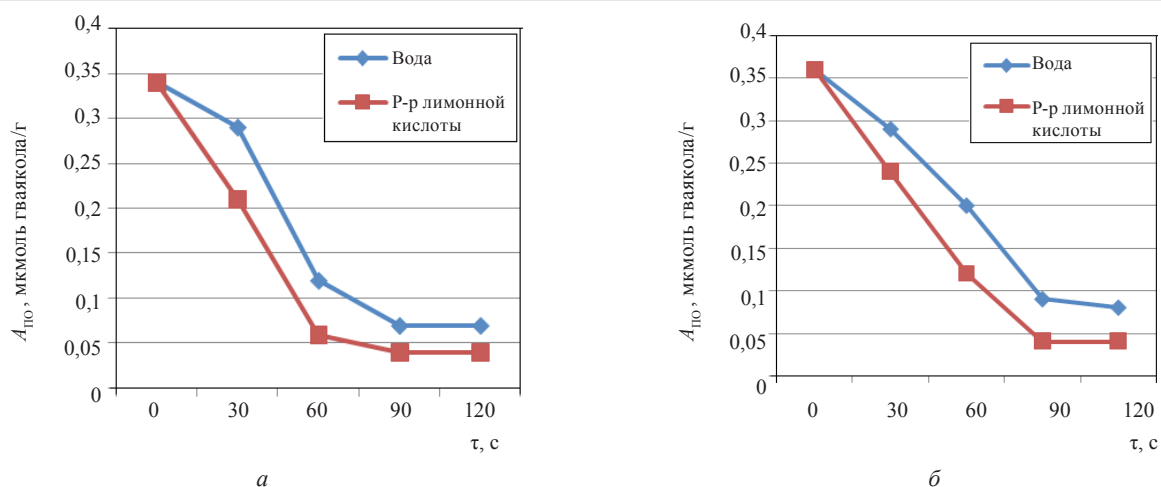


Рис. 1. Изменение активности пероксидазы A_{PO} при бланшировании в воде и 0,5% растворе лимонной кислоты яблок сорта Антоновка (а) и Осеннее полосатое (б)

нейших критериев пригодности пищевых продуктов к замораживанию и длительному хранению.

На рис. 2 показана зависимость изменения содержания суммы моно- и дисахаридов при хранении охлажденных и замороженных яблок.

Как следует из данного рисунка, в процессе хранения яблок обоих сортов в охлажденном и замороженном состоянии содержание моно- и дисахаридов уменьшается. Для яблок, хранившихся в охлажденном состоянии, это связано с процессом дыхания, а для замороженных образцов уменьшение количества сахаров объясняется их неполным окислением с образованием органических кислот [9, 10].

По данным рис. 2. получены уравнения регрессии, характеризующие изменение содержания моно- и дисахаридов в исследуемых сортах:

- Осеннее полосатое, охлажденное:
 $C_{MDC} = -0,59\tau^2 - 0,06\tau + 15,1$;
 $R^2 = 0,926$.
- Осеннее полосатое $t_3 = -24^\circ\text{C}$:
 $C_{MDC} = -0,12\tau^2 - 0,41\tau + 12,7$;
 $R^2 = 0,997$.
- Осеннее полосатое $t_3 = -35^\circ\text{C}$:
 $C_{MDC} = 0,57\tau + 13,0$; $R^2 = 0,946$.
- Антоновка, охлажденная:
 $C_{MDC} = 0,18\tau^2 - 1,15\tau + 13,8$;
 $R^2 = 0,997$.
- Антоновка, $t_3 = -24^\circ\text{C}$:
 $C_{MDC} = 0,74\tau^2 - 2,41\tau + 12,0$;
 $R^2 = 0,951$.
- Антоновка, $t_3 = -35^\circ\text{C}$:
 $C_{MDC} = 0,29\tau^2 - 1,95\tau + 12,4$;
 $R^2 = 0,994$.

Органические кислоты. На рис. 3 приведены данные по изменению содержания органических кислот (% на сухое вещество) при хранении яблок в охлажденном и замороженном состоянии. Увеличение содержания органических кислот при замораживании и хранении вызвано нарушением направленности процессов окисления и фосфорилирования моно- и дисахаридов, характерных для растительной ткани в нативном состоя-

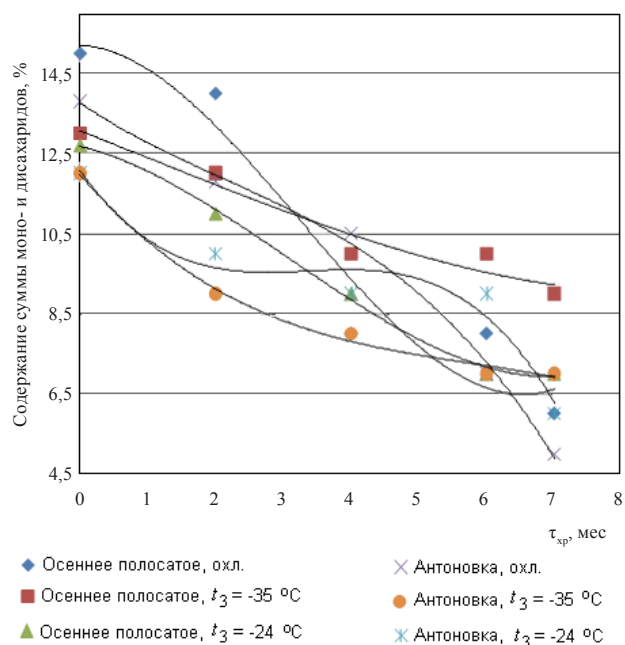


Рис. 2. Изменение содержания суммы моно- и дисахаридов C_{MDC} при хранении охлажденных и замороженных яблок

нии. Это приводит к накоплению продуктов, имеющих кислую реакцию. Увеличение содержания органических кислот так же связано с окислением аскорбиновой кислоты, так как при этом происходит образование органических кислот, например дикетоглуконовой.

По данным рис. 3 получены уравнения регрессии, характеризующие изменение содержания органических кислот в следующих сортах:

- Осеннее полосатое, охлажденное:
 $C_{OK} = 0,06\tau^2 - 0,26\tau + 2,4$; $R^2 = 0,997$.
- Осеннее полосатое, $t_3 = -24^\circ\text{C}$:
 $C_{OK} = 0,09\tau^2 - 0,08\tau + 2,0$; $R^2 = 0,999$.
- Осеннее полосатое, $t_3 = -35^\circ\text{C}$:
 $C_{OK} = 0,13\tau^2 - 0,16\tau + 2,2$; $R^2 = 0,997$.

- Антоновка, охлажденная:
 $C_{OK} = 0,04\tau^2 - 0,15\tau + 2,5$; $R^2 = 0,999$.
- Антоновка, $t_3 = -24\text{ }^\circ\text{C}$:
 $C_{OK} = 0,05\tau^2 + 0,04\tau + 2,0$; $R^2 = 0,998$.
- Антоновка, $t_3 = -35\text{ }^\circ\text{C}$:
 $C_{OK} = 0,06\tau^2 - 0,01\tau + 2,2$; $R^2 = 0,989$.

Из полученных данных следует, что при замораживании и хранении яблок всех сортов в замороженном состоянии происходит увеличение органических кислот, а при хранении образцов в охлажденном состоянии, наоборот, ярко прослеживается их уменьшение, что связано с реакцией их декарбоксилирования.

При обосновании технологических режимов охлаждения, замораживания и хранения важное значение имеет сохранение не только пищевой ценности плодов, но также структуры и тургора, что существенно зависит от количества и соотношения протопектина и пектина в растительной клетке. Пектиновые вещества представляют собой группу высокомолекулярных полисахаридов, которые вместе с целлюлозой, гемицеллюлозой и лигнином образуют клеточные стенки плодов, и влияют на вышеуказанные характеристики. Они присутствуют в большом количестве в срединных пластинках и являются цементирующим материалом, объединяющим клетки и создающим структуру ткани [11].

На рис. 4 показана зависимость изменения содержания протопектина и пектина при хранении яблок в охлажденном состоянии. Как следует из графика, содержание протопектина в процессе всего периода хра-

нения уменьшается, а пектина — в течение четырех месяцев увеличивается, а затем уменьшается.

На рис. 5 показана зависимость изменения протопектина и пектина при хранении яблок, замороженных при температуре $-35\text{ }^\circ\text{C}$.

Как следует из рис. 5, количество протопектина в исследуемых сортах яблок значительно уменьшается на стадии замораживания, а в процессе хранения изменяется незначительно, что объясняется его гидролизом с участием пектолитических ферментов, в частности, протопектиназы [11]. При этом содержание пектина на стадии замораживания и при хранении в течение трех месяцев увеличивается, что связано с гидролизом протопектина, а при последующем хранении количество пектина уменьшается в результате его гидролиза с участием пектиназ [11].

Из данных, приведенных на рис. 4 и 5, следует, что направленность процессов гидролиза протопектина и пектина одинакова для охлажденных и замороженных яблок, и в процессе хранения охлажденных и замороженных яблок существенных различий по содержанию протопектина и пектина не отмечено.

В процессе хранения охлажденных и замороженных яблок определяли органолептические показатели качества (внешний вид, вкус, цвет, консистенция, аромат). Органолептическая оценка яблок, хранившихся в охлажденном состоянии в течение 6 и 7 мес составляла 4,8 и 3,9 балла соответственно, в замороженном состоянии через 6 и 9 мес хранения — 4,4 и 4,3 балла.

Выводы

Таким образом, на основании проведенных исследований, обоснованы технологические параметры бланширования яблок в 0,5% растворе лимонной кислоты при температуре $95 \pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ в течение 90 с. Выявлены зависимости изменения содержания суммы моно- и дисахаридов, органических кислот, протопектина и пектина от продолжительности хранения яблок в охлажденном и замороженном состоянии. Получены уравнения регрессии, характеризующие эти зависимости. По комплексу физико-химических и органолептических показателей качества яблоки данных сортов в охлажденном состоянии рекомендуется хранить до 6 мес, в замороженном — 9 мес.

Список литературы

1. Иванов Т. Н. и др. Технология хранения плодов, ягод и овощей. — Орел: ГТУ. 2009. 203 с.
2. Бабакин Б. С. и др. Энергосберегающие холодильные технологии транспортировки, хранения и дозирования фруктов. — М.: ДеЛи плюс, 2013. 190 с.
3. Балан Е. Ф., Чумак И. Г, Картофяну В. Г, Иукурдизе Э. Ж. Биоэнергетические основы холодильной технологии хранения фруктов и овощей. — Одесса: Кишинэу, 2004. 244 с.
4. Большаков С. А. Холодильная техника и технология продуктов питания. — М.: Академия, 2003. 304 с.
5. Досон Р., Эллиот Д., Эллиот У., Джонс К. Справочник биохимика. — М.: Мир, 2009. 543 с.

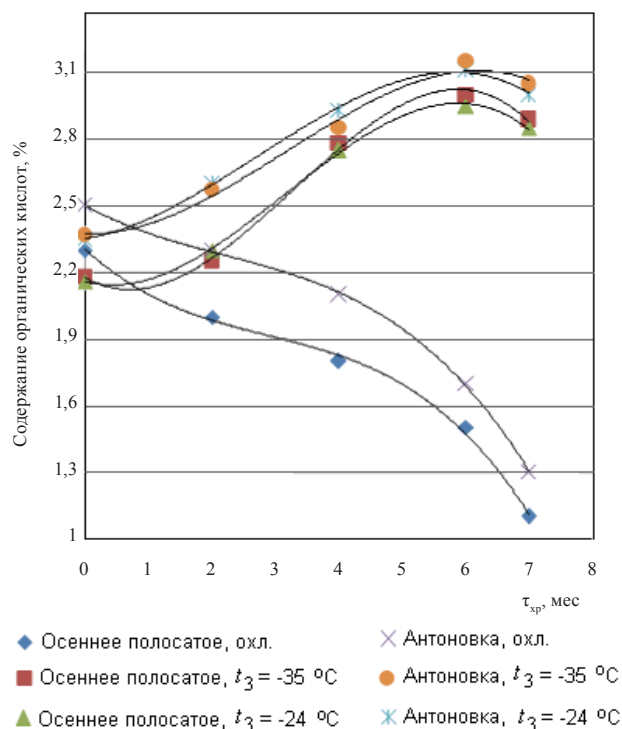
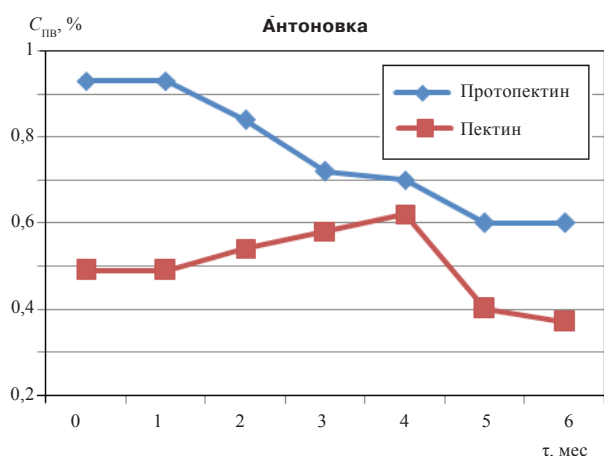
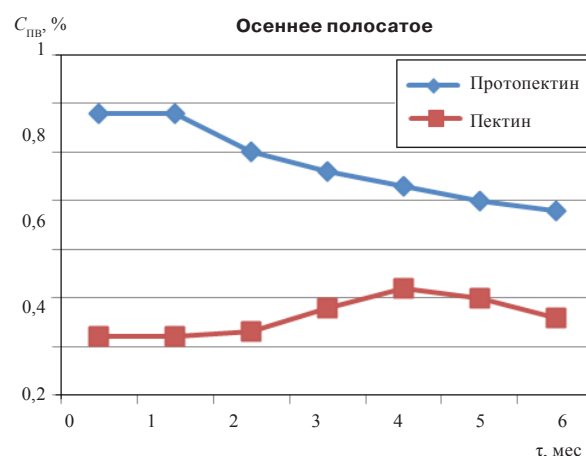


Рис. 3. Изменение содержания органических кислот C_{OK} в охлажденных и замороженных яблоках сортов Осеннее полосатое и Антоновка при хранении

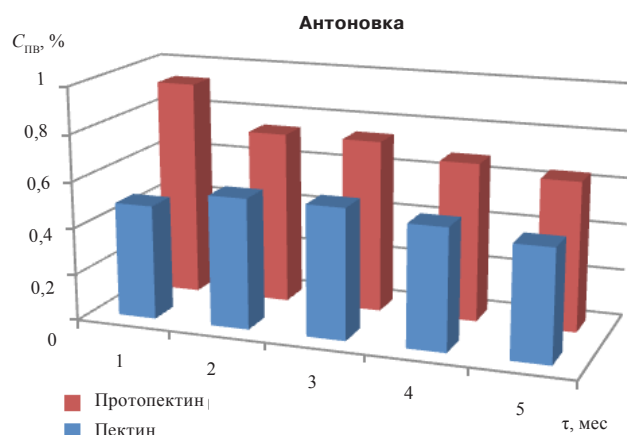


а

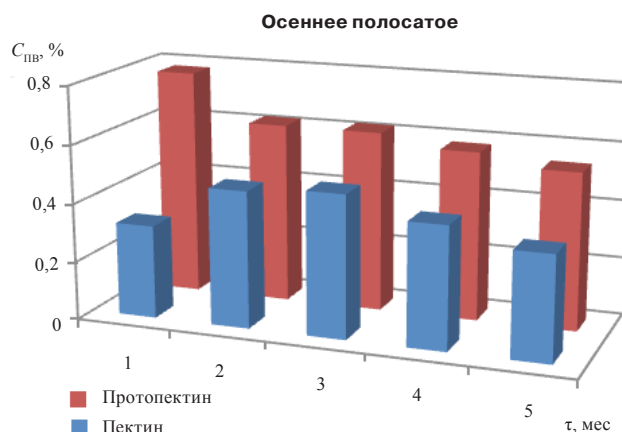


б

Рис. 4. Кинетические кривые изменения содержания пектиновых веществ ($C_{пв}$, %) при хранении яблок сортов Антоновка (а) и Осеннее полосатое (б) в охлажденном состоянии



а



б

Рис. 5. Изменение содержания протопектина и пектина при замораживании и хранении яблок сортов Антоновка (а) и Осеннее полосатое (б): 1 — Содержание пектиновых веществ до замораживания; 2 — Содержание пектиновых веществ после замораживания; Продолжительность хранения яблок τ , мес: 3 — $\tau = 3$; 4 — $\tau = 6$; 5 — $\tau = 9$

- Базарнова Ю. Г. Методы исследования свойств сырья и пищевых продуктов. — СПб.: НИУ ИТМО, 2012. 76 с.
- Румянцева О. Н., Кравченко Д. А. Исследование влияния условий предварительной обработки и замораживания на изменение содержания витамина С при хранении яблок различных сортов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2015. № 2.
- Калашиников Г. В., Литвинов Е. В. Линия производства сушеных яблок, груш, моркови, тыквы и чипсов. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. № 4 (66). С. 28–31.
- Семенов Б. Н. и др. Теоретические основы холодильной технологии и практические аспекты использования современных методов исследования для объективной оценки качественного состояния пищевых продуктов, Ч. 1. — Калининград: КГТУ, 2005. 402 с.
- Холодильная техника и технология: под ред. Полякова М. — М.: ИНФРА, 2000. 286 с.
- Щербаков В. Г., Лобанов В. Г., Прудникова Т. Н. Биохимия: учебник для вузов. Изд. 2-е, перераб., доп. — СПб.: ГИОРД, 2003. 440 с.
- Ivanov T. N., etc. Technology of storage of fruits, berries and vegetables. — Orel: GTU, 2009. 203 p. (in Russian)
- Babakin B. S., etc. Energy saving refrigerating technologies of transportation, storage and dozarivaniye of fruit. Moscow, 2013. 190 p. (in Russian)
- Balan E. F., etc. Bioenegreticheskyy bases of refrigerating technology of storage of fruit and vegetables. Odessa, 2004. 244 p. (in Russian)

References

4. Bolshakov S. A. Refrigerating equipment and technology of food. Moscow: Academy, 2003. 304 p. (in Russian)
5. Doson R., Elliot D., Elliot U., Jones K. Reference book of the biochemist. Moscow: World, 2009. 543 p. (in Russian)
6. Bazarnova Yu. G. Methods of research of properties of raw materials and foodstuff. St. Petersburg: NIU ITMO, 2012. 76 p. (in Russian)
7. Rumyantseva O. N., Kravchenko D. A. Research of influence of conditions of preliminary processing and freezing on change of content of vitamin C at storage of apples of various grades. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya: Protessy i apparaty pishchevykh proizvodstv.* 2015. No. 2. (in Russian)
8. Kalashnikov G. V., Litvinov E. V. The line for production of dried apples, pears, carrots, pumpkin and chips. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii.* 2015. No 4 (66). p. 28–31. (in Russian)
9. Semenov B. N., etc. Theoretical bases of refrigerating technology and practical aspects of use of modern methods of research for an objective assessment of a qualitative condition of foodstuff, P. I. Kaliningrad, KGTU. 2005. 402 p. (in Russian)
10. Refrigerating equipment and technology: under the editorship of Polyakov M. Moscow: INFRA, 2000. 286 p. (in Russian)
11. Shcherbakov V. G., Lobanov V. G., Prudnikova T. N. Biochemistry: textbook for higher education institutions. St. Petersburg: GIOR, 2003. 440 p. (in Russian)



13-я международная специализированная выставка КРИОГЕН-ЭКСПО Промышленные Газы

1 - 3 ноября 2016, Москва, ЦВК "Экспоцентр", павильон 5



Организатор

Проводится при содействии

- ▶ Международного института холода
- ▶ Международной академии холода



РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ:

- Криогенная техника и технологии
- Газоразделительное оборудование
- Криогенная арматура и комплектующие
- Вакуумное, компрессорное и теплообменное оборудование
- Промышленные и редкие газы, СУГ
- СПГ-технологии
- Оборудование для хранения, транспортировки, распределения и раздачи промышленных газов, СПГ и СУГ
- Криогенная изоляция
- Измерительное оборудование
- Сосуды Дьюара
- Технологии сверхпроводимости

Деловая программа:

1 - 3 ноября 2016

Москва,
ЦВК "Экспоцентр"
павильон 5, зал 2,
конференц-зал

13-я международная конференция

«Криогенные технологии и оборудование. Перспективы развития»

Международная конференция «Промышленные газы»

Международная конференция «Сжиженный природный газ»

Международный Форум «Valve Industry Forum & Expo'2016»

Оборудование для критических условий эксплуатации

При поддержке:



Информационная поддержка:



Русский: [youtube.com/user/cryexpo](https://www.youtube.com/user/cryexpo)
English: [youtube.com/user/cryexporussia](https://www.youtube.com/user/cryexporussia)

Дирекция выставки:

Москва, Хлебозаводский пр., д. 7, стр. 10, оф. 507
Тел/факс: 8 495 988-1620
E-mail: info@cryogen-expo.ru
Сайт: www.cryogen-expo.ru

www.cryogen-expo.ru
 www.cryogen-expo.com

[@cryexpo_ru](https://twitter.com/cryexpo_ru)
 [@cryexpo](https://twitter.com/cryexpo)