

Ресурсосберегающая технология быстрозамороженных яблочных полуфабрикатов

Д.А. Перегудова, good_charlottka-@mail.ru
д-р техн. наук В.С. Колодязная, kvs_holod@mail.ru
канд. техн. наук О.Н. Румянцева, rumiantseva@irbt-itmo.ru

Университет ИТМО
191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Исследовали и обосновывали технологические параметры предварительной обработки и замораживания стандартной и нестандартной фракций осенних сортов яблок и полуфабрикатов на их основе. Объектами исследования выбраны яблоки высокоурожайных осенних сортов «душистое», «штрифель» и «китайка», выращенные в коллекционном саду Павловской опытной станции ВНИИР им. Н.И. Вавилова. В процессе бланширования и замораживания определяли активность фермента пероксидазы спектрофотометрическим методом, содержание аскорбиновой кислоты – методом Тильманса, моно- и дисахаридов – цианидным методом, органических кислот – титрометрическим методом в пересчете на яблочную кислоту и сумму пектиновых веществ – карбазольным методом. Показатели безопасности определяли по стандартным методикам. Для бланширования яблок, имеющих активность термоустойчивого фермента пероксидазы более 0,5 мг гваякола/г, рекомендуется 0,5% раствор лимонной кислоты, температура 95°C, время 120 с. Показано, что по содержанию моно- и дисахаридов, аскорбиновой кислоты, пектиновых веществ, свободных органических кислот стандартная и нестандартная фракция идентичны. В процессе бланширования и замораживания количество этих соединений уменьшается на 18–30% в зависимости от сорта и технологических параметров процессов. Для замораживания стандартной и нестандартной фракций яблок рекомендуется температура минус 35°C, что позволяет увеличить продолжительность их хранения до 9 месяцев при температуре минус 18°C. Использование нестандартной фракции яблок для производства замороженного яблочного полуфабриката является важным ресурсосберегающим фактором и позволяет снизить потери яблок при переработке в 6–7 раз. Замороженные фракции яблок рекомендуется использовать как самостоятельный продукт, а также в кондитерском производстве, технологии кисломолочных продуктов и хлебобулочных изделий, что имеет важное практическое значение.

Ключевые слова: консервирование холодом; технологические параметры замораживания; предварительная обработка яблок; органические кислоты; активность пероксидазы; пектиновые вещества.

DOI: 10.17586/2310-1164-2016-11-1-27-34

Resource-saving technologies of refrigeration preservation for the apples of autumn grades

Daria A. Peregudova, good_charlottka-@mail.ru
D. Sc. Valentina S. Kolodyaznaya, kvs_holod@mail.ru
Ph. D. Olga N. Rumiantseva, rumiantseva@irbt-itmo.ru

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

Technological parameters of pretreatment and freezing of standard and non-standard fractions of autumn varieties of apples and semi-finished products based on them were investigated and substantiated. The objects of research are selected the high-yielding autumn grades of "dushistoe", "shtrifel" and "kitaika" apples grown in the collection garden at Pavlovsk experimental station of N.I. Vavilov Research Institute of Plant Industry. In the process of blanching and freezing the enzyme peroxidase activity was determined by spectrophotometric method, content of ascorbic acid – by Tilmans, mono- and disaccharides – by cyanide method, organic acids – by titrometric method in terms of malic acid, and the amount of pectin substances – by carbazole method. Safety indicators were determined by standard methods. For blanching apples with an activity of thermostable peroxidase enzyme more than 0.5 mg of guaiacol/g it is recommended 0.5% solution of citric acid, the temperature of 95°C, the time – 120 s. It is shown that the content of mono- and disaccharides, ascorbic acid, pectin substances, free organic acids in standard and non – standard fraction are identical and the number of these compounds decreases during the blanching and freezing by 18–30% depending on the variety and technological parameters of the processes. To freeze the standard and non-standard

fractions of apples it is recommended the temperature of minus 35°C, which allows to increase the duration of their storage to 9 months at the temperature of minus 18°C. Using non-standard fraction of apples for production of the frozen apple semi-finished product is an important resource-saving factor and it allows to reduce losses of apples at processing by 6–7 times. Frozen fractions of apples are recommended to be used as an independent product as well as in confectionery production, technology of dairy products, and bakery products, which is of great practical importance.

Keywords: canning cold; technological parameters of freezing; preliminary processing of apples; organic acids; activity of peroxidase; pectin substances.

Введение

В решении проблемы обеспечения продовольственной безопасности страны, создания резервов пищевого сырья и продуктов питания, длительного хранения скоропортящихся продуктов определяющее значение имеет замораживание. Несомненным достоинством этого вида консервирования является максимальное сохранение качества, биологической ценности и пищевых веществ при длительном хранении продуктов, расширение ассортимента и запасов продуктов для равномерного снабжения населения и промышленности, сглаживание сезонности потребления и работ на предприятиях, занимающихся хранением и переработкой. Отечественными и зарубежными учеными предложены различные технологии замораживания в воздушной среде, некипящих и кипящих жидких средах [1–5]. При обосновании технологических параметров замораживания исследователи учитывают 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 [6–9]. На сортоиспытании в почвенно-климатических условиях Северо-Запада РФ, в том числе Ленинградской области, находятся многие летние и осенние сорта яблок, которые являются перспективным сырьем для различных пищевых отраслей. Эти сорта высокоурожайны, содержат многие биологически активные вещества (аскорбиновая кислота, моно- и дисахариды, пектиновые вещества, биофлавоноиды, макро- и микроэлементы и др.), но не пригодны для длительного хранения в охлажденном состоянии. Значительная доля летних и осенних сортов подвергается тепловому консервированию, снижающему количество биологически активных веществ.

Следует отметить, что при подготовке яблок к различным видам консервирования, в том числе замораживанию, доля нестандартной фракции (кожица и семенная камера с паренхимной тканью, плоды деформированные и механически поврежденные) составляет от 30 до 50% в зависимости от сорта и технологии консервирования. Данная фракция относится, как правило, к отходам и не используется в дальнейшем в технологии продуктов питания. В тоже время в нестандартной фракции содержатся те же пищевые и биологически активные вещества, что и в стандартной [8–10]. В настоящее время отсутствует научная информация по замораживанию осенних сортов яблок и получения на их основе яблочных полуфабрикатов из нестандартной фракции.

Цель работы – исследовать и обосновать технологические параметры предварительной обработки, замораживания стандартной и нестандартной фракций яблок и полуфабрикатов на их основе. В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

- определить основные компоненты химического состава высокоурожайных осенних сортов яблок;
- обосновать режимы бланширования яблок по инактивации термоустойчивого фермента пероксидазы;
- исследовать влияние технологических параметров бланширования и замораживания стандартной фракции яблок на изменение содержания моно- и дисахаридов, аскорбиновой кислоты, пектиновых веществ и суммы свободных органических кислот;
- обосновать технологические параметры обработки нестандартной фракции яблок и замораживания яблочного полуфабриката на ее основе.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования выбраны яблоки осенних сортов «душистое», «штрифель» и «китайка», выращенные в коллекционном саду Павловской опытной станции ВНИИР им. Н.И. Вавилова в 2016–2017 гг.

Плоды сорта «китайка» мелкие, имеют овально-коническую форму, светло-желтую окраску с красными полосами, расположены пучками по 5 штук на одной плодоножке, кисло-сладкого вкуса.

Крупные плоды сорта «штрифель» имеют гладкую тонкую кожицу с восковым налетом, усеченно-коническую или округло-коническую форму. Плоды имеют зеленовато-желтую окраску при съеме и желтую при полной зрелости.

Плоды сорта «душистое» отличаются округло-конической формой средней величины, гладкой матовой тонкой кожицей, зеленовато-желтой окраской. Мякоть желтоватая, плотная, крупнозернистая, сочная, ароматная, кисло-сладкого вкуса.

При подготовке яблок исследуемых сортов к бланшированию и замораживанию плоды нарезают в форме кубика с гранью 10 мм, что составляло стандартную фракцию. Нестандартная фракция, включающая кожицу, семенную камеру и остатки паренхимной ткани, составляла для сортов «штрифель», «душистое» и «китайка» 24,0; 38,5 и 46,0% соответственно. Стандартную фракцию яблок замораживали в монослое при температуре минус 24–35°C в условиях естественной конвекции до среднеобъемной температуры в центре кубика минус 18°C.

В процессе бланширования и замораживания яблок определяли активность фермента пероксидазы спектрофотометрическим методом, содержание аскорбиновой кислоты методом Тильманса, моно- и дисахаридов цианидным методом, органических кислот титрометрическим методом в пересчете на блочную кислоту и сумму пектиновых веществ карбазольным методом [11]. Показатели безопасности определяли по стандартным методикам в лабораториях «РосТест – Санкт-Петербург». Нестандартную фракцию использовали для приготовления замороженного яблочного полуфабриката.

Эксперименты проводили в трехкратной повторности, данные обрабатывали методом математической статистики с нахождением доверительного интервала при вероятности 0,95 с использованием стандартных компьютерных программ. В таблицах и на рисунках приведены средние арифметические значения изучаемых показателей и доверительный интервал.

Результаты и их обсуждение

При обосновании технологических параметров замораживания яблок учитывали биологические особенности сортов и прежде всего активность оксидаз, из которых важнейшее значение имеют пероксидаза и фенолоксидаза. Известно, что эти ферменты вызывают потемнение паренхимной ткани яблок при замораживании и хранении в замороженном состоянии в результате окисления фенольных соединений и других органических соединений [5, 9, 10]. В связи с этим при подготовке яблок к замораживанию проводили их бланширование с целью снижения активности ферментов оксидаз. В качестве тест-фермента при обосновании технологических параметров бланширования яблок выбран фермент пероксидаза, отличающийся высокой устойчивостью к высоким положительным и отрицательным температурам.

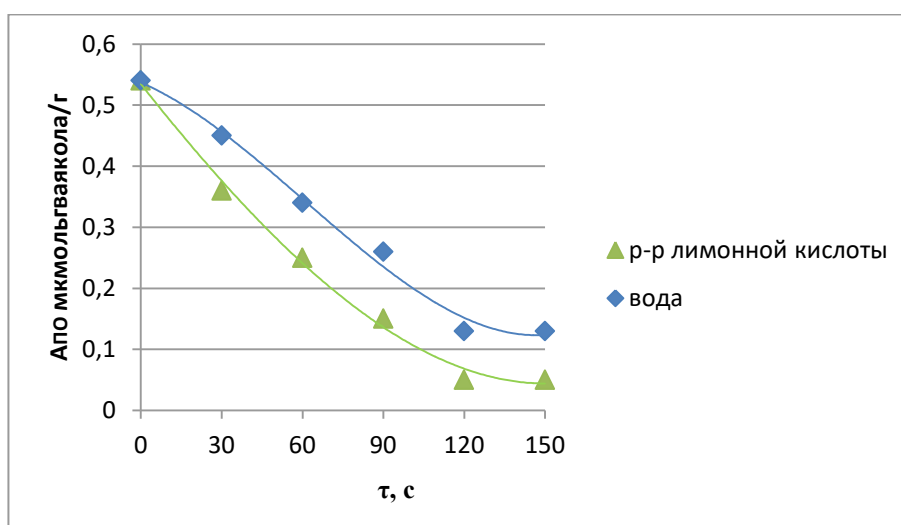


Рисунок 1 – Изменение активности пероксидазы (А_{по}) при бланшировании в воде и 0,5% растворе лимонной кислоты яблок сорта «душистое» (t = 95°C)

На рисунке 1 показана зависимость изменения активности пероксидазы от продолжительности бланширования сорта «душистое» в воде и 0,5% растворе лимонной кислоты. Как следует из данного рисунка, активность фермента интенсивнее снижается в течение 120 с в процессе бланширования в 0,5% растворе лимонной кислоты при температуре $(95\pm 1)^\circ\text{C}$.

На рисунке 2 показана зависимость изменения активности пероксидазы от продолжительности бланширования исследуемых сортов яблок в 0,5% растворе лимонной кислоты. Для этих сортов активность фермента резко снижается в течение 120 с.

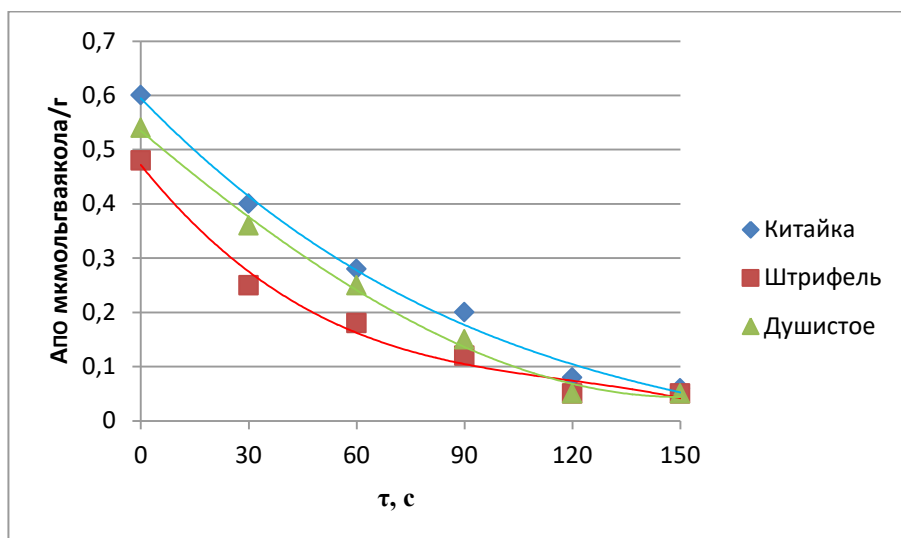


Рисунок 2 – Зависимость изменения активности пероксидазы от продолжительности бланширования яблок сортов «китайка», «штрифель» и «душистое» в 0,5% растворе лимонной кислоты

Как следует из рисунков 1 и 2, увеличение продолжительности бланширования яблок более 120 с не приводит к значительному снижению активности этого фермента, при этом ухудшаются органолептические показатели, связанные с изменением структуры и консистенции яблок. Таким образом, для бланширования яблок осенних сортов, имеющих активность фермента пероксидазы 0,5 мкл гваякола/г и более рекомендуется бланширование в 0,5%-ом растворе лимонной кислоты при температуре $(95\pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 120 с. Стандартную фракцию яблок после бланширования при выбранных режимах замораживали в монослое при температуре минус 24 и минус 35°C до температуры минус 18°C в центре кубика в условиях естественной конвекции. На рисунках 3–6 показаны изменения содержания аскорбиновой кислоты, моно- и дисахаридов, суммы пектиновых веществ, суммы свободных органических кислот в цикле бланширование–замораживание.

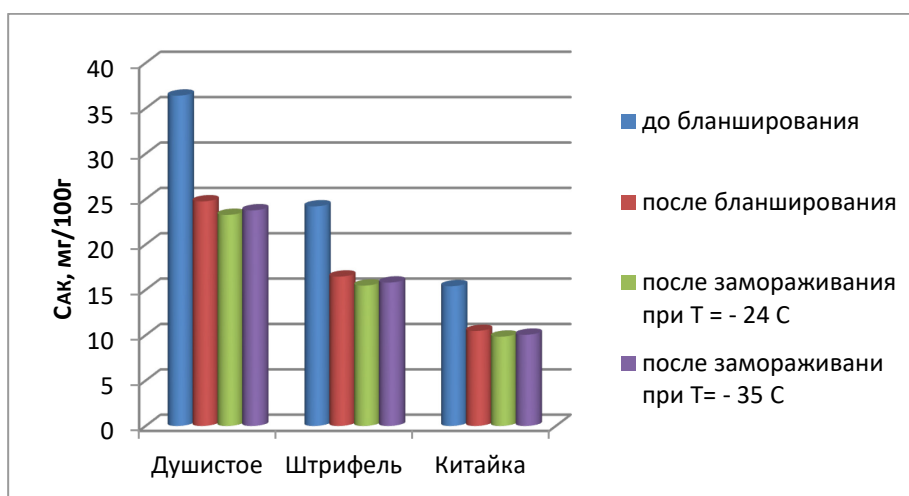


Рисунок 3 – Изменение содержания аскорбиновой кислоты в процессе бланширования и замораживания яблок сортов «душистое», «штрифель» и «китайка»

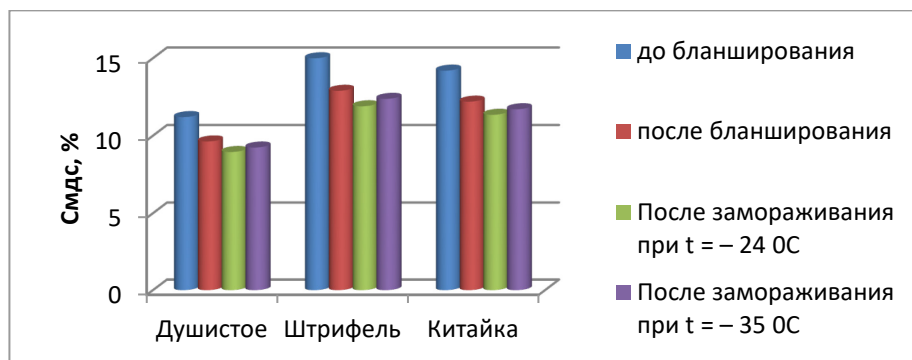


Рисунок 4 – Изменение содержания суммы моно- и дисахаридов в процессе бланширования и замораживания яблок сортов «душистое», «штрифель» и «китайка»

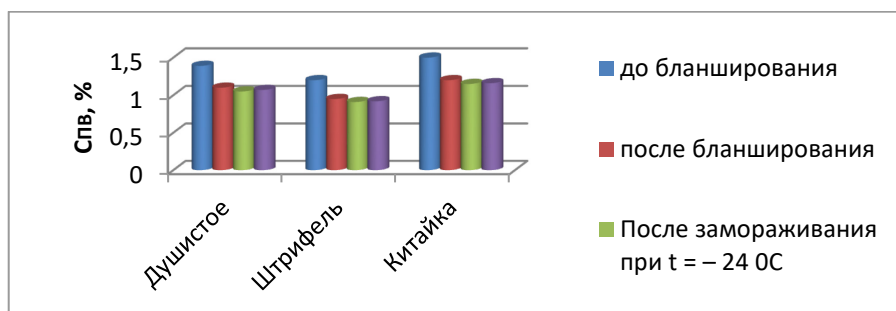


Рисунок 5 – Изменение содержания суммы пектиновых веществ в процессе бланширования и замораживания яблок сортов «душистое», «штрифель» и «китайка»

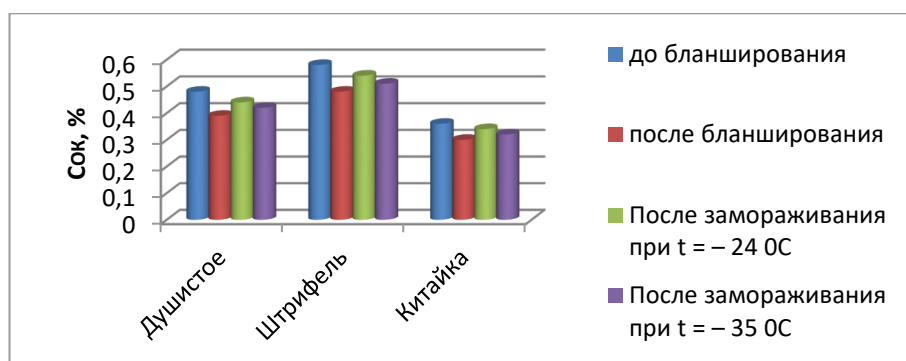


Рисунок 6 – Изменение содержания суммы свободных органических кислот в процессе бланширования и замораживания яблок сортов «душистое», «штрифель» и «китайка»

Как следует из рисунка 3, содержание аскорбиновой кислоты в процессе бланширования яблок значительно уменьшается (в 1,52 раза), что объясняется повышением активности аскорбатоксидазы и как следствие, окислением ее восстановленной формы в дегидроаскорбиновую кислоту, а затем дикетогулоновую, которая не обладает С-витаминной активностью.

Количество моно- и дисахаридов (рисунок 4) при этом уменьшается незначительно (в 1,18 раза), что возможно связано с их окислением и образованием глюконовой или сахарной кислот [11].

Сумма пектиновых веществ (рисунок 5) снижается в 1,31 раза вследствие гидролиза нерастворимого в воде протопектина и растворимого пектина с участием ферментов протопектиназы и пектиназы и образованием фракции пектовых и пектиновых кислот промежуточной растворимости [12].

В процессе бланширования яблок количество свободных органических кислот снижается относительно не бланшированных в 1,19 раза, что следует из рисунка 6.

При замораживании потери этих веществ составляют 3–5% и не зависят существенно от температуры этого процесса. Из рисунка 6 следует, что количество органических кислот при замораживании увеличивается на 11–25%, что связано с окислением моно- и дисахаридов и гидролизом пектиновых веществ.

Нестандартную фракцию из свежих яблок, а также дефектные по форме плоды использовали для производства яблочного полуфабриката. С этой целью фракцию подвергали термической обработке,

цель которой размягчить ткань плодов для облегчения протирания и инактивации оксидаз. При термической обработке паренхимная ткань плодов размягчается, так как под влиянием высокой температуры и кислот, присутствующих в плодах, происходит гидролиз протопектина, находящегося в срединных пластинках и клеточных стенках. Прочная связь между клетками нарушается, часть их стенок разрушается и ткань размягчается.

При обосновании продолжительности и температуры тепловой обработки яблок учитывали степень размягчения компонентов фракции во всем объеме. Продолжительность обработки паром изменяли от 5 до 15 мин. Отмечено, что при обработке плодов в течение 5 мин получают значительные отходы при протирании, через 15 мин происходит глубокий распад пектиновых веществ, пюре получается жидким, утрачивая или снижая желеобразующую способность. На основании проведенных экспериментов нестандартную фракцию яблок рекомендуется обрабатывать паром в течение 6–8 мин, так как при таких условиях происходит размягчение мякоти, что обеспечивает минимальные отходы при протирании. Использование нестандартной фракции яблок для получения яблочного полуфабриката является важным ресурсосберегающим фактором и позволяет значительно снизить потери, например, для сортов «штрифель», «душистое» и «китайка» до 5,0; 6,4 и 9,2% соответственно.

В процессе протирания происходит продавливание плодовой массы через отверстия сита и разделения ее на две фракции: жидкую, состоящую из измельченной мякоти, и твердую, состоящую из семян, кожицы и сердцевинных пластинок.

После первого протирания через сита с диаметром отверстий 0,9...1,4 мм яблочную массу протирали вторично через сита с диаметром отверстий 0,4...0,7 мм. Эффективность протирания определяли по отсутствию в протертой массе семенных камер, грубых частиц мякоти и непосредственно семян.

Полученную протертую массу использовали для изготовления яблочного полуфабриката, который в цикле замораживание–размораживание не изменяет структуру. С этой целью в качестве структурообразователя использовали ксантановую камедь – 2% и лецитин – 1% марки Солек–К-ЕМЛ.

Затем протертую массу, содержащую 12,8% сухих веществ, расфасовывали в полимерные контейнеры массой от 0,5 до 1,0 кг и замораживали при температуре минус 24 и минус 35°С до среднеобъемной конечной температуры минус 18°С и затем хранили при этой же температуре в течение 12 мес.

Таблица – Изменение содержания основных компонентов химического состава в процессе хранения замороженной стандартной фракции (1) и яблочного полуфабриката (2) яблок сорта «душистое»

Показатели качества	Продолжительность хранения, мес									
	0		3		6		9		12	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Моно- и дисахариды, %	9,24	9,24	9,12	9,00	8,96	8,12	8,54	8,43	6,30	5,80
Аскорбиновая кислота, мг/100 г	23,76	23,76	23,70	23,42	22,33	20,16	18,30	17,2	14,6	12,7
Пектиновые вещества, %	1,07	1,07	1,04	1,02	1,02	0,91	0,82	0,80	0,64	0,58
Органические кислоты, %	0,42	0,42	0,42	0,42	0,41	0,38	0,32	0,32	0,27	0,22

Замороженные стандартную фракцию яблок и яблочный полуфабрикат хранили при температуре минус 18°С в течение 9 и 12 мес. Показано, что в течение 9 мес. хранения микробиологические показатели безопасности (КМАФАнМ, БГКП, патогенные, в том числе сальмонелла, плесени и дрожжи), а также содержание пестицидов, токсичных элементов и радионуклидов не превышали допустимых уровней, указанных в Техническом регламенте таможенного союза (ТР ТС 021/2011) «О безопасности пищевой продукции». При хранении стандартной фракции яблок и яблочного полуфабриката в течение 12 мес. количество КМАФАнМ, КОЕ/г превышало нормативный уровень и составляло 5,6·10⁴.

Проведена органолептическая оценка по пятибалльной шкале замороженных стандартной фракции яблок и яблочного полуфабриката в процессе хранения через 9 и 12 мес. Определено, что через 9 мес. хранения органолептическая оценка стандартной фракции и яблочного полуфабриката составила 4,90; 4,76 баллов, а через 12 мес. – 4,76; 4,54 баллов соответственно (рисунок 7).

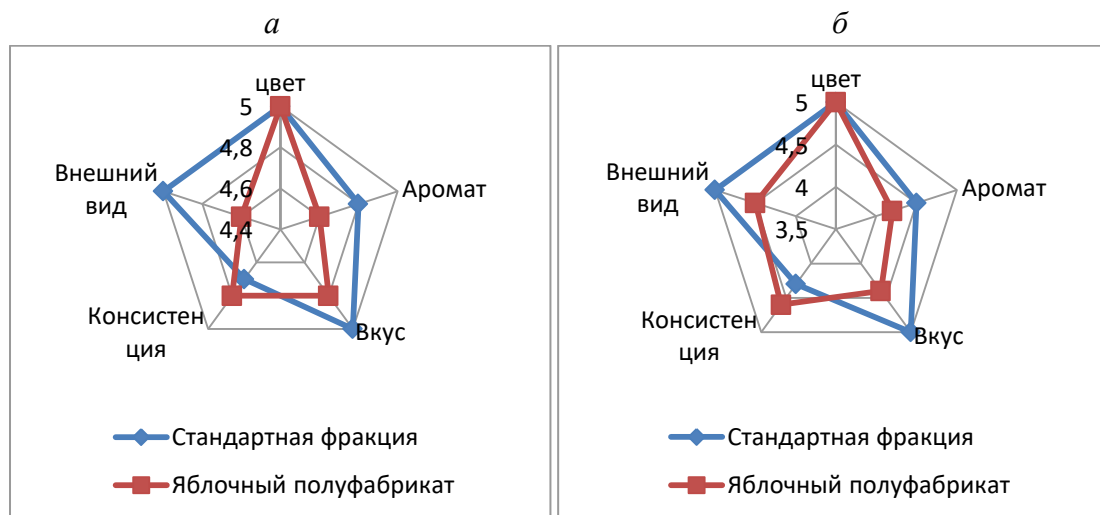


Рисунок 7 – Органолептический профиль показателей качества замороженных стандартной фракции и яблочного полуфабриката в процессе хранения в течение 9 (а) и 12 мес. (б) при температуре -18°C .

По комплексу органолептических показателей качества и показателей безопасности для стандартной фракции яблок и яблочного полуфабриката рекомендован срок годности 9 мес. при температуре хранения минус 18°C .

Заключение

Обоснованы технологические режимы бланширования яблок по инактивации тест-фермента пероксидазы. Для бланширования яблок рекомендуется 0,5% раствор лимонной кислоты, температура 95°C и время 120 с. Показано, что по содержанию моно- и дисахаридов, аскорбиновой кислоты, пектиновых веществ, свободных органических кислот стандартная и нестандартная фракция идентичны. В процессе бланширования и замораживания количество этих соединений уменьшается на 18–30% в зависимости от сорта и технологических параметров процессов. Для замораживания стандартной и нестандартной фракций яблок рекомендуется температура минус 35°C , что позволяет увеличить продолжительность их хранения до 9 мес. при температуре минус 18°C . Использование нестандартной фракции яблок для производства замороженного яблочного полуфабриката является важным ресурсосберегающим фактором и позволяет снизить потери яблок при переработке в 6–7 раз. Замороженные фракции яблок рекомендуется использовать как самостоятельный продукт, для производства яблочных соусов и соков с мякотью, а также в кондитерском производстве, технологии кисломолочных продуктов и хлебобулочных изделий, что имеет важное практическое значение.

Перспективным направлением дальнейших исследований является определение биологически активных веществ в яблоках различных сортов и кинетика их превращения в процессе холодильной обработки и хранения в охлажденном и замороженном состоянии.

Литература

1. Колодяжная В.С., Кипрушкина Е.И., Седова А.Л., Задворнова Т.А. Факторы повышения качества плодов при холодильном хранении // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. 2013. №1. С. 46–52.
2. Кипрушкина Е.И., Колодяжная В.С., Чеботарь В.К. Экологически безопасные методы в интегрированной защите и сохранении растительной продукции // Пищевая промышленность. 2013. № 2. С. 4–7.
3. Иванов Т.Н., Житникова В.С., Левгерова Н.С. Технология хранения плодов, ягод и овощей. Орел: Изд-во гос. техн. ун-та, 2009. 203 с.
4. Singh N.P. *Fruit and Vegetable Preservation*. ABD Publishers, 2007. 360 p.
5. Куцакова В.Е., Бараненко А.В., Бурова Т.Е., Кременевская М.И. Холодильная технология пищевых продуктов. В 3 ч. Часть III. Биохимический и физико-химические основы. СПб.: ГИОРД, 2011. 272 с.
6. Ефремова Е.Н., Карпачева Е.А. Хранение и переработка продукции растениеводства. Волгоград: Волгоград. гос. аграрн. ун-т, 2015. 148 с.
7. Изтаев А.И. Теоретические основы технологии хранения и переработки продукции растениеводства Алматы: LEM, 2015. 354 с.

8. Манжесов В.И., Попов И.А., Щедрин Д.С. Технология хранения растениеводческой продукции. Воронеж: ВГАУ, 2009. 249 с.
9. Barrett D.M., Somogyi L.P., Ramaswamy H. *Processing Fruits: Science and Technology*. CRC Press LLC, 2005. 841 p.
10. Щеколдина Т.В., Ольховатов Е.А., Степной А.В. Физико-химические основы и общие принципы переработки растительного сырья. СПб.: Лань, 2017. 208 с.
11. Молекулярно-генетические и биохимические методы в современной биологии растений / под ред. Вл.В. Кузнецова, В.В. Кузнецова, Г.А. Романова. М.: Бином. Лаборатория знаний. 2011. 487 с.
12. Донченко Л.В., Фирсов Г.Г. Пектин: основные свойства, производство и применение. М.: ДеЛи принт, 2007. 276 с.
13. Вытовтов А.А., Грузинов Е.В., Шлёнская Т.В. Физико-химические свойства и методы контроля качества товаров: учебное пособие. СПб: ГИОРД, 2007. 176 с.
14. Gaze J. Microbiological aspects of thermally processed foods. *J. of Applied Microbiology*. 2005, no. 98, pp. 1381–1386.

References

1. Kolodyaznaya V.S., Kiprushkina E.I., Sedova A.L., Zadvornova T.A. Faktory povysheniya kachestva plodov pri kholodil'nom khranении [Factors of improving the quality of fruits in refrigerated storage]. *Problems of Economics and Management in Trade and Industry*. 2013, no. 1, pp. 46–52.
2. Kiprushkina E.I., Kolodyaznaya V.S., Chebotar' V.K. Ekologicheski bezopasnye metody v integrirovannoi zashchite i sokhranении rastitel'noi produktsii [Ecologically safe methods in integrated protection and preservation of plant products]. *Food industry*. 2013, no. 2, pp. 4–7.
3. Ivanov T.N., Zhitnikova V.S., Levgerova N.S. *Tekhnologiya khraneniya plodov, yagod i ovoshchei* [Technology of storage of fruits, berries and vegetables]. Orel, State Technical University Publ., 2009, 203 p.
4. Singh N.P. *Fruit and Vegetable Preservation*. ABD Publishers, 2007. 360 p.
5. Kutsakova V.E., Baranenko A.V., Burova T.E, Kremenevskaya M.I. *Kholodil'naya tekhnologiya pishchevykh produktov* [Refrigeration technology of food products]. In 3 part. Part III. Biochemical and physico-chemical basis. St. Petersburg, GIORD Publ., 2011, 272 p.
6. Efremova E.N., Karpacheva E.A. *Khranenie i pererabotka produktsii rastenievodstva* [Storage and processing of crop production]. Volgograd, Volgograd State Agrarian University Publ., 2015, 148 p.
7. Iztaev A.I. *Teoreticheskie osnovy tekhnologii khraneniya i pererabotki produktsii rastenievodstva* [Theoretical bases of technology of storage and processing of plant growing products]. Almaty, LEM Publ., 2015, 354 p.
8. Manzhесov V.I., Popov I.A., Shchedrin D.S. *Tekhnologiya khraneniya rastenievodcheskoi produktsii* [Technology of storage of plant products]. Voronezh, Voronezh State Agrarian University Publ., 2009, 249 p.
9. Barrett D.M., Somogyi L.P., Ramaswamy H. *Processing Fruits: Science and Technology*. CRC Press LLC, 2005. 841 p.
10. Shchekoldina T.V., Ol'khovатов E.A., Stepnoi A.V. *Fiziko-khimicheskie osnovy i obshchie printsipy pererabotki rastitel'nogo syr'ya* [Physico-chemical basis and general principles of processing of plant raw materials]. St. Petersburg, Lan' Publ., 2017, 208 p.
11. *Molekulyarno-geneticheskie i biokhimicheskie metody v sovremennoi biologii rastenii* [Molecular-genetic and biochemical methods in modern plant biology]. In ed. Vl.V. Kuznetsov, V.V. Kuznetsov, G.A. Romanov. Moscow, Binom. Laboratoriya znaniy Publ., 2011, 487 p.
12. Donchenko L.V., Firsov G.G. *Pektin: osnovnye svoistva, proizvodstvo i primeneniye* [Pectin: basic properties, production and application]. Moscow, DeLiprint Publ., 2007, 276 p.
13. Vytovtov A.A., Gruzinov E.V., Shlenskaya T.V. *Fiziko-khimicheskie svoistva i metody kontrolya kachestva tovarov* [Physico-chemical properties and methods of quality control of goods]. St. Petersburg, GIORD Publ., 2007, 176 p.
14. Gaze J. Microbiological aspects of thermally processed foods. *J. of Applied Microbiology*. 2005, no. 98, pp. 1381–1386.

Статья поступила в редакцию 01.03.2018