

## СОХРАНЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОВ ЯБЛОНИ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ СОРТОВЫМИ ОСОБЕННОСТЯМИ И СОСТАВОМ СРЕДЫ В РЕГУЛИРУЕМОЙ АТМОСФЕРЕ

Причко Т.Г., д-р с.-х. наук, Смелик Т.Л., Германова М.Г.

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»  
(Краснодар)*

**Реферат.** В статье представлены результаты исследований по сохранению качественных показателей плодов яблони разных сортов в процессе хранения в условиях регулируемой атмосферы, при оптимизации технологических параметров состава среды – содержание кислорода и углекислого газа. В процессе хранения в субнормальной среде (1,5 % O<sub>2</sub> и 1,5 CO<sub>2</sub>) проанализированы: изменения товарных качеств плодов, устойчивость к развитию физиологических заболеваний, изменения биохимического состава плодов в зависимости от сортовых особенностей. После 5 месяцев хранения семечковых плодов в условиях РА отмечено положительное влияние субнормальной среды на их товарные качества и биохимические показатели в сравнении с контрольными.

**Ключевые слова:** плоды, яблоня, товарные качества, хранение, качественные показатели, регулируемая атмосфера, послеуборочная обработка

**Summary.** The article presents the results of study on the preservation of quality indicators of apple fruits of different varieties during storage in a controlled atmosphere, while optimizing the technological parameters of the medium composition – the content of oxygen and carbon dioxide. In the course of storage in a subnormal environment (1.5 % O<sub>2</sub> and 1.5 CO<sub>2</sub>), the changes in the marketable qualities of fruits, resistance to the development of physiological diseases, changes in the biochemical composition of fruits, depending on the varietal characteristics are analyzed. After 5 months of storage of pome fruits in RA conditions, a positive effect of the subnormal environment their commercial quality and biochemical parameters was observed in comparison with the control ones.

**Key words:** fruits, apple tree, commercial quality, storage, quality indicators, adjustable atmosphere, post-harvest processing

**Введение.** Высокое качество реализуемых плодов в большей степени обеспечивает технология хранения. На сегодняшний день широко используются современные способы хранения в регулируемой среде. Существующие технологии хранения в обычной охлаждаемой среде (ОА), регулируемой атмосфере (РА) с разными концентрациями кислорода и углекислого газа имеют свои преимущества и недостатки, отличаются по затратам на их осуществление, но требуют оптимизации технологических параметров хранения с учётом сортовых особенностей плодов [1-3]. Хранение в ОА является самым распространённым и менее затратным. К недостаткам ОА относят непродолжительный период хранения (до 4 месяцев), быстрое старение, повреждение физиологическими и микробиологическими заболеваниями, потеря качества плодов. Регулируемая атмосфера – наиболее востребованный на сегодняшний день способ хранения, позволяющий снизить интенсивность дыхания плодов не только за счет низкой температуры, но и за счет уменьшения концентрации кислорода и увеличения концентрации углекислого газа в камере хранения [4].

Освоение крупными плодоводческими хозяйствами новых технологий, сочетающих хранения плодов в ОА и РА с послеуборочной обработкой плодов ингибитором биосинтеза этилена 1-метилциклопропеном (препарат «SmartFresh») позволяет значительно снизить потери от заболеваний и сохранить качество плодов [5].

Хранение яблок в РА замедляет в плодах процессы послеуборочного дозревания, тем самым продлевается период их хранения без снижения товарных качеств. Кроме того, использование РА позволяет хранить яблоки, не выдерживающие низких температур, при более высоких температурах (2-4 °С) без значительных потерь. Преимущества хранения яблок в охлаждённом состоянии в комплексе с РА заключаются в том, что при этом способе хранения они практически полностью сохраняют свои органолептические и физико-химические свойства. Поэтому применение надёжно работающей автоматической системы управления и регулирования газовой среды при хранении плодов позволяет лучше сохранять твердость, свежесть, кислотность плодов, снижается вероятность их поражения физиологическим заболеванием «загар».

Разные виды и сорта плодов неодинаково реагируют на газовый состав. Более того, в зависимости от условий произрастания один и тот же сорт плодов рекомендуется хранить при различном составе газовой среды. А так как сортовой состав сырья постоянно обновляется, то это ставит новые задачи отбора адаптивных сортов для региона, определения оптимальных сроков уборки урожая, отработки сортовой технологии выращивания и хранения плодов, используя разные режимы хранения.

**Объекты и методы исследований.** Объектом исследований являлись плоды яблони интродуцированных сортов Моды, Голден Делишес, Гренни Смит, Айдаред, Супер Чиф, Пинк Леди (опытных образцов), прошедших послеуборочную обработку препаратом SF, хранящиеся в регулируемой среде (1,5 % O<sub>2</sub> и 1,5 CO<sub>2</sub>). Контролем служили плоды, хранящиеся в этой же среде без проведения послеуборочной обработки. Яблоки были сняты и заложены на хранение в съёмной зрелости, соответствовали высшему и первому сорту согласно ГОСТ 34314-2017 «Яблоки свежие, реализуемые в розничной торговле» [6].

Перед закладкой и в процессе хранения определяли химические показатели качества плодов: содержание растворимых сухих веществ согласно ГОСТ ISO 2173-2013 [7]; крахмала – йод-крахмальной пробой [8]; сахаров – ГОСТ 8756-13.87 [9]; титруемых кислот – ГОСТ ISO 750-2013 [10]; витамина С – ускоренным методом по А.И. Ермакову [11]; витамина Р – по методике Л.И. Вигорова [12]; интенсивность выделения этилена – на анализаторе этилена ICA-56; твердость мякоти – пенетрометром FT-372 с диаметром плунжера 10 мм.

**Обсуждение результатов.** Учитывая тот факт, что хранение в РА является наиболее перспективным направлением, проведены исследования по определению влияния состава среды – содержания кислорода и углекислого газа при хранении плодов в регулируемой атмосфере (ООО «Агрофирма «Хуторок»), с учётом сортовых особенностей яблони (сортов Моды, Голден Делишес, Гренни Смит, Айдаред, Супер Чиф, Пинк Леди), а также при использовании технологии проведения послеуборочной обработки плодов препаратом SmartFresh, позволяющей гарантировать лучшее качество плодов после длительного хранения за счет замедления процесса созревания яблок при блокировании рецепторов этилена и снижении его активности.

Плоды на хранение отбирались с учётом результатов определения комплекса показателей, характеризующих степень зрелости в зависимости от сортовых особенностей, и на основании полученных данных по содержанию сухих веществ, твердости плодов, содержанию крахмала, кислотности, выделению эндогенного этилена.

Основными технологическими параметрами, позволяющими управлять биохимическими процессами при хранении плодов, являются температура, относительная влажность воздуха, состав среды, используемой при хранении. Быстрая загрузка плодов в холодильник после съема и охлаждение – одно из необходимых условий длительного хранения яблок. Обработка препаратом «SmartFresh» должна позволить сохранить твёрдость плодов, придать «хруст» во вкусе и при этом избежать потерь от ожогов углекислым газом.

Хранение в РА и проведение послеуборочной обработки препаратом *SmartFresh* способствует замедлению процессов созревания плодов за счет блокирования рецепторов этилена и снижения его активности, ингибирует дыхание яблок, что обеспечивает снижение потерь качества, связанных с дозреванием при хранении и приводящим к снижению твердости мякоти. Так, после пяти месяцев хранения с применением препарата *SmartFresh* выделение этилена плодами было на уровне показателей, определённых при закладке на хранение, и составляло у сортов Айдаред, Супер Чиф, Гренни Смит 0,6-1,3 ppm, а в контрольных образцах в 5 раз выше. Сортовой особенностью яблок сорта Моды является высокая интенсивность выделения этилена, которая отмечается как в контрольном варианте (14,2 ppm), так и в варианте с выполненными обработками препаратом *SmartFresh* (4,1 ppm) (рис. 1).

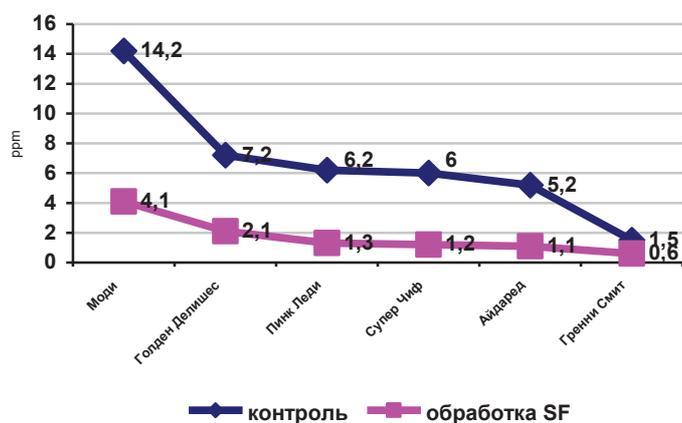


Рис.1. Интенсивность выделения этилена яблоками после 5 месяцев хранения

В группе углеводов наблюдается переход от более сложных соединений к простым. Уменьшение количества крахмала в плодах при их созревании на дереве используется для установления срока съема при помощи йод-крахмальной пробы. В процессе хранения, когда крахмал использован яблоками на дыхание, оценка его содержания достигает 8-10 баллов. Учитывая, что на хранение закладываются плоды с разным уровнем содержания крахмала, что обусловлено сортовыми особенностями, то и при хранении наблюдается разная динамика его изменения. В опытных яблоках сорта Гренни Смит, обработанных препаратом *SmartFresh*, через два месяца хранения йодкрахмальная проба составляла 6-8 баллов, в контрольных плодах данного сорта через три недели хранения – 10 баллов.

Характерное при созревании плодов изменение содержания протопектина, обуславливающего прочность связи между клетками, соответствует изменениям механической прочности тканей. При хранении твердость плодов, определяемая по пенетрометру, уменьшается в зависимости от сорта и проведенной послеуборочной обработки в 1,0-1,3 раза.

Результаты выполненных исследований показывают, что хранение яблок в РА в сочетании с обработкой *SmartFresh* позволяет в значительной степени сохранить их твердость и сочность. Так, при хранении в РА яблок сорта Моды, обработанных *SmartFresh*, после 2 месяцев хранения, показатель твердости был в 1,2 раза выше, чем в контроле, и составлял 8,0 кг/см<sup>2</sup>, в контроле – 10,1 кг/см<sup>2</sup>. После пяти месяцев хранения твердость плодов уменьшилась в контроле на 42-50 %, в то время как в плодах, обработанных *SmartFresh*, – на 20-25 % (табл. 1).

В результате хранения в РА и обработки *SmartFresh* максимально замедлен процесс дозревания плодов, что подтверждено более низким уровнем содержания растворимых сухих веществ, по сравнению с другими вариантами, наличием крахмала и повышенной кислотностью (табл. 2).

Таблица 1 – Динамика изменения твердости плодов в процессе хранения с учетом послеуборочной обработки препаратом SmartFresh и сортовых особенностей

Сорт		Твердость мякоти, кг/см <sup>2</sup>		
		закладка на хранение	2 месяца хранения	5 месяцев хранения
Айдаред	Контроль	8,5	7,2	6,4
	Обработка SF		8,0	7,5
Голден Делишес	Контроль	8,0	6,0	5,8
	Обработка SF		7,4	6,8
Гренни Смит	Контроль	11,5	9,4	8,0
	Обработка SF		10,7	9,2
Моди	Контроль	9,5	8,3	7,4
	Обработка SF		9,0	8,9
Пинк Леди	Контроль	7,9	7,1	5,8
	Обработка SF		7,6	6,9
Супер Чиф	Контроль	8,0	6,4	5,4
	Обработка SF		7,2	6,5

Таблица 2 – Биохимический состав яблок после 5 месяцев хранения в субнормальной среде (1,5 % CO<sub>2</sub> и 1,5 % O<sub>2</sub>) с послеуборочной обработкой SmartFresh, 2018 г.

Сорт		Сухие вещества, %	Кислотность, %	Сахара, %	С/К индекс	Витамин С, мг/100 г	Витамин Р, мг/100 г
Айдаред	контроль	15,6	0,60	10,9	18,2	6,8	89,2
	обработка SF	14,8	0,64	10,4	16,2	7,4	93,4
Голден Делишес	контроль	15,2	0,32	10,6	33,3	4,1	66,0
	обработка SF	14,5	0,40	10,2	24,2	5,6	82,0
Гренни Смит	контроль	13,8	0,85	9,7	10,8	5,2	118,5
	обработка SF	13,2	0,90	9,4	10,2	5,6	125,4
Моди	контроль	15,2	0,44	10,6	24,2	4,0	82,0
	обработка SF	14,5	0,50	10,2	19,2	4,8	88,0
Пинк Леди	контроль	16,1	0,60	11,3	18,8	6,2	84,1
	обработка SF	15,0	0,66	10,5	15,9	6,8	92,3
Супер Чиф	контроль	14,8	0,48	10,4	21,7	5,4	124,1
	обработка SF	14,3	0,54	10,0	18,5	6,0	128,2

Изменения содержания сухих веществ и сахаров обусловлены интенсивностью протекания биохимических процессов: послеуборочная обработка препаратом SmartFresh замедляет процессы дозревания, что подтверждалось медленным увеличением содержания сахаров в опытном варианте в сравнение с быстрыми темпами их накопления в контроле за счёт интенсивного распада крахмала. Так, при закладке на хранение содержание сухих веществ в плодах яблоки сорта Голден Делишес составляло 14,0 %, через 5 месяцев хранения 15,2 % в контроле, против 14,5 % в варианте с обработкой. Это позволяет отодвинуть срок наступления потребительской зрелости и продлить сроки хранения.

Другим очень важным показателем быстроты дозревания и качества плодов является изменение в содержании кислот. У всех исследуемых сортов яблок в процессе хранения происходит уменьшение содержания кислот независимо от способа хранения, в результате чего снижается величина их отношения к сумме сахаров, приводящая к повышению сладости (сахаро-кислотный индекс). В плодах, обработанных препаратом SmartFresh, сохранность кислот выше в среднем на 12 %. У сорта Гренни Смит содержание общих титруемых кислот составляло 1,0 %, после 5 месяцев хранения в варианте обработки препаратом SmartFresh их содержание составило 0,90 %, по сравнению с 0,85 % в контроле.

Сорта, у которых имеется меньшее количество титруемых кислот в начале хранения, в меньшей степени и расходуют их в процессе хранения. Так, у сорта Голден Делишес исходное содержание кислот составляло 0,42 %, после 5 месяцев хранения в РА в опытных плодах – 0,40 % (в контроле 0,32 %). При дальнейшем хранении в контрольных партиях содержание антиоксидантов резко падает, а благодаря препарату SmartFresh в опытных партиях уровень их остается относительно стабильным и высоким по сравнению с контролем.

В результате исследований выявлена высокая эффективность способа хранения в условиях РА с применением препарата SmartFresh: все изучаемые сорта яблок лучше сохранились, чем в контрольной партии плодов (хранение в обычной атмосфере). Так, если естественная убыль у некоторых сортов яблок при хранении в РА составила 0,9 %, то в обычной атмосфере – 7,9 %, то есть в 8,7 раз больше. Проведённый товарный анализ яблок сорта Гренни Смит показал, что после 5 месяцев хранения в варианте обработки препаратом SmartFresh плоды первого сорта составляли 93,4 %, в контроле – 79,0 %. Понижение стандартности обусловлено развитием загара у яблок этого сорта в контроле и ожогом CO<sub>2</sub> при обработке SmartFresh (рис. 2).

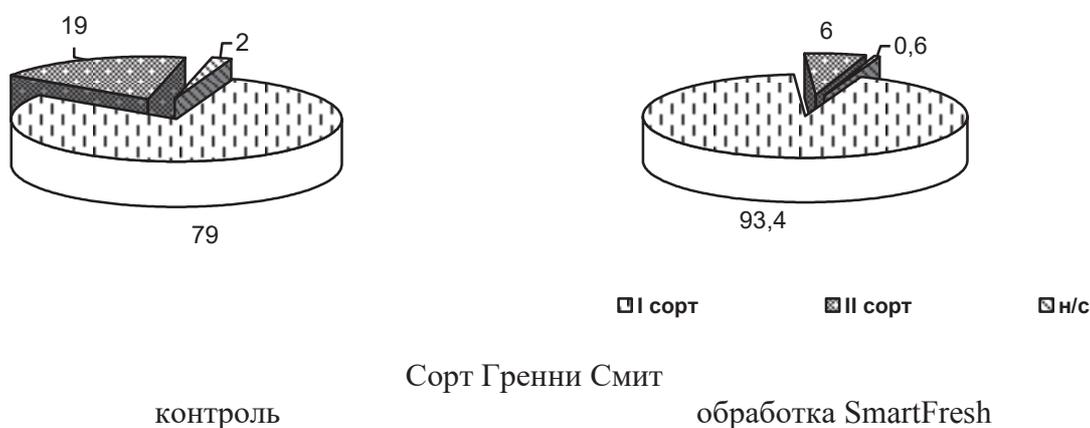


Рис. 2. Выход товарных яблок при хранении в РА (контроль) и с учетом послеуборочных обработок SmartFresh

Кроме того, сильно отличались опытные и контрольные образцы по органолептическим показателям. У яблок, хранящихся в РА, были ярко выражены аромат, окраска, вкус и твёрдая консистенция (табл. 3). Например, общая дегустационная оценка после 5 месяцев хранения в опытных вариантах у сорта Айдаред – 17,5 баллов, Гренни Смит – 17,0 баллов, в контрольных вариантах соответственно – 13,2 и 13,9 баллов.

Таблица 3 – Органолептическая оценка после хранения, балл

Сорт, вариант		Внешний вид	Сочность мякоти	Вкус	Аромат	Общая оценка
Айдаред	РА	3,1	3,2	3,8	3,1	13,2
	РА+ SmartFresh	4,9	4,8	4,8	3,0	17,5
Голден Делишес	РА	2,8	2,3	3,4	3,5	12,0
	РА+ SmartFresh	4,3	4,1	4,1	2,8	15,3
Гренни Смит	РА	3,4	4,0	4,0	2,5	13,9
	РА+ SmartFresh	4,9	4,8	4,8	2,5	17,0
Моди	РА	3,0	3,0	4,0	3,0	13,0
	РА+ SmartFresh	4,5	4,5	4,7	2,9	16,6
Пинк Леди	РА	2,9	3,2	4,1	2,0	12,2
	РА+ SmartFresh	4,8	4,8	4,9	2,4	16,9
Супер Чиф	РА	2,8	3,1	4,0	2,4	12,3
	РА+ SmartFresh	4,9	4,7	4,7	2,5	16,8

**Выводы.** В процессе проведённой работы установлены закономерности изменения качественных показателей плодов яблони при хранении в регулируемой среде при сумме активных компонентов до 3,0 %, с учётом сортовых особенностей. Оптимальные концентрации углекислого газа и кислорода (1,5 % O<sub>2</sub> и 1,5 CO<sub>2</sub>) позволяют регулировать скорость протекания биохимических процессов при хранении и не допустить развития физиологических заболеваний как при хранении, так и при последующей реализации, обеспечивая снижение потерь в 1,5-2,0 раза.

Показано, что послеуборочная обработка плодов яблони зимних сроков созревания ингибитором этилена SmartFresh резко снижает интенсивность его выделения и позволяет управлять биохимическими процессами, происходящими в плодах в процессе хранения. После проведённых обработок яблоки сохраняют исходную твёрдость, хруст, свежесть и характерный вкус свежесобранных плодов.

У каждого сорта яблок есть свой предел устойчивости к концентрациям CO<sub>2</sub> в зависимости от содержания кислорода. При хранении сорта Гренни Смит в РА (1,5 % O<sub>2</sub> и 1,5 CO<sub>2</sub>) отмечено возникновение повреждений, проявляющихся типичными коричневыми пятнами с резкими контурными границами-углублениями. Рекомендуется при хранении в РА снизить содержание CO<sub>2</sub> до 1,2 %, что позволит увеличить выход качественных плодов.

### Литература

1. Причко Т.Г. Уборка, хранение и товарная обработка яблок: методические рекомендации. Краснодар, 2015. 126 с.
2. Причко Т.Г. Сроки уборки и режимы хранения яблок с учётом сортовых особенностей. Методические рекомендации. Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2018. 61с.
3. Причко Т.Г., Смелик Т.Л. Изменение химического состава яблок при хранении в регулируемой атмосфере // Научные труды СКФНЦСВВ. Т. 14. Краснодар: СКФНЦСВВ, 2018. С. 190-194.
4. Современные технологии хранения и их влияние на качество плодов яблони / В.А. Гудковский, Л.В. Кожина, Ю.Б. Наумов, Р.Б. Гучева // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 9. С.105-108.
5. Jung S.K, Watkins C. B. Internal ethylene concentrations in apple fruit at harvest affectof inhibition of ethylene production afterpersistenc treatment 1-methylcyclopropene // Postharvest Biology and Technology. – 2014.-Vol. 96. – P. 1–6. - URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.04.008>
6. ГОСТ 34314-2017 Яблоки свежие, реализуемые в розничной торговле. Технические условия М.: Стандартиформ, 2018. 26 с.
7. ГОСТ ISO 2173-2013 Межгосударственный стандарт. Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ. М.: Стандартиформ, 2014. 7 с.
8. ГОСТ Р 50528-93 Яблоки свежие. Хранение в контролируемой атмосфере. М.: Издательство стандартов, 2004. 12 с.
9. ГОСТ 8756.13-87 Межгосударственный стандарт. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров. М.: Стандартиформ, 2010. 10 с.
- 10.ГОСТ ISO 750-2013 Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности. М.: Стандартиформ, 2014. 8 с.
- 11.Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.Е. Арасимович, М.И. Смирнова-Иконникова [и др.]. Л.: Колос, 1972. 456 с.
- 12.Вигоров Л.И. Метод определения Р-активных веществ // Труды III семинара по БАВ. Свердловск, 1972. 362 с.