

УДК 664.8: 634. 1

**ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОВ ЯБЛОНИ В ПРОЦЕССЕ ВЫРАЩИВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ**

Причко Татьяна Григорьевна  
д-р с.-х. наук

Чалая Людмила Дмитриевна  
канд. техн. наук

Карпушина Марина Владимировна  
канд.с.-х. наук

*Государственное научное учреждение  
Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт  
садоводства и виноградарства  
Россельхозакадемии, Краснодар, Россия*

Установлены взаимосвязи между биохимическими характеристиками и физиологическими механизмами устойчивости яблок к абиотическим стрессам у различных по происхождению сортов. Проанализирована динамика обмена веществ сортов яблок с учетом фенологических фаз развития, а также в период их длительного хранения. Установлены показатели качества, обеспечивающие высокую устойчивость плодов к физиологическим заболеваниям при хранении, позволяющие прогнозировать сроки их хранения.

*Ключевые слова:* ПЛОДЫ ЯБЛОНИ, ФОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА, ЕСТЕСТВЕННЫЕ АНТИОКСИДАНТЫ, МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ, ФАРНЕЗЕН, ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ

UDK 664.8: 634. 1

**CHANGE IN THE QUALITY INDICATORS OF APPLE FRUIT IN THE PROCESS OF GROWING AND STORAGE**

Prichko Tatiana  
Dr.Sci.Agr.

Chalaya Lyudmila  
Cand. Tech. Sci.

Karpushina Marina  
Cand. Agr. Sci.

*State Scientific Organization North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture of the Russian Academy of agricultural sciences,  
Krasnodar, Russia*

The relationship between biochemical characteristics and physiological mechanisms of apple resistance to abiotic stress of different origin varieties are established. The dynamics of the metabolism of apple varieties in view phenological phases of development, and during their long storage is analyzed. Quality indicators of high resistance of fruits to physiological diseases during storage, allowing to predict the storage period are established.

*Keywords:* APPLE FRUIT, QUALITY FORMATION, NATURAL ANTIOXIDANTS, MINERAL COMPOSITION, FARNESIN, PHYSIOLOGICAL DISEASES

**Введение.** Формирование качественных показателей плодов зависит от абиотических и биотических факторов в период выращивания. В последнее время основные потери при хранении яблок обусловлены физио-

логическими заболеваниями в виде загара и подкожной пятнистости, в меньшей степени – в виде микробиологических гнилей.

Развитию загара при хранении способствуют стрессовые погодные условия периода вегетации (сухая, жаркая погода), съем плодов в недозревшем состоянии, что связано с качественными показателями плодов, закладываемых на хранение [1].

Подкожная пятнистость может появляться в саду, но в больших количествах развивается при хранении и обусловлена несбалансированным минеральным составом, в большей степени – недостаточным содержанием кальция в плодах [2].

В связи с этим очевидна актуальность выявления взаимосвязи между биохимическими характеристиками плодов и их устойчивостью к физиологическим заболеваниям. Это позволит разработать систему мероприятий, направленную на предохранение плодов от разных видов потерь.

Цель исследований – установить закономерности формирования качества и лежкоспособности плодов в период вегетации, с учетом сортовых особенностей и действия экзогенных факторов, для диагностики питания растений и прогнозирования сроков хранения яблок.

***Объекты и методы исследований.*** Работа выполнялась согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур», разработанной ВНИИС им. И.В. Мичурина (1999). Объекты исследований – плоды сортов яблони позднего срока созревания: Айдаред, Ренет Симиренко, Голден Делишес, Корей, Прикубанское, выращенных в ОПХ «Центральное» (г. Краснодар). Отбор проб проводился в разные фазы развития плодов – «плод лещина», «плод грецкий орех», «40 дней до съема», «20 дней до съема», «съемная зрелость», а также после 6 месяцев хранения. Содержание  $\alpha$ -фарнезена и продуктов его окисления в гексановых экстрактах кутикулы яблок определяли с использованием спектрофотометра СФ-16 (Морозова, Салькова, 1980); фенолкарбоновые кислоты – на

приборе «Капель 103»; минеральный состав (калий, кальций, магний) – на приборе «Капель 105», антиоксидантную активность – амперометрическим методом (Яшин, 2006).

**Обсуждение результатов.** Развитие загара при хранении яблок связано с содержанием природных антиоксидантов, уровень накопления которых обусловлен сортовыми особенностями плодов, действием биотических и абиотических факторов.

В устойчивости плодов к воздействию стрессовых факторов важная роль принадлежит природным антиоксидантам – аскорбиновой кислоте, Р-активным катехинам, содержание которых варьирует в зависимости от сорта от 6 мг/100 г (Голден Делишес) до 17 мг/100 г (Прикубанское) по содержанию аскорбиновой кислоты; от 98 мг/100 г (Ренет Симиренко) до 200 мг/100 г (Прикубанское, Корей) по содержанию витамина Р.

Роль антиоксидантов заключается в предотвращении окислительных процессов в тканях плодов [3, 4]. Уровень содержания аскорбиновой кислоты в яблоках – это наследственно обусловленный признак, в то же время погодные условия вегетационного периода оказывают существенное влияние на накопление витамина С.

По результатам наших исследований, установлено ежегодное максимальное содержание витамина С в яблоках сорта Прикубанское – от 12 до 17 мг/100 г и Р-активных катехинов – от 170 до 200 мг/100 г, что в совокупности определяет высокую устойчивость яблок к стрессовым факторам среды.

Как известно, полифенолы являются активными метаболитами клеточного обмена и играют важную роль в различных физиологических функциях растений, в том числе устойчивости к функциональным заболеваниям.

Отмечено большее распределение этих соединений в покровных тканях яблок в сравнении с мякотью, с этим связано более детальное изучение

их изменений в период вегетации. Из полифенолов в максимальных количествах в фазу «плод лещина» содержатся катехины (до 394 мг/100 г), лейкоантоцианы (122,6 мг/100 г).

Обнаружены также фенолкарбоновые кислоты – хлорогеновая, кофейная, галловая, которые наряду с витамином С и полифенолами формируют антиоксидантную активность плодов. По мере созревания плодов содержание естественных антиоксидантов уменьшается.

Общая антиоксидантная активность в зависимости от сортовых особенностей варьирует от 650 (Прикубанское, Корей) до 370-450 мг/100 г (Голден Делишес, Ренет Симиренко, соответственно) в период завязывания плодов и снижается до 250 (Прикубанское) – 160 мг/100 г (Ренет Симиренко) в съемной зрелости.

Поскольку развитие загара происходит в кожице плодов, нами определены показатели её химического состава. Высокая антиоксидантная активность в съёмной зрелости отмечена у сортов Прикубанское и Корей (356,0-442,2 мг/100 г), наименьшая – у сорта Голден Делишес, независимо от года исследований.

По результатам исследований установлено, что для яблок сорта Ренет Симиренко содержание антиоксидантов в кожице плодов при закладке на хранение должно находиться в пределах 215-280 мг/100г; Голден Делишес – 200,9-232,6 мг/100 г; Корей – 430-445 мг/100 г; Айдаред – 290-310 мг/100 г; Прикубанское – 340-367 мг/100 г.

Полученные данные по формированию антиоксидантной активности плодов в период вегетации позволяют судить о физиологическом состоянии плодов и, по необходимости, принимать меры для снижения потерь при хранении. Плоды с высокой антиоксидантной активностью при хранении не поражались загаром.

Изучение динамики накопления  $\alpha$ -фарнезена в яблоках сорта Ренет Симиренко выявило отсутствие этого соединения в зеленых плодах (ана-

лиз 15.08), следы его (3,0 мкм/100 см<sup>2</sup>) обнаружены 28 августа. При закладке яблок на хранение (26.09) фарнезен содержался в плодах в количестве 4,4 мкм/100 см<sup>2</sup>.

При хранении яблок Ренет Симиренко отмечено снижение содержания фарнезена на фоне увеличения окиси фарнезена, количество которой составляло 0,9 (6.12.2009 г.) – 13,0 мкм/100 см<sup>2</sup> (после 6 месяцев хранения).

Интерес к изучению накопления в плодах фарнезена продиктован его участием в развитии «загара», который может быть вызван летучими и газообразными соединениями. Установлено, что степень развития «загара» яблок коррелирует с накоплением в кожце сложных эфиров, сивушных масел, спиртов. Критические уровни их содержания позволяют прогнозировать сроки массового повреждения плодов загаром.

Продукты окисления фарнезена накапливаются в воске и частично подвергаются дальнейшему окислению, в результате чего в отдельных участках создаются анаэробные условия, что приводит к накоплению продуктов анаэробного обмена – спиртов, ацетальдегида и сложных эфиров, в частности – метилацетата. Исследования, направленные на изучение влияния степени зрелости плодов на ароматобразующий состав яблок, показали, что в процессе созревания яблок (сорт Ренет Симиренко) происходит постепенное образование спиртов, эфиров, кислот (табл. 1).

При этом происходит количественное и качественное накопление ароматобразующих веществ. В первую очередь отмечено накопление метилового и этилового спиртов, фурфурола, ацетальдегида, количество которых к съёмной зрелости увеличилось в 17,7 раза (ацетальдегид), в 30 раз (фурфурол), в 75,8 раз (метиловый спирт). Количество метилацетата увеличилось в 5,8 раза, появилась валериановая кислота, придающая плодам слабый цветочный аромат.

Таблица 1 – Изменение ароматических веществ в процессе созревания плодов, сорт Ренет Симиренко (2010 г.), мг/100 г

Наименование компонента	Плод «лещина»	Плод «грецкий орех»	40 дней до уборки	20 дней до уборки	Съём
Ацетальдегид	0,52	0,58	0,69	6,88	9,20
Диацетил	-	0,48	-	1,6	1,86
Лимонен	-	0,42	-	-	-
Ацетоин	-	0,34	-	0,32	-
Фурфурол	1,33	1,44	0,42	33,96	39,99
2,3 бутиленгликоль	8,29	1,55	0,19	3,56	3,64
1,3 пропиленгликоль	-	-	0,77	0,77	-
Этилформиат	-	0,35		1,04	1,05
Этилкаприлат	-	2,19	0,32	0,04	-
Метилацетат	0,94	-		0,92	5,06
Изоамилацетат	-	0,55	0,18	0,11	0,48
Метилацеталь	-	-	0,18	0,18	0,20
Этилацетат	0,08	0,25	0,40	0,46	0,6
Метилкаприлат	0,24	2,82	0,11	0,44	0,48
Этиллактат	-	-	-	0,32	1,85
Метанол	0,62	0,87	-	44,12	47,01
Этанол	0,005	0,005	0,006	0,006	0,008
1-пропанол	-	-	-	-	1,44
1 бутанол	-	-	-	-	13,71
Изоамиловый спирт	-	0,34	0,16	-	4,38
1 гексанол	-	0,33	-	0,2	2,73
1-амилол	-		0,13	0,74	0,8
Уксусная кислота	16,48	24,54	19,0	27,83	36,29
Пропионовая кислота	1,47	1,58	0,51	1,3	3,20
Изовалериановая	0,64	0,24	0,06	0,14	1,86
Валериановая	-	-	-	0,1	0,86
Изомасляная	1,69	0,09	0,06	0,06	-
Масляная кислота	-	-	0,22	0,24	0,42
Каприновый альдегид	-	-	0,95	2,71	2,9
Всего компонентов	12	19	18	23	24

При хранении яблок, имевших наличие «загара» в кожице и подкожном слое, наблюдается активное увеличение спиртов и менее активное – в плодах, не подвергшихся заболеванию. Отмечено значительное накопление 1-бутанола; 1-гексанола; 2-пропанола (табл. 2).

Таблица 2 –Изменение ароматических веществ в яблоках после хранения, сорт Ренет Симиренко (закладка на хранение 2009 г), мг/100 г

Наименование компонента	Вид соединений	До хранения	После 5 месяцев хранения в ОА	
			с «загаром»	без «загара»
Ацетальдегид	-	9,20	22,4	12,0
Диацетил	-	0,86	4,26	1,22
Фурфурол	-	19,99	не обн.	14,4
2,3 бутиленгликоль	-	3,44	не обн.	2,02
Метилацетат	сл. эфир	5,06	17,68	-
Изоамилацетат	сл. эфир	0,48	не обн.	-
Метилкаприлат	сл. эфир	0,48	2,03	-
Этилацетат	сл. эфир	не обн.	3,10	-
Метилкаприлат	сл. эфир	1,34	2,04	-
Этиллактат	сл. эфир	1,85	27,02	-
Метанол	спирт	17,01	48,01	22,2
Этанол	спирт	0,006	0,02	0,008
1-пропанол	спирт	1,44	7,52	2,34
2-пропанол	спирт	не обн.	2,62	1,06
1 бутанол	спирт	13,71	59,84	15,26
Изоамиловый спирт	спирт	4,38	7,93	5,65
1 гексанол	спирт	2,73	15,24	12,22
1-амилол	спирт	не обн.	1,65	не обн.
Уксусная кислота	орг.кислоты	36,29	40,69	36,48
Пропионовая кислота	орг.кислоты	3,20	не обн.	3,43
Изовалериановая	орг. кислоты	1,86	2,74	1,94
Валериановая	орг. кислоты	не обн.	1,75	не обн.

По результатам исследований установлено, что в неповрежденных яблоках сорта Голден Делишес содержится 12,0 мг/100г ацетальдегида, в кожуре с загаром – 22,4 мг/100г. У сорта Ренет Симиренко данные показатели составляют соответственно 6,4 и 19,4 мг/100 г.

Накопление спиртов, которое происходит при хранении яблок (более 35,0 мг/дм<sup>3</sup>), можно считать дополнительным прогнозирующим показателем лежкоспособных свойств яблок, исключая появление «загара».

Пороговой концентрацией этилового спирта в яблоках Голден Делишес является 0,008 мг/100 г; метилового спирта – 22,0 мг/100 г; изоамилового спирта – 5,65 мг/100 г. При минимальном содержании спиртов плоды

сохраняют достаточно качественный внешний вид, и признаков «загара» в них не обнаруживается.

В процессе созревания и при хранении в плодах могут образовываться новые, ранее не обнаруженные кислоты, в том числе – янтарная кислота.

Нами были проведены исследования фракционного состава органических кислот в процессе хранения в яблоках сортов Прикубанское, Ренет Симиренко (табл. 3).

Таблица 3 – Динамика изменения кислотного состава яблок при хранении, 2009-2010 гг.

Сорт	Варианты	Общее содержание кислот, %	Фракционный состав кислот, %			Плоды с загаром, %
			яблочная	лимонная	янтарная	
Прикубанское	до хранения	0,46	0,40	0,06	не обн.	не обн.
	2 месяца	0,40	0,38	0,02	не обн.	не обн.
	3 месяца	0,36	0,32	0,04	не обн.	не обн.
	5 месяцев	0,32	0,28	0,04	не обн.	1,5
Ренет Симиренко	до хранения	0,92	0,80	0,12	не обн.	не обн.
	2 месяца	0,75	0,68	0,06	0,02	1,5
	3 месяца	0,65	0,60	0,03	0,02	2,0
	5 месяцев	0,55	0,46	0,03	0,06	12,5

У яблок сорта Прикубанское после 5 месяцев хранения не происходит образования янтарной кислоты, а сорта, плоды которых поражаются загаром, накапливают янтарную кислоту уже после 1 месяца хранения (Ренет Симиренко). Содержание янтарной кислоты может возрасти до токсических для клетки концентраций и составлять 0,1-0,2% [3, 4]. Поэтому, обнаружение янтарной кислоты может служить индикатором развития функциональных заболеваний, так как она ингибирует некоторые ферменты, ответственные за восстановление продуктов окисления полифенолов.

Таким образом, торможение в плодах процессов окисления органических веществ, приводящих к физиологическим расстройствам (загару), можно прогнозировать с помощью природных антиоксидантов, уровень



накопления которых характеризует физиологическое состояние плодов и устойчивость к развитию загара. Установлено, что плоды, обладающие большей антиоксидантной активностью кожицы, лучше сохраняют биохимический потенциал при хранении, имеют высокую сопротивляемость к физиологическим заболеваниям (табл. 4).

Таблица 4 – Содержание антиоксидантов в плодах и кожице яблок до и после хранения (2007-2010 гг.)

Сорт	АОА до хранения, мг/100г		АОА после 5 месяцев хранения, мг/100г		Количество плодов с загаром, %
	кожица	плод	кожица	плод	
Ренет Симиренко	325,6-450,5	140,7-200,0	213,0-246,6	96,6-127,8	5,2 -12,5
Прикубанское	432,2-456,0	250,0-283,0	320,2-377,5	180,0-198,8	1,0-1,5
Корей	442,2-450,6	224,5-250,0	312,6-362,4	180,0-186,4	1,6-2,0
Айдаред	220,0-296,4	114,4-160,0	222,2-234,4	96,6-102,2	2,5-7,6

Наибольшее количество плодов с загаром отмечено в урожае 2007 и 2008 годов. Так, для сорта Ренет Симиренко количество плодов с загаром урожая 2007 года составляло 12,5%; урожая 2008 года – 10,4%; урожая 2006 года – не превысило 5,2%.

Исследование плодов, начиная с завязи (май), выявило максимальное накопление минеральных веществ в начальной фазе их развития. Так, у сорта Прикубанское, при размере яблок 4-5 мм (плод «лещина»), следующие показатели минерального состава: калий – 316,4 мг/100 г, кальций – 30,5 мг/100 г, магний – 13,7 мг/100 г. При достижении яблоками размера «грецкий орех» (начало июля) отмечено снижение калия до 262,8 мг/100 г, кальция – до 21,8 мг/100 г, магния – до 11,6 мг/100 г.

За 40 и 20 дней до уборки урожая наблюдается постепенное уменьшение содержания минеральных веществ в яблоках (медленными темпами). В съёмной зрелости оптимальный минеральный состав, в зависимости от сортовых особенностей яблок, следующий: 8-14 мг кальция; 90-130 мг ка-

лия, 6-10 мг фосфора, 5-8 мг магния (в 100 г сырой массы), что обуславливает высокий выход товарных сортов после 6 месяцев хранения.

Стабилизации ультраструктуры плодов способствует находящийся в кожице кальций, обеспечивающий нормальное функционирование клеточных стенок и предотвращающий развитие подкожной пятнистости. Сопоставление твердости кожицы яблок и наличия в ней кальция показало, что плоды, имеющие сравнительно невысокую прочность кожицы, содержат в ней не более 20,2 мг/100 г кальция (сорт Голден Делишес). Более лежкие сорта содержат в кожице 22,5-23,0 мг/100 г кальция, имеют более плотную структуру (сорта Корей и Прикубанское).

Установленные оптимальные уровни содержания элементов питания в определенную фазу развития растений позволяют корректировать некорневые подкормки для достижения заданных уровней минерального состава. Ранний прогноз развития физиологических заболеваний плодов по недостатку или несбалансированности минерального состава позволяет снизить потери при хранении на 5-7%.

**Выводы.** Установлены оптимальные уровни естественных антиоксидантов в плодах, способствующие увеличению сроков их хранения без значительных ухудшений товарных качеств, связанных с образованием окиси фарнезена, приводящего к загару кожицы. Для яблок сорта Ренет Симиренко содержание антиоксидантов в кожице при закладке на хранение должно находиться в пределах 215-280 мг/100 г; Голден Делишес – 200,9-232,6 мг/100 г, Корей – 430-445 мг/100 г, Айдаред – 290-310 мг/100 г, Прикубанское – 340-367 мг/100 г.

Оптимальным минеральным составом яблок в период уборки урожая в зависимости от сортовых особенностей является: 8-14 мг кальция; 90-130 мг калия, 6-10 мг фосфора, 5-8 мг магния (в 100 г сырой массы). Лежкие сорта содержат в кожице 22,5-23 мг/100 г кальция, имеют более плотную структуру (сорта Корей и Прикубанское), что способствует более длитель-

ным срокам хранения плодов с минимальными потерями, связанными с ухудшением товарных качеств от возникновения горькой ямчатости.

Дополнительным прогнозирующим показателем лежкоспособных свойств яблок, исключая появление «загара», являются спирты, накопление которых происходит при хранении яблок. Пороговой концентрацией этилового спирта в яблоках Голден Делишес является 0,008мг/100г; метилового спирта – 22,0мг/100г; изоамилового спирта 5,65мг/100г.

### Литература

1. Гудковский, В.А. Факторы сада, влияющие на качество и лежкость плодов / В.А. Гудковский, Л.В. Кожина// Труды ученых Мичуринского государственного аграрного университета: сб. научных трудов. – Мичуринск, 2005. – С. 114-122.
2. Причко, Т.Г. Биохимические и технологические аспекты хранения и переработки плодов яблони/ Т.Г. Причко. – Краснодар, 2002.– 172 с.
3. Широков Е. П. Хранение и переработка плодов и овощей. – М.: Агропромиздат, 1972.– 335с.
4. Метлицкий, Л.В. Хранение плодов в регулируемой газовой среде/ Л.В. Метлицкий, Е.Г. Сальникова. – М.: Экономика, 1972. – 181с.