

УДК 634.11:631.551 (477)

Оценка зрелости яблок по светопрозрачности

А. В. МЕЛЬНИК,
кандидат сельскохозяйственных наук
Уманский сельскохозяйственный институт
имени А. М. Горького (УСХИ)

Уборка плодов в оптимальные сроки сохраняет качество продукции и уменьшает потери при хранении. Этим обуславливается поиск надежных методов контроля зрелости, позволяющих установить срок съема яблок с дерева или окончания хранения. Перспективны в этом отношении оптические показатели, определение которых не нарушает структуру и целостность объекта.

Изучали светопрозрачность яблок в процессе предуборочного созревания и последующего хранения для оценки их зрелости.

Исследовали яблоки поздних сроков созревания сортов Дели-

шес, Джонатан, Кальвиль снежный и Кортланд из учебно-опытного хозяйства Уманского СХИ (Центральная Лесостепь УССР). Агротехника — рекомендуемая для зоны, система содержания почвы — черный пар.

Для хранения убрали плоды разной зрелости: ранний съем, начальная и полная съемная зрелость. Хранили яблоки в камерах КХР-12М (объем около 12 м³) при —1,5; 0 и 3 °С в контейнерах в обычной атмосфере (контроль) и регулируемой (3 % CO₂ и 3 % O₂ или 5 % CO₂ и 3 % O₂) газовой среде при относительной влажности воздуха 95 и 80 % (дополнительный контроль). Продолжительность хранения Кальвиля снежного — 6 месяцев, Кортланда — 7, Джонатана и Делишеса — 8 месяцев.

Светопрозрачность плодов определяли на установке (рис. 1), содержащей источник монохроматического света — спектроколориметр «Спекол» со сконструиро-

ванной нами измерительной приставкой. В корпусе приставки установлена прямоугольная зеркальная призма. Последняя направляет выходящий из прибора световой луч вверх на линзу, расположенную в цилиндрическом корпусе, так, чтобы сфокусировать луч на поверхности объекта исследований. Его помещают на кольцевую прокладку из мягкой резины, положенную на фигурную шайбу. Прокладка исключает проникновение света в интегрирующую сферу в обход исследуемого плода. Сфера диаметром 140 мм окрашена изнутри (белая), верхняя ее половина легко снимается. На вершине сферы посредством шайбы 10 в светонепроницаемом корпусе закреплен фотоэлектронный умножитель типа ФЭУ-84-3 с фотокатодом (чувствительность 145 мкА/лм). К нему подведено питание от источника напряжением 1300 В, а выходной сигнал поступает на вход измерительного прибора — милливольтметра.

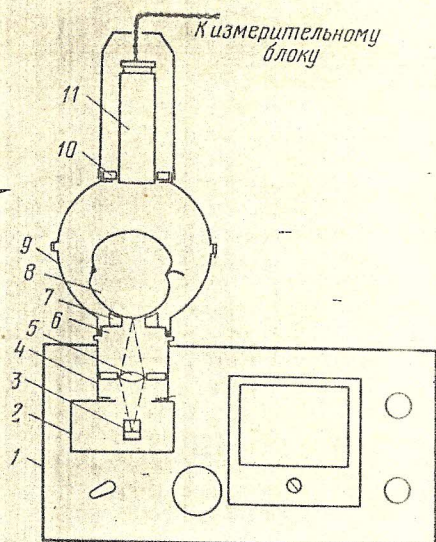


Рис. 1. Установка для определения светопрозрачности: 1 — спектроколориметр «Спекол», 2 — корпус приставки, 3 — прямоугольная призма, 4 — цилиндрический корпус, 5 — линза, 6 — фигурная шайба, 7 — резиновая прокладка, 8 — исследуемый объект, 9 — интегрирующая сфера, 10 — шайба, 11 — фотоэлектронный умножитель

Объект исследования помещают на кольцевую прокладку, интегрирующую сферу закрывают. Включается питание фотоумножителя, и по отклонению стрелки измерительного прибора отмечается относительный уровень проходящей через объект световой энергии (светопрозрачность). Измерение ведется на заранее устанавливаемых длинах волн спектроколориметра в диапазоне от 450 до 800 нм. Средняя проба для измерения светопрозрачности — 15 плодов.

Органолептически яблоки оценивала постоянная комиссия по общепринятой пятибалльной шкале. При обработке результатов значимость отдельных показателей дифференцировали: показатель вкуса, как наиболее существенный, умножали на 4, консистенции и аромата — на 2, окраски и внешнего вида — на единицу [1]. Итоговая оценка равнялась сумме баллов по всем показателям.

Результаты измерений свидетельствуют, что яблоки изучаемых сортов, например Джонатана (рис. 2), по-разному пропускают

световые лучи в зависимости от длины их волны. На исследуемом участке видимого спектра у плодов четко выражены максимальные значения светопрозрачности, между которыми расположены области с высоким поглощением. Поглощение света обусловлено наличием в кожуре и главным образом мякоти яблок растительных пигментов [2, 3], среди которых ведущую роль играет хлорофилл, максимально поглощающий свет в областях спектра с длиной волны около 430 и 675 нм [4, 5]; область вблизи 760 нм соответствует поглощению воды.

У более зрелых яблок концентрация хлорофилла снижается, уменьшая поглощение света вблизи волн длиной 675 нм. Первый (рис. 2, левый) максимум светопрозрачности смещается в сторону более длинных волн: от 550 нм у незрелых яблок к 580 и далее к 620 нм — по мере повышения зрелости плодов. Положение второго (правого) максимума светопрозрачности при этом изменяется значительно меньше — от 730 к 720 и 715 нм.

Следовательно, с увеличением зрелости плодов происходит взаимное сближение пиковых значений светопрозрачности по шкале длин волн. Спектральный интервал $\Delta\lambda$ между двумя максимальными уровнями был принят за показатель, характеризующий состояние зрелости яблок.

Для примеров, приведенных на рисунке 2, $\Delta\lambda_1=180$ нм; $\Delta\lambda_2=140$ нм; $\Delta\lambda_3=95$ нм.

Установлено заметное влияние ориентации плодов в отношении светового луча измерительного устройства на величину спектрального интервала (рис. 3). Более низкий уровень $\Delta\lambda$, как правило, отмечался при обращении плода к источнику света стороной с покровной окраской (координата 1); по мере же перехода к диаметрально противоположной (координата 1') он повышался. Это, по-видимому, объясняется неодинаковой зрелостью частей плода.

Общезвестен повышенный уровень метаболизма тканей на обращенной к солнцу стороне плода, что и обуславливает ускоренное ее созревание. Поверхность яблок при этом часто приобретает антоциановую окраску. Влияние последней на неоднородность распределения спектрального интервала, вероятно, невелико из-за незна-

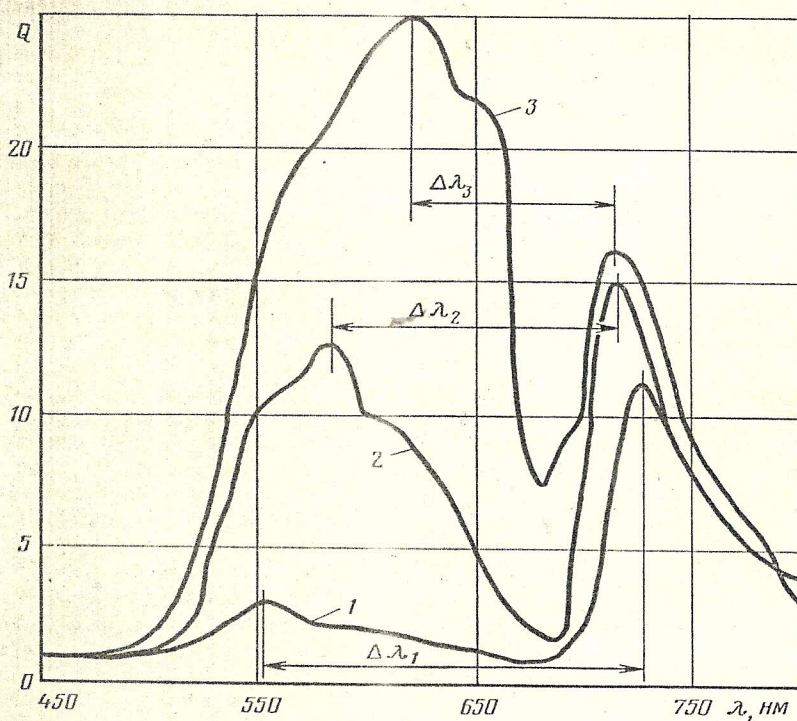


Рис. 2. Светопрозрачность (Q) яблок сорта Джонатан на различных стадиях созревания в зависимости от длины волны света: 1 — незрелые плоды, 2 — начало съемной зрелости; 3 — полная съемная зрелость; $\Delta\lambda$ — спектральный интервал

чительной толщины кожицы в сравнении с мякотью, состояние которой определяет светопроницаемость плода [4]. Это косвенно подтверждается данными по сорту Кальвиль снежный, покровная окраска плодов которого слаба или зачастую отсутствует.

Рассмотренные выше вопросы подлежат дальнейшему изучению, однако для исключения погрешности от случайного расположения плодов в интегрирующей сфере при измерениях их фиксировали по координате 3—3' (рис. 3).

Динамика спектрального интервала в период предуборочного созревания определяется биологическими особенностями сорта (рис. 4). Величина показателя по мере созревания плодов неуклонно уменьшалась. Пологая кривая уменьшения для позднеспелого сорта Делишес — свидетельство замедленного изменения окраски мякоти плода. Значительное изменение спектрального интервала наблюдалось у Джонатана и Кальвиля снежного. Хотя предуборочное созревание последних более интенсивно, по степени уменьшения изучаемого показателя плоды сорта Джонатан их опережали. Это, вероятно, следует отнести к способности последнего накапливать заметное количество пигментов, главным образом каротиноидов, обуславливающих желтую окраску мякоти [6], что и вызвало дополнительное уменьшение спектрального интервала.

В изменении спектрального интервала созревающих на дереве яблок изучаемых сортов за годы исследований наблюдался определенный параллелизм. Это свидетельствует о применимости показателя для установления оптимальных сроков уборки плодов, предназначенных для длительного хранения.

В процессе послеуборочного дозревания яблок при длительном хранении спектральный интервал уменьшался (рис. 5). Замедленным его изменением, особенно в начальный период, характеризовались плоды, хранившиеся в РГС. В обычных условиях при относительной влажности 95 % этот показатель изменялся интенсивнее. Сильное его уменьшение отмечено у яблок, находившихся на воздухе с пониженной до 80 % относительной влажностью, где плоды интенсивно теряли влагу и вследствие этого быстрее дозревали [7].

Наряду с общими тенденциями в динамике спектрального интервала хранящихся яблок его изменение в конкретных температурных и газовых режимах определялось особенностями сорта и зрелостью при уборке (сроками съема).

Судя по приведенной таблице, на изменение $\Delta\lambda$ яблок Кальвиля снежного и Кортланда преимущественно влиял состав газовой среды в хранилище, Джонатана — срок их уборки. Действие этих факторов на яблоки сорта Делишес примерно равнозначно.

В среднем по сортам из изучавшихся факторов наиболее сильно проявилась зрелость плодов при уборке (срок съема), меньше — состав газовой среды и температура. Относительно низкое влияние последней можно объяснить узостью изучаемого интервала температур.

Влияние изучаемых факторов на изменение спектрального интервала плодов при хранении

Сорт	Влияние факторов, %		
	срок уборки	температура хранения	состав среды
Кальвиль снежный	6,3	1,6	34,6
Кортланд	52,5	3,4	10,3
Джонатан	23,6	0,2	32,0
Делишес	14,7	3,3	16,2
В среднем	39,3	2,1	23,3

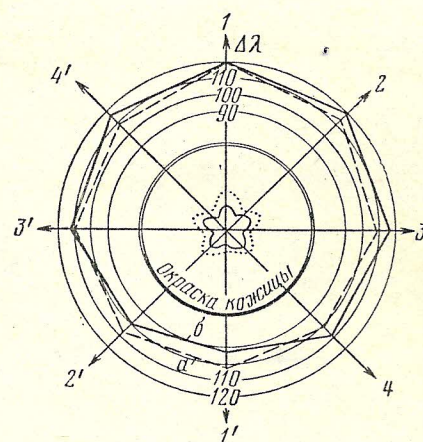


Рис. 3. Влияние ориентации плодов (1—4 и 1'—4') по отношению к световому лучу измерительного устройства на спектральный интервал $\Delta\lambda$: а — Кальвиль снежный, б — Джонатан

Выясняли взаимосвязь спектрального интервала с органолептическими свойствами плодов на примере яблок Джонатан, которые перед дегустацией (после хранения) сортировали по спектральному интервалу $\Delta\lambda$.

Между спектральным интервалом и дегустационной оценкой плодов установлена тесная взаимосвязь криволинейного характера с четко выраженным максимальным значением (рис. 6). Этому оптимуму соответствовали плоды

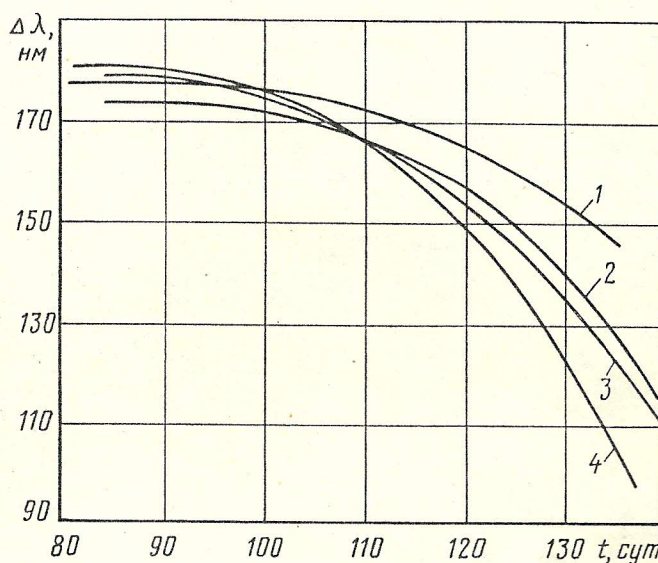


Рис. 4. Изменение спектрального интервала $\Delta\lambda$ яблок в период t предуборочного созревания: 1 — Делишес, 2 — Кортланд, 3 — Кальвиль снежный, 4 — Джонатан

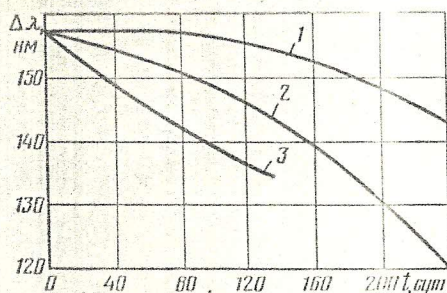


Рис. 5. Изменение спектрального интервала $\Delta\lambda$ яблок в процессе хранения при разных способах (усредненные данные, температура 3°C): 1 — PGC, 2 — обычное хранение при относительной влажности воздуха 95 %, 3 — то же, 80 %

сорта Джонатан с показателем вблизи 85–95 нм, набравшие при дегустации максимальную сумму баллов. Яблоки, не достигшие потребительской зрелости при хранении, характеризовались более высокими значениями спектрального интервала в сравнении с оп-

тимальным, в то время как незрелые — пониженными.

Расчетами для выявления взаимной сопряженности отдельных органолептических характеристик установлено, что по характеру изменения наиболее близок к общей дегустационной оценке показатель вкуса. Критерий непараллельности [8] между ним и общей оценкой 2,18, тогда как для аромата 4,19, внешнего вида 4,50, окраски мякоти 4,58, окраски кожицы 4,95 и консистенции 5,18 (с возрастанием критерия связь между параметрами уменьшается).

Таким образом, спектральный интервал может быть одним из показателей определения целесообразности дальнейшего хранения плодов. Его снижение до критического значения, равного, например, для яблок сорта Джонатан 85–95 нм, свидетельствует о необходимости снятия плодов с хранения. Очевидно, критическое значение показателя изменяется в зависимости от вида и сорта.

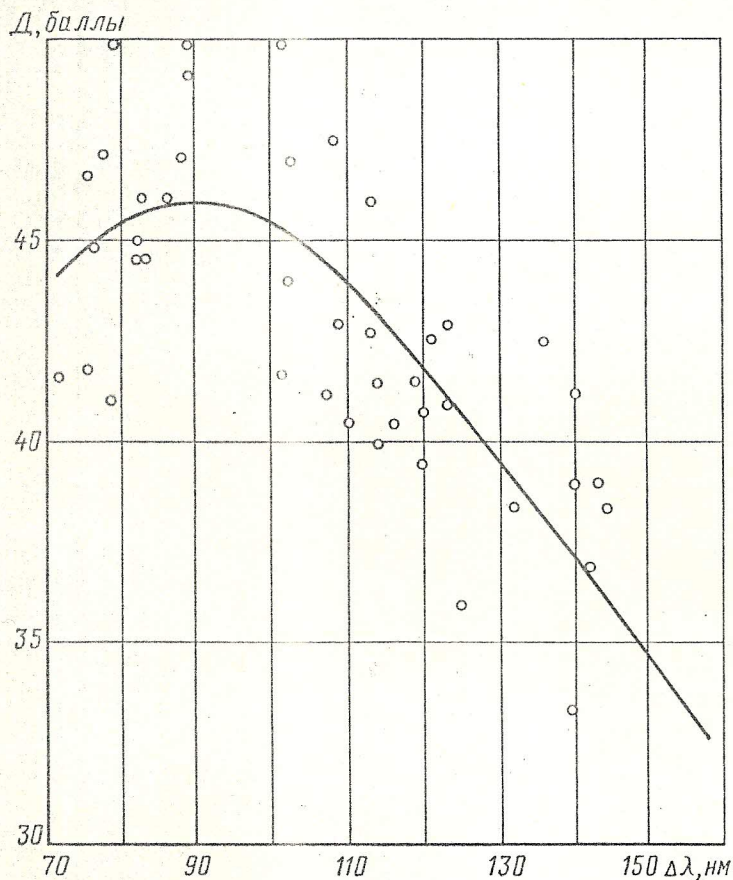


Рис. 6. Взаимосвязь спектрального интервала $\Delta\lambda$ с дегустационной оценкой D яблок Джонатан при хранении

Предложенный показатель — спектральный интервал $\Delta\lambda$ [9] носит экспрессный характер и позволяет предотвратить потери от перезревания. Его можно использовать для установления сроков уборки плодов и разработки режимов длительного хранения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Странджев А., Илиев И. Физиология, биохимия и вкусовые изменения в яблочных плодах при съхранении в холодильных условиях. Органолептические и вкусовые изменения. — Градинарска и лозарска наука, 1974, г. 11, № 1.
2. Romani R. J., Jakob F. G., Sprock C. M., Mitchell F. G. Light transmission characteristics of fruit as indices to fruit maturity. — 16-th Inter. Hortic. Congr., Brussels, 1962, vol. 3.
3. Yeatman J. N., Norris K. H. Evaluating internal quality of apples with new automatic fruit sorter. — Food Technol. 1965, vol. 19, № 3.
4. Birth G. S., Norris K. H. An instrument using light transmittance for nondestructive measurement of fruit maturity. — Food Technol., 1958, vol. 12, № 11.
5. Norris K. H. Measuring light transmittance properties of agricultural commodities. — Agr. Eng., 1958, vol. 39, № 10.
6. Дончев Х. Х. Изменение красящих веществ яблок в Болгарии при созревании и хранении. — Автореф. канд. дис. — М., 1977.
7. Колесник А. А. Факторы длительного хранения плодов и овощей. — М.: Госторгиздат, 1959.
8. Плохинский Н. А. Достоверность различия двух процессов. — В кн.: Биометрические методы. М., 1979.
9. А. с. 1139385 (СССР). Способ определения срока съема плодов с хранения в охлаждаемых помещениях. — Б. И., 1985, № 6.