УДК 634.10+633.4:681.70

DOI: 10.35887/2305-2538-2019-6-17-22

ОПТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ЗРЕЛОСТИ ПЛОДОВ ЯБЛОНИ¹Астапов Андрей Юрьевич¹Криволапов Иван Павлович¹Акишин Дмитрий Васильевич¹ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»

Реферат. От оптической зрелости плодов зависит их механическая прочность, интенсивность дыхания, продолжительность хранения. Представлен оптический метод определения зрелости плодов яблони с помощью комбинированной автоматизированной системы Amilon. Приведены результаты исследований по определению степени зрелости 3-х сортов яблони двумя способами: по индексу йодкрахмальной пробы на основе сравнения окрашенных образцов с 5-и балльной шкалой, и на комбинированной системе Amilon с программным обеспечением «Amilon 2.0» компании Isolcell (Италия) с использованием цифровых методов анализа изображений. Объектами исследований являются сорта яблок Жигулевское, Лобо, Лигол выращенные в Первомайском районе Тамбовской области. Определение степени зрелости проводилось в день сбора плодов в сентябре 2019 года. Проведенные по 5-и балльной шкале исследования показали, что плоды сорта Жигулевское имели степень зрелости в баллах 4,7 - 5,0 баллов, Лобо – 3,8 – 4,3), Лигол - 2,4 – 2,7. На длительное хранение рекомендовано закладывать плоды Лигол с максимальным потенциалом лежкости. Показаны преимущества определения степени зрелости плодов на приборе Amilon: простота и технологичность, высокая скорость проведения анализов и получения готовых данных, высокая точность определения, возможность получения информации о минимальных и максимальных показателях степени зрелости плодов в исследуемой партии. Комбинированная система Amilon позволяет проводить корректный анализ и может быть рекомендована для определения степени зрелости плодов яблони.

Ключевые слова: оптический метод, плоды, степень зрелости, индекс йодкрахмальной пробы, хранение.

OPTICAL METHOD FOR DETERMINING THE DEGREE OF MATURITY OF APPLE-FRUITS¹Astapov Andrey¹Krivolapov Ivan¹Akishin Dmitry¹FSBEI HE "Michurinsk State Agrarian University"

Abstract. Mechanical strength, respiratory rate, storage duration depends on the optical maturity of the fruit. An optical method for determining the maturity of apple fruits using the combined automated Amilon system is presented. The results of studies to determine the degree of maturity of 3 apple varieties in two ways: by the iodine starch index based on a comparison of stained samples with a 5-point scale, and on the combined Amilon system with Amilon 2.0 software from Isolcell (Italy) using digital image analysis methods are given. The objects of research are apple varieties Zhigulevskoe, Lobo, Ligol grown in the Pervomaisky district of the Tambov region. The degree of maturity was determined on the day of harvest in September 2019. Studies carried out on a 5-point scale showed that the fruits of the Zhigulevskoye variety had a maturity of 4.7 - 5.0 points, Lobo - 3.8 - 4.3), Ligol - 2.4 - 2.7. For long-term storage, it is recommended to lay the fruits of Ligol with the maximum potential for keeping quality. The advantages of determining the degree of fruit maturity on an Amilon device are shown: simplicity and manufacturability, high speed of analysis and obtaining ready-made data, high accuracy of determination, the ability to obtain information about the minimum and maximum indicators of the degree of fruit maturity in the test batch. The combined Amilon system allows for the correct analysis and can be recommended for determining the degree of ripeness of apple fruit

Keywords: optical method, fruits, maturity, iodine starch test index, storage.

Введение. Важным показателем физиологического состояния плодов яблони, груши, томата и многих других плодовых культур является степень зрелости [1, 2]. От данного показателя зависит механическая прочность плодов, интенсивность дыхания, продолжительность хранения.

Исследованиями, проведенными в нашей стране и во многих странах за рубежом, установлены показатели, с различной степенью достоверности характеризующие степень зрелости плодов. Существуют различные способы и методы определения степени зрелости яблок, которые возможно разделить на несколько групп: расчетные, физиологические и физико-химические (инструментальные методы), сенсорные и др. [3, 4].

В настоящий момент разработаны современные приборы и методы, которые позволяют определить электрические и оптические показатели плодов яблони: электрическое сопротивление ткани, отражение света поверхностью плода, флуоресценцию поверхности плода, колориметрические методы. Перечисленные показатели отражают качество плодов. Они используются в качестве вспомогательных для определения сроков съема [2].

Колориметрические методы диагностики основаны на отражательной способности плодов. Данные методы отражены в государственных стандартах как мера по обеспечению соответствующей степени свежести, целостности, зрелости, вкуса, содержания питательных веществ и т.п. показателей.

Спектрофотометрический метод основан на явлении поглощения электромагнитного оптического излучения в зависимости от молекулярного состава объекта.

Биохимические и физико-химические (или инструментальные) методы основаны на косвенной или прямой констатации изменений протекающих в плодах в процессе их роста и развития. К распространённым биохимическим и физико-химическим методам относят определение сухих (или сухих растворимых) веществ, суммы и фракционного состав пектиновых веществ, титруемой кислотности, количества и состава сахаров, твердости, содержания хлорофилла, интенсивности дыхания, содержания этилена и другие [3]. Биохимические и физико-химические методы, как правило, более точны, и менее субъективны, чем расчетные и сенсорные. В практической работе с плодами яблони степень зрелости определяют обычно по индексу йодкрахмальной пробы (I/KI) [4].

К преимуществам метода следует отнести простоту и низкие материальные затраты на проведение, а к недостаткам - субъективизм при сравнении окрашенных образцов с 5-и или 8-и балльной шкалой.

Для повышения точности и объективности результатов определения степени зрелости (в том числе и по йодкрахмальной пробе) в нашей стране и за рубежом изучаются визуально-спектрофотометрические, неразрушающие оптические и другие более точные инструментальные методы определения [1, 3, 5].

В этой связи исследования, направленные на определение степени зрелости плодов по йодкрахмальной пробе с использованием новой системы Amilon (Isolcell Италия), являются весьма актуальными.

Материалы и методы. Amilon – это комбинированная автоматизированная система с программным обеспечением «Amilon 2.0» для оценки созревания плодов яблони и груши с использованием крахмально-йодного теста. Внешний вид системы Amilon представлен на рисунке 1. Система состоит из устройства для закладки образцов плодов яблони, которые фотографируются спектральной фото-видеокамерой и переносного компьютера с программным обеспечением.

Основные преимущества данной системы – объективное и автоматизированное измерение гидролиза крахмала (стадия крахмала), как индекс зрелости в плодах яблок всех сортов.

Принцип работы прибора. Крахмальную стадию выделяют путем реакции с раствором йода-калия йодида. Средняя часть среза фрукта, обработанного таким образом плода фотографируется, затем изображение обрабатывается. Далее значение крахмала вычисляется и отображается для каждого отдельного среза и в среднем по образцу (максимум 12 штук на поддоне прибора). Значение крахмала может быть отображено в соответствии с обычно используемыми эталонными шкалами 1-10 (рекомендовано на международном уровне).

Процедура оценки плодов состоит из пяти простых шагов:

Образцы плодов, предварительно обработанные раствором йода, загружаются на красный лоток и помещаются в освещенную зону прибора.

Рисунок 1 – Внешний вид комбинированной автоматизированной системы Amilon (IsoIcell, Италия)

Образцы фотографируются камерой, полученные изображения переносятся в программу для дальнейшей обработки. В автоматическом режиме производится анализ полученного изображения исследуемых плодов и последующая их оценка по 10 (5) бальной шкале. Рассчитанный индекс крахмала отображается для каждого отдельного плода и может быть скорректирован пользователем. Результаты сохраняются в базе данных.

Результаты и их обсуждение. Исследования проводились в учебно-исследовательской лаборатории прогрессивных технологий хранения фруктов и овощей Мичуринского ГАУ. Объектами исследований являются сорта яблок Жигулевское, Лобо, Лигол выращенные в ОАО «Снежеток» Первомайского района Тамбовской области. Сбор плодов производился 11.09.2019 года. Определение степени зрелости проводилось в день сбора плодов двумя способами: по йодкрахмальной пробе [6] и на специально разработанном для этих целей приборе Amilon с программным обеспечением «Amilon 2.0» компании Isolcell (рисунок 2).

Рисунок 2 – Определения степени зрелости плодов яблони прибора Amilon с программным обеспечением «Amilon 2.0»

Для определения содержания крахмала в плодах готовили свежий раствор йода в йодистом калии (раствор Люголя): на 100 мл воды 4 г KI и 1 г J. Для исследований отбирали по 10 типичных плодов каждого сорта с размером по наибольшему поперечному диаметру не менее 40 и не более 100 мм. Отобранные плоды разрезали поперек семенной камеры и опускали срезом в раствор Люголя на 5-10 секунд. Избыток раствора удаляли фильтровальной бумагой и примерно через 3-5 минут сравнивали степень потемнения среза с 5-ти бальной шкалой. Определение проводили на одном и том же образце 5 подготовленных сотрудников лабораторий центра коллективного пользования Мичуринского ГАУ. Полученные каждым исследователем результаты сравнивали и рассчитывали среднее значение индекса I/KI. После визуального определения степени зрелости плодов производилась оценка тех же образцов на приборе Amilon.

Обработанные раствором йода и окрашенные плоды раскладывали на рабочую поверхность красного лотка обработанной поверхностью вверх. В процессе работы система Amilon сканирует область лотка в поисках округлых не красных форм и анализирует каждый плод отдельно, чтобы вычислить его индекс I/KI. Поэтому для получения достоверных результатов по каждому исследуемому образцу следили за тем, что бы при раскладке расстояние составляло не менее 0,7 см между соседними плодами и не менее 1 см по периметру красной рабочей области лотка. При нарушении правил размещения плодов на рабочей поверхности лотка система может дать сбой и выдать в качестве индекса I/KI среднее значение двух находящихся рядом образцов. Результаты анализа высвечиваются на дисплее монитора: средний индекс I/KI образца, интервал ошибок (или доверительный интервал) и стандартное отклонение показателя.

Сущность йодкрахмального метода заключается в особенностях крахмала в растворе йода давать сине-черное окрашивание. Гидролиз крахмала при созревании плода идет в направлении от центра к периферии и поэтому дольше всего крахмал сохраняется под гиподермой.

При проведении определения степени зрелости следует учитывать, что темпы накопления крахмала и последующего его гидролиза различаются по сортам. Кроме того, необходимо учитывать, что все известные сорта яблок имеют циркулярную или радиальную модель гидролиза. При определении степени зрелости по I/KI с использованием 5-и бальной шкалы пользовались критериями, представленными в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние содержания крахмала на степень зрелости плодов по 5-и бальной шкале

Балл I/KI	Характер окрашивания поверхности среза	Состояние, степень зрелости	Пригодность к хранению
1	Вся поверхность среза от семенного гнезда до кожицы плода черно-синяя	Плод не созрел	Не пригодны
2	Незначительные участки поверхности среза не окрашены, главным образом в области плодоножки и у семенного гнезда	Начальная фаза съёмной зрелости*	Длительное хранение
3	Сердцевина светлая, просветы по всей поверхности среза, кроме подкожного слоя	Средняя и полная фаза съёмной зрелости	
4	Темное окрашивание под кожицей и незначительное потемнение отдельных участков мякоти	Потребительская зрелость	Краткосрочное хранение
5	Незначительное потемнение поверхности среза только под кожицей плода	Полное созревание плода	Потребление

Результаты определения степени зрелости 3-ех изучаемых сортов по I/KI на основе 5-и бальной шкалы представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Определение степени зрелости плодов по индексу I/KI по 5-и бальной шкале

Сорт	Индекс I/KI, балл						Пригодность к использованию по назначению
	Средние значения каждого исследователя					Среднее	
	1	2	3	4	5		
Жигулевское	4,9	4,7	4,9	4,8	5,0	4,9	Потребление
Лобо	4,1	3,8	4,3	4,1	4,2	4,1	Краткосрочное хранение
Лигол	2,4	2,7	2,4	2,6	2,7	2,6	Длительное хранение

Считается, что оптимальная степень зрелости для большинства сортов находится в интервале 2,5-3,5 балла (при определении по 5-и шкале) [6]. Проведенные по 5-и бальной шкале исследования показали, что плоды сорта Жигулевское имели степень зрелости от 4,7 до 5,0 баллов (среднее 4,9). Расхождения в показателях между исследователями составили $\pm 0,3$ балла. Индекс I/KI у плодов сорта Лобо колебался от 3,8 до 4,3 балла (среднее 4,1 балла). Расхождения составили $\pm 0,5$ балла. При определении степени зрелости у плодов сорта Лигол индекс I/KI колебался от 2,4 до 2,7 балла (среднее 2,6), при расхождениях в показателях проведенных разными исследователями $\pm 0,3$ балла

Полученные данные позволяют сделать вывод, что плоды, убранные 11.09. 2019 года у разных сортов имели существенные различия по степени зрелости. Так, плоды сорта Жигулевское, (индекс I/KI-4,9 балла), следует отнести к полностью созревшим и для закладки на хранение не рекомендовать. Плоды в такой степени зрелости целесообразно направлять на реализацию немедленно или после кратковременного хранения. Средний индекс I/KI у плодов сорта Лобо составил 4,1 балла, что соответствует потребительской зрелости. У плодов такой степени зрелости потенциал лежкости не велик, поэтому такие плоды целесообразно направлять на реализацию после краткосрочного или среднесрочного хранения. На длительное хранение рекомендуется закладывать плоды со степенью зрелости 2,5-3,0 балла, потому что такие плоды обладают максимальным потенциалом лежкости. Полученные данные показывают, что по индексу I/KI плоды сорта Лигол имеют оптимальную степень зрелости -2,6 балла и по этому показателю могут быть рекомендованы для закладки на длительное хранение. После визуального определения степени зрелости по I/KI на основе 5-и бальной шкалы проводили определение на приборе Amilon.

Таблица 3 – Определение степени зрелости плодов по индексу I/KI на приборе Amilon с программным обеспечением «Amilon 2.0»

Сорт	Показания прибора			Интервал ошибок	Пригодность к использованию
	минимальное	максимальное	среднее		
Жигулевское	4,6	5,0	4,8	0,20	Потребление
Лобо	4,0	4,6	4,2	0,20	Краткосрочное хранение
Лигол	2,3	2,8	2,5	0,23	Длительное хранение

Результаты, представленные в таблице 3, показывают, что индексы I/KI полученные на приборе Amilon с программным обеспечением «Amilon 2.0» отличаются от данных полученных при визуальном определении с использованием 5-и бальной шкалы не более чем на 0,1 балла (таблица 2). Величина погрешности в определениях на приборе была не значительной и находилась в пределах 0,20-0,23.

Заключение. Комбинированная система Amilon с программным обеспечением «Amilon 2.0» компании Isolcell (Италия), с использованием цифровых методов анализа изображений, позволяет проводить корректный анализ и может быть рекомендована для определения степени зрелости плодов яблоны.

Результаты работы системы Amilon отклоняются в пределах $\pm 0,5$ единицы крахмального индекса от результатов, полученных опытным специалистом.

Список литературы

1. Родиков С.А. Экспресс-диагностика зрелости яблок // Садоводство и виноградарство. – № 1. – 2001. – С. 9–12
2. Будаговская О.Н. Оптические методы диагностики зрелости и качества плодовоовощной продукции // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – № 2. – 2011. – С. 83-91.
3. Будаговская О.Н., Будаговский А.В., Грошева Е.В. Использование параметров медленной индукция флуоресценции хлорофилла для неdestructивной оценки зрелости томатов и прогноза их лежкоспособности // Инновации в сельском хозяйстве: теоретич. и науч.- практ. журнал. – 2016. – № 3. – С. 287-293.

4. Гудковский В.А. Система сокращения потерь и сохранение качества плодов и винограда при хранении (Методические рекомендации). – Мичуринск, 1990. – 119 с.
5. Будаговский А.В., Акишин Д.В., Сутормина А.В., Будаговская О.Н., Гудковский В.А. Оптическая диагностика степени зрелости томатов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2014. – № 11. – С. 30-33.
6. Целуйко Н.А. Определение срока съема плодов семенных культур. – М.: «Колос», 1969. 72 с.

References

1. Rodikov S.A. Ekspress-diagnostics of ripeness of apples // Sadovodstvo i vinogradarstvo. – № 1. – 2001. – S. 9–12
2. Budagovskaya O.N. Opticheskie metody diagnostiki zrelosti i kachestva plodoovoshchnoj produkcii // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – № 2. – 2011. – S. 83-91.
3. Budagovskaya O.N., Budagovskij A.V., Grosheva E.V. Ispol'zovaniya parametrov medlennoj indukcii fluorescencii hlorofilla dlya nedestruktivnoj ocenki zrelosti tomatov i prognoza ih lezhkospособnosti // Innovacii v sel'skom hozyajstve: teoretich. i nauch.- prakt. zhurnal. – 2016. – № 3. – S. 287-293.
4. Gudkovskij V.A. Sistema sokrashcheniya poter' i sohranenie kachestva plodov i vinograda pri hranenii (Metodicheskie rekomendacii). – Michurinsk, 1990. – 119 s.
5. Budagovskij A.V., Akishin D.V., Sutormina A.V., Budagovskaya O.N., Gudkovskij V.A. Opticheskaya diagnostika stepeni zrelosti tomatov // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya. – 2014. – № 11. – S. 30-33.
6. Celujko N.A. Opredelenie sroka s"ema plodov semechkovykh kul'tur. – M.: «Kolos», 1969. 72 s.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Астапов Андрей Юрьевич – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет», Россия, г Мичуринск, e-mail: Astapow_a@mail.ru.

Криволапов Иван Павлович – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет», Россия, г Мичуринск, e-mail: ivan0068@bk.ru.

Акишин Дмитрий Васильевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет», Россия, г Мичуринск, e-mail: akishin@mgau.ru.

Author credentials

Affiliations

Astapov Andrei – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Michurinsky State Agrarian University", Russia, Michurinsk, e-mail: Astapow_a@mail.ru.

Krivolapov Ivan – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Michurinsky State Agrarian University", Russia, Michurinsk, e-mail: ivan0068@bk.ru.

Akishin Dmitry Vasilievich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Michurinsky State Agrarian University", Russia, Michurinsk, e-mail: akishin@mgau.ru.

Поступила в редакцию (Received): 18.11.2019 Принята к публикации (Accepted): 23.12.2019