تقنيات ما بعد الحصاد للمحاصيل البستانية

٢٠

أ.د. عبد الله بن عبدالرحمن السعدون
أ.د. عبد الله بن محمد الحمدان

سلسلة الإصدارات العلمية للجمعية السعودية للعلوم الزراعية
الإصدار العشرون – السنة الثانية عشر

الجمعية السعودية للعلوم الزراعية
سلسلة الإصدارات العلمية
إصدار رقم (٢٠)

تقنيات ما بعد الحصاد للمحاصيل البستانية

أ.د. عبدالله بن عبدالرحمن السعدون
قسم الانتاج النباتي

أ.د. عبدالله بن محمد الحمدان
قسم الهندسة الزراعية
كرسي أبحاث التمور

كلية علوم الأغذية والزراعة
جامعة الملك سعود

١٤٣٢ هـ

ⓒ جامعة الملك سعود، ١٤٣٢هـ
الجمعية السعودية للعلوم الزراعية
فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

السعدون، عبدالله بن عبد الرحمن
تقنيات ما بعد الحصاد للمحاصيل البستانية / عبدالله بن عبد الرحمن السعدون، أ.د. عبد الله بن محمد الحمدان - الرياض، ١٤٣٢هـ
٤٠ ص، ١٦,٧٥ × ٢٣,٥ سم
ردمك: ٩-٧٨٠ - ٥٥ - ٩٩٦٠ - ٩٧٨

١- المحاصيل ٢- الإنتاج الزراعي أ.د. الحمدان، عبدالله بن محمد (مؤلف مشارك) ب. العنوان ج. السلسلة
ديوي ٦٣٣ ١٤٣٢/١٧٢٩

رقم الإيداع : ١٤٣٢/١٧٢٩هـ
ردمك : ٩-٧٨٠ - ٥٥ - ٩٩٦٠ - ٩٧٨

حقوق الطبع محفوظة
الطبعة الأولى
١٤٣٢ هـ

بسم الله الرحمن الرحيم

مجلس إدارة
الجمعية السعودية للعلوم الزراعية

الرئيس الفخري للجمعية:

صاحب السمو الملكي الأمير فهد بن سلطان بن عبدالعزيز

رئيس مجلس إدارة الجمعية:

أ.د. إبراهيم بن محمد عارف

نائب الرئيس:

م. موسى بن مفرح القحطاني

أمين المجلس:

أ.د. أحمد بن عبدالله الخازم الغامدي

أمين المال:

د. محمد بن شايع الشايع

أعضاء مجلس الإدارة:

د. سالم بن سفر الغامدي

د. عبدالرحمن بن محمد الصعب

أ. سليمان بن يوسف السالم

أ. مرعي بن سالم النهدي

م. جابر بن سالم اليامي

هيئة تحرير سلسلة الإصدارات العلمية
للجمعية السعودية للعلوم الزراعية

رئيس التحرير:

أ.د. فهد بن عبد الله اليحيى

مدير التحرير:

أ.د. محمد بن سليمان السكران

هيئة التحرير:

د. إبراهيم بن عبد الرحمن الشدي

د. محمد بن إبراهيم الوابل

المؤلفان في سطور

١) أ.د. عبد الله بن عبد الرحمن السعدون

أستاذ البساتين – قسم الإنتاج النباتي- كلية علوم الأغذية والزراعة- جامعة الملك سعود ص. ب ٢٤٦٠ الرياض ١١٤٥١ هاتف ٤٦٧٨١٠٧ فاكس ٤٦٧٨٣٦٦
Alsadon@ksu.edu.sa

المؤهلات العلمية

- الدكتوراه ١٤٠٩هـ – البساتين – جامعة ولاية كولورادو، الولايات المتحدة الأمريكية
- الماجستير ١٤٠٤هـ – الخضر – جامعة كاليفورنيا ديفيز، الولايات المتحدة الأمريكية
- البكالوريوس ١٣٩٩هـ – الإنتاج النباتي ووقاية النبات –جامعة الملك سعود، الرياض

الخبرات الأكاديمية والإدارية

- عضو مجلس إدارة مركز دعم وتطوير أبحاث الزراعة المستدامة، وزارة الزراعة
- ممثل المملكة العربية السعودية في الجمعية الدولية لعلوم البساتين
- عضو لجنة إستراتيجية التقنيات الزراعية في مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
- عضو فريق الأمن الغذائي– معهد الملك عبد الله للبحوث والدراسات الاستشارية- جامعة الملك سعود.
- مستشار غير متفرغ في وزارة الزراعة
- عميد كلية علوم الأغذية والزراعة، جامعة الملك سعود (١٤٢٥-١٤٢٩هـ)
- رئيس قسم الإنتاج النباتي (١٤٢٢-١٤٢٥هـ)
- رئيس الجمعية السعودية للعلوم الزراعية (١٤٢١-١٤٢٤هـ)
- وكيل كلية علوم الأغذية والزراعة (١٤١٨-١٤٢٠هـ)
- مدير محطة الابحاث والتجارب الزراعية (١٤١١-١٤١٤هـ)

الأبحاث والنشر العلمي

- له أكثر من ٥٥ بحثاً منشوراً و ٧ كتب أو كتيبات مؤلفة أو مترجمة.
- رئيس وعضو مشارك فى عدد من المشاريع البحثية المدعمة من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم و التقنية ومن الخطة الوطنية للعلوم والتقنية – جامعة الملك سعود.
- أشرف وشارك في لجان مناقشة ١٣ رسالة ماجستير ودكتوراه.

الجوائز

- حاصل على جائزة المراعي للإبداع العلمي/ العمل الإبداعي في مجال الإنتاج النباتي
- حاصل على شهادة المقيم المتميز في مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

التفرغ العلمي والمنح

- المركز الوطني الأمريكي لحفظ المصادر الوراثية National Center for Genetic Resources Preservation. USDA في مدينة فورت كولينز – كولورادو – الولايات المتحدة الأمريكية ١٤١٦-١٤١٧ هـ
- منحة من المجلس الثقافي البريطاني في جامعة أبردين Aberdeen في اسكتلندا ١٤٠٣ هـ (١٩٩٣ م).

٢) أ.د. عبد الله بن محمد الحمدان

أستاذ هندسة التصنيع الغذائي وتقنيات التمور – قسم الهندسة الزراعية
كلية علوم الأغذية والزراعة- جامعة الملك سعود.
المشرف على كرسي أبحاث التمور
ص. ب. ٢٤٦٠ الرياض ١١٤٥١ هاتف ٤٦٧٨٤٥٨ فاكس ٤٦٧٨٥٠٢
Alhamdan@ksu.edu.sa

المؤهلات العلمية

- الماجستير والدكتوراه ١٤١٦هـ - الهندسة الزراعية - جامعة ولاية أوهايو الحكومية، الولايات المتحدة الأمريكية
- البكالوريوس ١٤٠٦هـ - الهندسة الزراعية -جامعة الملك سعود، الرياض

الخبرات الاكاديمية والإدارية

- المشرف على كرسي أبحاث التمور بجامعة الملك سعود.
- عضو مجلس إدارة هيئة الري والصرف بالأحساء
- رئيس تحرير مجلة النخيل والتمور
- المشرف على وحدة الشبكة المعلوماتية الدولية للنخيل والتمور ومصنع التمور التجريبي بالجامعة
- عضو اللجنة الوطنية للنخيل والتمور بمجلس الغرف السعودية.
- شارك في عدد من اللجان العلمية داخل الجامعة وخارجها.
- شارك في دورة لمدربي المؤسسة العامة للتدريب المهني (صناعات غذائية) لمدة سنة.
- مستشار غير متفرغ في صندوق التنمية الزراعية والهيئة العربية للاستثمار والإنماء الزراعي ومنظمة الأغذية والزراعة FAO

الأبحاث والنشر العلمي

- اكثر من ٤٥ بحثاً منشوراً و٤٢ إلقاء في ورش وندوات ومؤتمرات ومهرجانات و٨ كتب أو كتيبات مؤلفة أو مترجمة ومشتركة..
- أشرف وشارك في لجان مناقشة ٨ من طلبة الماجستير (داخل المملكة) وطالب دكتوراه (خارج المملكة)

الجوائز

حاصل على أكثر من ٢٠ جائزة، منها:

- الفوز بجائزة المراعي للإبداع العلمي لعام ١٤٢٧ هـ. لمشروع «ترشيد استخدام المياه في نظم التبريد بتبخير الماء للمنشآت الزراعية» مشترك مع الباحث الرئيس د. ابراهيم بن محمد الهلال و أ.د. عبدالرحمن الجنوبي.
- شهادة استحقاق من الدرجة الثالثة (البرونزية) من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية للنشر المتميز . ١٤٣١هـ
- شهادة البحث المتميز (الفضية) لبحث ا ت ١٨-٤٨. من قبل مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية. ١٤٢٦هـ.

العضوية: اللجان (١٠) والجمعيات العلمية (٥)

براءات الاختراع

«قاتل حشرات سيقان الأشجار ذو التأثير المزدوج للموجات الكهرومغناطيسية والمحاليل الكيميائية». رقم تسليم الطلب ١٠٨٣٠٠٠١ بتاريخ ١٤٣٠/١/١هـ.، مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية.

المشاريع البحثية الممولة

١٥ مشروع بحثي مدعم من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية وسابك وجامعة الملك سعود.

المحتويات

الموضوع	الصفحة
المؤلفان في سطور	٥
١- مقدمة	٩
٢- تصنيف المحاصيل البستانية	٩
٢-١ التقسيم حسب القابلية للتلف أثناء التداول والتخزين	٩
٢-٢ التقسيم حسب الاحتياجات الحرارية لما بعد الحصاد	١٠
٣- فواقد ما بعد الحصاد	١٠
٣-١ طرق التحكم فى تدهور الحاصلات البستانية بعد الحصاد	١١
٤- جودة المنتجات البستانية	١٢
٤-١ صفات الجودة وطرق قياسها	١٢
٤-١-١ المظهر	١٢
٤-١-٢ القوام	١٣
٤-١-٣ النكهة	١٤
٤-١-٤ القيمة الغذائية	١٥
٤-١-٥ عوامل الأمان الحيوي	١٦
٤-٢ جودة الحاصلات البستانية والتحكم بها	١٦
٤-٢-١ العوامل المؤثرة على الجودة	١٦
٤-٢-٢ التحكم بالجودة وسبل تحسينها	١٦
٤-٣ مواصفات ومقاييس الجودة	١٨
٥- النضج ودلائل اكتماله	١٨
٥-١ تقييم دلائل النضج	١٨
٥-٢ متطلبات دلائل اكتمال النضج	١٨
٦- حصاد المحاصيل البستانية	٢١
٧- التداول والتجهيز والتعبئة	٢١
٧-١ الاستلام والفحص المبدئي	٢٣

٧-٢ تفريغ المنتج في بيوت التعبئة ٢٣
٧-٣ الفرز الأولي ٢٣
٧-٤ التنظيف ٢٣
٧-٥ الفرز النهائي والتدريج ٢٤
٧-٦ التبريد الأولي (المبدئي) ٢٤
٧-٧ معاملات خاصة للمنتج ٢٦
٧-٨ الإنضاج الصناعي ٢٦
٧-٨-١ أهداف الإنضاج الصناعي ٢٧
٧-٨-٢ طرق الإنضاج الصناعي ٢٧
٧-٩ التعبئة ٢٧
٨- التخزين ٢٨
٨-١ مواصفات منشآت التخزين ومستودعات التبريد ٢٨
٨-٢ ظروف التخزين ٢٩
٨-٢-١ درجة الحرارة ٢٩
٨-٢-٢ الرطوبة النسبية ٣٠
٨-٢-٣ نسب الغازات داخل مستودعات التبريد ٣٠
٩- تقنيات حديثة في عمليات ما بعد الحصاد ٣٣
٩-١ الخضروات مسبقة الإعداد (المصنعة جزئياً) ٣٣
٩-٢ تشعيع المنتجات البستانية ٣٤
٩-٣ تقنيات الهندسة الوراثية ٣٥
٩-٤ تطبيقات الزراعة العضوية ٣٦
٩-٥ أنظمة الزراعة الدقيقة والممارسات الزراعية الجيدة ٣٦
٩-٦ معاملة المحاصيل البستانية بمركب 1-MCP ٣٦
٩-٧ تقنيات مكافحة الآفات الحشرية ٣٧
٩-٨ تقنيات مستقبلية للعبوات ٣٧
١٠- خاتمة ونظرة مستقبلية ٣٨
١١- المراجع ٣٩

١- المقدمة

نظـراً للزيادة المستمرة في تعداد سكان العالم، فإن الحاجـة ماسة إلى زيادة الإنتاج الزراعي. ولهـذا يجـب المحافظـة وباستمـرار على معـدلات إنتاج غذائـي عالية تفـي بالمتطلبـات المتزايدة للسـكان. وتشـكل المحاصيل البستانية (التـي تشمل محاصيل الفاكهة والخضـر) نسبة عالية من الإنتـاج الزراعي وخاصـة في الدول النامية، كما أنها تلعب دوراً مهمـا في إمداد الإنسان بالعناصر الغذائيـة والفيتامينـات والألياف. وتعد المحاصيـل البستانية منتجات قابلة للتلـف Perishable Commodities نظـراً لكونهـا أكثر عرضة لحـدوث تلف ما بعد الحصـاد بالمقارنة مع محاصيل أخرى مثل الحبوب.

يستعرض هذا الإصدار تصنيـف المحاصيل البستانية من وجهة نظر علـوم ما بعد الحصاد كمـا يناقش فواقد مـا بعد الحصاد وطرق التحكم بها. كما يتناول الإصدار موضوع صفات الجودة وعناصرهـا وطرق قياسها ودلائل نضج المحاصيـل البستانية. ويتطرق كذلك إلى عمليات التداول والتخزين مع الإشارة إلى بعض التقنيات الحديثة في مجال عمليات ما بعد الحصاد.

٢- تصنيف المحاصيل البستانية

يمكن تصنيف المحاصيل البستانية إلى عدة مجاميع حسب:

١. القابلية للتلف أثناء التداول والتخزين.
٢. الاحتياجات الحرارية لما بعد الحصاد.
٣. التعريف البستاني.
٤. الجزء الذي يؤكل.

وسيتـم التطـرق إلى المجموعـة الأولى والثانيـة نظـراً لأهميتهـا المباشرة في عمليـات ما بعد الحصاد.

٢-١ التقسيم حسب القابلية للتلف أثناء التداول والتخزين

تعـد الثمرة (من الناحية البستانية) الجـزء الصالح للاستهلاك او التصنيع بغض النظر عن أصله النباتي فقد تكون ورقة او ساقا او جذرا او زهرة. وبالتالي من المهم التعرف على مدى قابلية تلـك الثمـار للتلف والعمل على اتخاذ الاجراءات الكفيلة بالحد منـه واطالة فترة الحفظ والتداول وفق نظام تسويقي فعال. ويعتمد هذا التقسيم على طول فترة التخزين لكل محصول عند الظروف المناسبة من درجة الحرارة والرطوبة النسبية.

وتقسم الثمار من حيث قابليتها للتلف أثناء التداول والتخزين إلى:

١- محاصيـل ذات سرعة تلف عالية بعد الحصاد: وتشمل بعض ثمار الفاكهة الحساسة مثل التين الطـازج والمشمش وبعض أصنـاف العنب والتمور (في مراحل نضـج البلح والمنصف والرطب) وبعض الخضر مثـل الطماطم والفراولة والخضر الورقية مثل الخس والسبانخ.

وعادة لا تتجاوز مدة التداول والتخزين عدة أيام إلى أسابيع حسب النوع والصنف ومستوى الاهتمام بالحصاد وظروف التداول والتخزين.

٢- محاصيل ذات سرعة تلف متوسطة بعد الحصاد: تشمل الكثير من محاصيل الفاكهة كالتفاح والكمثرى والعنب والموالح والخوخ والبرقوق والرمان والمانجو والزيتون والتمور (نصف الجافة) وكثير من محاصيل الخضر الثمرية كالبطيخ والفاصوليا والبسلة واللوبيا. وتتراوح مدة التخزين من عدة أسابيع إلى عدة شهور تبعا للنوع والصنف وطريقة الحصاد ونظم التداول والتخزين.

٣- محاصيل بطيئة التلف: وتشمل الثمار الجافة مثل بذور الخضر الجافة كالبسلة والفاصوليا واللوبيا ومحاصيل الخضر الجذرية والدرنية والبصلية والتمور (الجافة) وثمار النقل كالجوز والبقوليات (الجافة). وتتراوح مدة التخزين لهذه المحاصيل بين عدة أشهر إلى عدة سنوات.

ويعتبر هذا التقسيم من أنسب طرق التقسيم بالنسبة لمعاملات ما بعد الحصاد وقابلية المحاصيل البستانية وتحملها لعمليات النقل والتداول وظروف التخزين.

٢-٢ التقسيم حسب الاحتياجات الحرارية لما بعد الحصاد

تقسم المحاصيل البستانية حسب مقدار حساسيتها لانخفاض درجة الحرارة أثناء التبريد المبدئي أوالتخزين إلى:

١- محاصيل حساسة لأضرار البرودة Chilling Injury: وهي المحاصيل التي إذا تعرضت لدرجات حرارة محددة عادة أعلى من درجة التجمد (الصفر المئوي) تصاب بأضرار البرودة التي تسبب تدهوراً سريعاً في جودتها وخاصة بعد نقلها من ظروف التبريد إلى ظروف الجو العادي. فعلى سبيل المثال، تتراوح درجات حرارة أضرار التبريد من ٢°م لبعض أصناف التفاح إلى ٧°م للخيار والطماطم الناضجة وإلى ١١°م للموز والليمون.

٢- محاصيل غير حساسة لأضرار البرودة: ولا تتأثر هذه المحاصيل بدرجات الحرارة المنخفضة بل أن أنسب درجة حرارة لنقل وتخزين غالبية هذه المحاصيل هي صفر إلى ٥°م (فوق درجة التجمد مباشرة) وتشمل معظم محاصيل الخضر الورقية والزهرية والجذرية (عدا البطاطا) والدرنية والبصلية والبسلة وجميع ثمار الفاكهة متساقطة الأوراق.

ويفيد هذا التقسيم في تحديد أنسب درجات الحرارة عند النقل والتخزين لتقليل نسبة تلف المحاصيل. ارتفاع نسبة التلف في الحاصلات البستانية إلى كون غالبيتها محاصيل سريعة التلف بعد الحصاد وذات عمر تسويقي أو تخزيني محدود إذا لم تتوافر ظروف التخزين المناسبة.

٣- فواقد ما بعد الحصاد

يحدث هذا الفاقد في الحاصلات البستانية كمياً أو نوعياً بعد حصادها. وتختلف نسبة الفقد الكمي حسب نوع المحصول ومدى تطبيق التقنيات الحديثة في الزراعة والحصاد والتداول والتخزين. أما الفقد النوعي فيتمثل في انخفاض جودة المنتج بصفة عامة مثل الذبول والكرمشة

وفقدان اللمعان وتدهور اللون وفقدان جزء كبير من النكهة المميزة للمحصول ونحو ذلك.

يختلف تقدير نسبة الفاقد من محصول لآخر ومن بلد لآخر . ويمكن القول بصفة عامة أن حوالي ٢٥٪ من منتجات الخضر والفاكهة التي تنتج على مستوى العالم تتعرض للفقد. ترتفع هذه النسبة في الدول النامية وتقل في الدول المتقدمة صناعياً. وتتراوح نسبة الفاقد من الحاصلات البستانية في بعض الدول العربية بين ١٥-٥٠٪ حسب نوع المحصول ومستوى تطبيق التقنيات الحديثة في مراحل الزراعة والحصاد والتداول والتخزين.

٣-١ طرق التحكم فى تلف الحاصلات البستانية بعد الحصاد

يمكن تلخيص سبل تقليل فاقد ما بعد الحصاد من المحاصيل البستانية فى المعاملات التالية

١. العناية بكافة المعاملات الزراعية للوصول إلى ثمار عالية الجودة.
٢. تحديد أنسب موعد لقطف الثمار ومرحلة النضج الملائمة وطريقة الحصاد.
٣. وضع برنامج محدد وصارم يلتزم به العاملون بالحصاد وفي عمليات الإعداد والتخزين. ومن ثم جدولة وتوثيق بيانات الحصاد والتداول والتخزين شاملاً الفواقد.
٤. تقليل الفترة بين الحصاد وبين التخزين المبرد أو الاستهلاك الطازج أو التصنيع.
٥. تقليل الأضرار الميكانيكية للحاصلات البستانية أثناء الجمع والإعداد والتعبئة والتدريج والنقل والتداول.
٦. اختيار العبوات المناسبة والتصميم الجيد لتقليل الأضرار الميكانيكية ولتهوية المنتج.
٧. العناية بعمليات إعداد وتجهيز الثمار من غسيل وتشميع وتدريج وفرز وتعبئة.
٨. إتباع طرق التبريد المبدئي للتخلص من حرارة الحقل بسرعة واستخدام التبريد أثناء نقل الحاصلات البستانية أو تخزينها.
٩. التحكم في درجة الحرارة والرطوبة النسبية والتهوية في المخازن كوسيلة أساسية للتحكم في معدل التنفس ومعدل فقد الماء، (شكل ١)

شكل (١). تأثير ارتفاع درجة حرارة التخزين والرطوبة النسبية ونوع العبوات على نشاط الكائنات الدقيقة المسببة لفساد ثمار الطماطم وتدهورها (السعدون والحمدان، ٢٠٠٤م).

١٠. استخـدام المعاملات الإضافية مثل المطهرات الفطرية والحرارة العالية والتبخير بالغازات والتشعيـع بأشعـة جامـا والأوزون والأشعـة فوق البنفسجيـة بهدف تقليل أو منـع الإصابة بالأمراض الفطرية وغيرها.

١١. استخدام الجـو الهوائي المتحكم به كوسيلة للتحكم في معدل التنفس وبالتالي تقليل سرعة تدهور بعض الثمار المناسب لها هذه التقنية في حال جدواها الاقتصادية.

٤- جودة المنتجات البستانية

تمثـل الجودة درجة التميز للمنتـج من خلال مجموعة من الصفـات والخواص التي تعطي كل منتـج قيمته وفقاً للغرض المراد منه. ويمكن حصـر صفات جودة الحاصلات البستانية في المظهر والقـوام والنكهة (وتشمل الطعم والرائحة) والقيمة الغذائيـة وعوامل الأمان الحيوي (التي تتعلق بصحـة وسلامة الإنسان). ويندرج تحت هـذه الصفات الرئيسة العديد من العناصر كما هو مبين في الجدول رقم (١).

جدول (١). الصفات الرئيسة لجودة الحاصلات البستانية وعناصرها.

صفات الجودة	عناصرها
المظهر	الحجم والوزن والشكل (أبعاد ومعامل استدارة واستطالة واندماج) واللون (عمق وكثافة وانتظام التوزيع) واللمعان والعيوب المظهرية والشكلية والفسيولوجية والمرضية.
القوام	الصلابة والطراوة والغضاضة والعصيرية والتليف والزيتية وخواص المضغ والتحليل القطاعي للقوام والخواص الميكانيكية الأخرى.
النكهة	الطعم (الحلاوة والمرارة والحموضة والطعم القابض والملوحة) والرائحة العطرية (المميزة لمحاصيل معينة) والرائحة المرغوبة وغيرها.
القيمة الغذائية	نسبة الكربوهيدرات والدهون والبروتينات والفيتامينات والأملاح المعدنية والألياف.
عوامل الأمان الحيوي	السموم الطبيعة والكيماوية والتلوث بالعناصر الثقيلة والإشعاع ونشاط الكائنات الدقيقة.

المصدر: بتصرف من: اليتيم، ١٩٩٥ و Kader. A. ، 2002

٤-١ صفات الجودة وطرق قياسها

٤-١-١ المظهر

يعـد المظهر من أهم صفات الجـودة والذي غالباً مايدل على قيمـة السلعة وجاذبيتها. ويمكن الحكم على جودة المظهر من خلال عناصره التالية:

١- الحجـم: يتباين حجم الثمرة البستانية حسب نوع المحصول ومرحلة القطف، فمثلاً تفضل

الأحجـام الصغيرة في بعض المحاصيل الثمرية التـي تحصد أثناء تطورهـا وقبل اكتمال نموهـا مثل الخيار والكوسة والبامية. وعلى العكـس تفضل الأحجام الكبيرة في الثمار التي تحصـد مكتملة النمو أو ناضجة مثل البطيخ والفراولة والمانجو والموالح والجوافة وغيرها. ويلعب ذوق المستهلك دوراً أساسياً في تحديد الحجم المرغوب للاستهلاك.

٢- الشـكل: يلعـب شكل الثمرة البستانية دوراً بارزاً في تحديـد جودتها المظهرية. فمثلاً يمكن قياس جـودة محصول البصـل بمعامل استـدارة الأبصال الناتجة وكذلـك يحدد اندماج رؤوسـ القرنبيـط و الكرنب والخس درجة جودتها المظهرية. وكمـا يدل انتظام شكل قرون الفاصوليا على جودة الشكل وبالتالي المظهر.

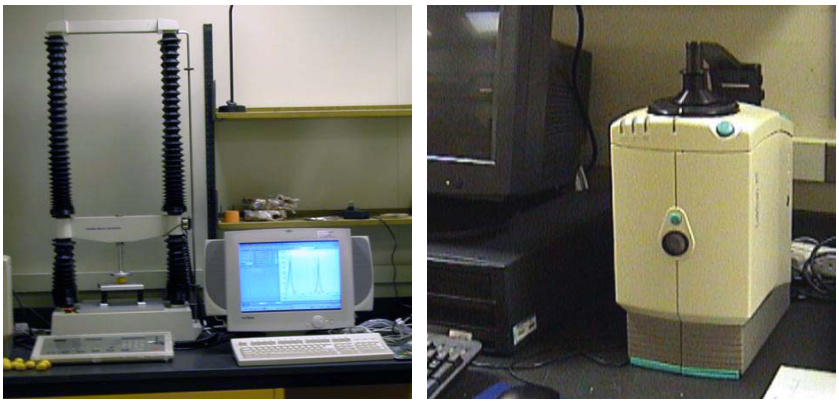
٣- اللون: وهو من أهم عناصر المظهر حيث تشكل كثافة وانتظام توزيع لون الثمار قواعد أساسية للحكـم علـى الجودة. وتختلـف الثمار في اللون المميـز لها حسب المحصـول ومرحلة القطف فمثـلاً اللـون الأخضر وكثافته وانتظام توزيعه دليل هام للغايـة على جودة محاصيل الخضر الورقيـة والثمرية التي تـؤكل قبل اكتمال نموها مثـل الخيار. ويمكن الاستـدلال على ارتفاع قيمـة المحصول الغذائي من خلال كثافة اللون المميـز له كما هو الحال في الجزر لكون اللون البرتقالي دلالة على ارتفاع المحتوى من الكاروتينات والتي هي أساس تكوين فيتامين أ. ويتم تقديـر اللـون بطريقة المقارنة مع دلائـل الألوان عن طريق انعكاس الضـوء، نفاذية الضوء، وتقدير الصبغات المسئولة عن الألوان. ويمكن استخدام مخططات قياسية للون عند عمليات الحصـاد والفرز. أيضاً هناك عدد من الأجهزة لقياس اللون للمنتجات البستانية مثل جهاز قياس اللون الموضح في شكل (٣).

٤- اللمعان: يمكن الاعتماد على درجة اللمعان في تحديد جودة الثمار البستانية حيث أن اختفاء لمعـان الثمـار عند تسويقها يعني أنها ثمار غير طازجـة أو مضى على حصادها وقت طويل أو تم تداولهـا بعـد حصادهـا بصورة سيئة أو أصيبـت ببعض الأضـرار الفسيولوجية مثل أضـرار البرودة. ويعد اللمعان صفة مميزة للعديـد من الثمار مثل التفاح والبطيخ والفلفل والطماطـم والباذنجـان والموالح حيث تلعب الشمـوع المغلفة لأسطح الثمـار دوراً بارزاً في تحديد درجة لمعان الثمار. ويمكن في بعض التطبيقات إضافة بعض المواد الشمعية الطبيعية التي تزيد من لمعان الثمار كالبرتقال والتفاح.

٤-١-٢ القوام

يعد فقدان الثمار لصلابتها دليلاً على نضجها ثم اتجاهها للشيخوخة. وتعتبر عملية تأخير فقدان الثمـار لصلابتهـا أحد مفاتيح النجـاح في تداولها وتسويقهـا وتقليل الفاقد منها بعـد الحصاد. ومن المعروف أن فقدان الثمار لصلابتها يعني طراوتها وعدم تحملها للتداول. وتستخدم أجهزة يدوية لقياس

الصلابة والتي يعبر عنها بقوة الاختراق للحم الثمرة، وقد تقاس الصلابة بأجهزة معملية أخرى لقياس الصلابة أو القدرة على استعادة الشكل. كما أن من مكونات القوام كلاً من العصيرية والتليف والترمل وعوامل التحليل القطاعي للقوام التي يتم قياسها بجهاز قياس الخواص الميكانيكية (شكل ٢).



شكل (٢). جهاز لقياس اللون (يمين) وجهاز قياس الخواص الميكانيكية (القوام) لاختبارات الكبس والاختراق والقص (يسار) والتحكم بهما بالحاسب الآلي. (المصدر: الحمدان وحسن، ٢٠٠٣).

٤-١-٣ النكهة

تحتوي ثمار الحاصلات البستانية على مركبات تكسبها نكهة متميزة. وتختلف هذه المركبات من نوع لآخر بل ومن صنف لآخر داخل النوع الواحد. وترجع الرائحة المرتبطة بحاسة الشم لمركبات عطرية متطايرة أو مخلوطة مثل الإسترات والكحولات والألدهيدات والكيتونات والأيثيرات وبعض المركبات الأخرى التي قد تحتوي على عناصر الكبريت والنتروجين. وتشمل النكهة طعم ورائحة المحصول البستاني وكلاهما يتحكم وبدرجة كبيرة في الجودة. ويمكن توضيح عناصرها في النقاط التالية:

١- الحلاوة: تعتمد حلاوة الثمار البستانية على محتواها من السكريات الأحادية والثنائية. ويمكن الاستدلال على محتوى الثمار البستانية من السكريات بالتذوق أو بقياس النسبة المئوية للمواد الصلبة الذائبة أو بقياس السكريات الكلية أو السكريات الذائبة. ويؤدي سوء تداول الثمار بعد حصادها أو سوء تخزينها إلى انخفاض في محتواها من السكر (لكونه المادة الأساسية للتنفس في كل أو غالبية الثمار البستانية) وبالتالي انخفاض في جودتها الأكلية (نكهتها وقيمتها الغذائية).

٢- الحموضة: ارتفاع حموضة الثمار يعني زيادة محتواها من الأحماض العضوية وبالتالي ارتفاع جودتها وقيمتها الغذائية كما هو الحال في ثمار الموالح. وتلعب نسبة السكر إلى الأحماض دوراً هاماً وحيوياً في تحديد درجة الجودة الخاص بطعم ونكهة المحصول البستاني حيث تعتبر هذه النسبة قياس دقيق لجودة الطعم في بعض الثمار إن لم يكن غالبيتها.

٣- المـرارة: وهي أحد عوامل تحديد جودة الطعم حيـث تقل جودة المحصول البستاني بارتفاع مرارته مثل تكون الطعم المر في الجزر نتيجة سوء التخزين والتعرض للإيثيلين. ويجب عند الحكم على جودة المحصول البستاني التفريق وبشدة بين الحموضة والمرارة.

٤-الطعم القابض: يرجـع الطعم القابض غير المرغوب لبعض ثمار الحاصلات البستانية مثل المـوز والباذنجـان إلى وجود مركبات التانينات في الثمار. ويمكـن قياس المواد القابضة في الثمـار عن طريق قياس محتواها من التانينـات. ويمكن التقليل من الطعـم القابض لمثل هـذه الثمار بمعاملتها بغاز ثاني أكسيـد الكربون أو حفظ الثمار في أكياس بلاستيك رقيقة مناسبة ليوم أو يومين قبل استهلاكها.

٤-١-٤ القيمة الغذائية

يعتـبر محتوى الثمار من الكربوهيدرات والدهـون والبروتينات والفيتامينات والأملاح المعدنية والألياف أحد عوامل تحديد جودة المحصول البستاني بعد الحصاد كما في التالي:

١- الكربوهيدرات: إن ارتفاع محتوى بعض الحاصلات البستانية من السكريات دليل على جودتها مثـل ثمار الفاكهة أو ثمار الخضر التي تؤكل طازجـة. ويعتبر محتوى بعض الثمار البستانية الأخرى من النشا مثل البطاطس والبطاطا وغيرها أحد عوامل تحديد جودتها التصنيعية.

٢- الدهـون: يعتـبر محتـوى الثمار مـن الزيوت أحد عوامـل الجودة المحددة للطعـم والقيمة الغذائية، كما في الخس الزيتي والبذور الزيتية.

٣- البروتينـات: تحدد البروتينـات والأحماض الأمينية جودة الحاصـلات البستانية مثل ثمار النقـل والبقوليـات، حيـث تزداد جودة هـذه المحاصيـل بارتفاع محتواها مـن البروتينات والأحماض الأمينية.

٤- الفيتامينـات: تعتـبر الحاصـلات البستانية أهم مصـادر الفيتامينات في غـذاء الإنسان. ويعتبر محتوى ثمار الفراولة والموالح والجوافة والفلفل والطماطم من فيتامين ج (C) دليل جودتهـا كما يعتـبر محتوى الجزر والمحاصيل المحتوية على صبغـة الكاروتين من فيتامين أ (A) دليل على جودتها.

٥- الأمـلاح المعدنية: تعتبر الحاصـلات البستانية من المصادر الأساسيـة للعديد من الأملاح والعناصـر المعدنية ، ويشمل ذلـك عناصر البوتاسيوم والماغنيسـوم والكالسيوم والفسفور والحديد وغيرها.

٦- الألياف: وهـي عبـارة عن مواد غذائيـة كربوهيدراتيـة معقدة التركيـب لا يمكن هضمها بأنزيمـات الجسـم، وهي موجـودة في أوراق الخس والجرجير وقشور ثمـار التفاح والتمور وغيرها وتعتبر من المكونات الرئيسية فى الحمية الغذائية.

٤-١-٥ عوامل الأمان الحيوي

تعتمد عوامل الأمان الحيوي على خلو الحاصلات البستانية من السموم والملوثات المؤثرة على صحة الإنسان ونظافة البيئة. ويعتبر عامل الأمان الحيوي من العوامل المحددة لمدى نجاح تصدير الحاصلات البستانية خاصة مع تزايد القيود الدولية على استخدام الكيماويات والمبيدات في الإنتاج والتداول وتشجيعها على الزراعة الدقيقة والزراعة العضوية.

ويمكن حصر المواد السامة والملوثات في التالي:

١- المواد السامة الطبيعية التكوين في الحاصلات البستانية مثل النترات في الخضر الورقية والفاصوليا والأكسالات في السبانخ، والسولانين في البطاطس.

٢- الملوثات الطبيعية من الأحياء الدقيقة مثل السميات الفطرية والسميات البكتيرية نتيجة الظروف الغير مناسبة للنقل والتخزين وكذلك وجود العناصر الثقيلة فى التربة مثل الزئبق والكاديوم والرصاص.

٣- السميات المتولدة من ملوثات الجو ومتبقيات الكيماويات الزراعية مثل الأسمدة والمبيدات والمياه الملوثة.

٤-٢ جودة الحاصلات البستانية والتحكم بها

٤-٢-١ العوامل المؤثرة على الجودة

١- العوامل الوراثية للمحصول: ومنها اختيار الأصناف والأصول للتطعيم عليها، وكذلك المحاصيل المعدلة وراثياً.

٢- العوامل البيئية لما قبل الحصاد: مثل:

- العوامل الجوية: من درجة حرارة ورطوبة نسبية وإضاءة ورياح وأمطار وملوثات وغيرها.
- عوامل زراعية وخدمة: مثل نوع التربة، التسميد، الوقاية والمكافحة، الري، تغطية التربة، التلقيح، التقليم، الخف، ومرحلة النضج المطلوبة.

٣- عوامل مرتبطة بالحصاد: من موعد الحصاد، مرحلة النمو والنضج والعمر الفسيولوجي.

٤-عوامل مرتبطة بمعاملات ما بعد الحصاد: ظروف التداول والنقل والتخزين (درجة الحرارة والرطوبة النسبية والتركيب الغازي للجو المحيط بالثمار)، طرق التداول، وحتى وصولها للمستهلك.

٤-٢-٢ التحكم بالجودة وسبل تحسينها

ينبغي تحسين مستوى الإنتاج من الحاصلات البستانية كماً ونوعاً والارتفاع بمستوى الجودة وتقليل نسبة الفاقد والعمل على تطوير طرق التسويق على أسس حديثة تتفق مع التطوير العالمي في مجالات الإنتاج والتجهيز والتداول والتسويق، وتتمشى مع متطلبات الأسواق المحلية والعالمية.

وللارتقاء بالجودة ينبغي مراعاة الآتي:

١- العنايـة باختيـار الأصناف المزروعـة من كل نوع بحيـث تلبي احتياجات الأسـواق المحلية والعالميـة و تتميز بالجـودة العالية والمحصول الوفير ومقاومة عوامـل التلف السريع وتلبية طلبات المستهلكين المختلفة.

٢- العنايـة بعمليات الإنتاج بهدف الوصـول إلى ثمار ذات جودة عالية والعمل على تقليل نسبة التلف إلى أقل حد ممكن بكل الوسائل التقنية والاقتصادية المتاحة.

٣- العناية بتحديد موعد الحصـاد وطريقته المناسبة لكل محصول للمحافظة على الثمار من التلف وخاصة الإصابات الميكانيكية والعوامل الفسيولوجية.

٤- العنايـة الفائقـة بالمنتج بما يتناسب مع كل نوع من الثمـار وخاصة الثمار الحساسة التي لا تتحمل ظروف النقل والفرز والتداول القاسية.

٥- العناية التامة عند الشحن بأن يتم النقل في المواعيد التي تعتدل فيها الحرارة مثل ساعات الليـل أو الصبـاح المبكر مع استخـدام وسائل نقل تبريـد مناسبة (شـكل ٣ يسار) وطرق ممهدة ما أمكن ذلك.

٦- العنايـة بتوفير وسائل التبريـد السريع للتخلص من درجة الحـرارة العالية التي اكتسبتها الثمـار المقطوفة أثناء وجودهـا بالمزرعة وذلك لخفض سرعة التنفـس والعمليات الحيوية التي تحـدث في الثمار وكذلك العنايـة بتوفير التخزين المبرد بمراكـز التسويق والتصدير بمـا يحافظ على هذه الثمار مـن التلف طوال مدة بقائها بهذه المراكـز إلى أن يتم شحنها وتسويقها وخاصة الثمار سريعة التلف ذات القيمة الاقتصادية العالية كالفراولة والتمور في مرحلة الرطب. وكذلك تجنب وسائل النقل العشوائية (شكل ٣ يمين) والتي تؤدي لانخفاض جودة المحصول وزيادة نسبة التالف منه.

شكل (٣). مثال لطريقة النقل العشوائية تحت أشعة الشمس المباشرة (يمين) وأخرى في شاحنات مبردة (يسار). (المصدر: تصوير المؤلفين).

٤-٣ مواصفات ومقاييس الجودة

تحـدد مواصفات درجات الجودة Standards of Quality لكل نوع من الحاصلات البستانية. وعادة توضع مواصفات لدرجات جودة تلك المنتجات للاستهلاك الطازج وأخرى بالنسبة للتصنيع، وتشـرف على تطبيق هذه المواصفات هيئات رقابة خاصـة لحماية المستهلك وتكون حلقة بين المنتج وبائع الجملة أو التجزئة أو بين المنتج والمصنع والمستهلك. وقد قطعت بعض الدول شوطاً كبيراً في تحديد درجات الجودة لمعظم أنواع الحاصلات البستانية سواء للاستهلاك المحلي أو التصدير.

٥- النضج ودلائل اكتماله

يعتبر النضج أحد الدلائل الهامة المرتبطة بالجودة، كما أنه يؤثر على اسلوب التعامل مع الحاصلات البستانية لما بعد الحصاد في عمليات التداول والتخزين والتسويق.

٥-١ تقييم دلائل النضج

١- التقييم الحسي (الوصفي) : وهو التقييم الذي يقوم به الإنسان عن طريق حواسه المختلفة. هذا التقييـم نسبي حيث انه يتأثر بالاختلافات الشخصية بـين الأفراد وظروف الشخص نفسه. وقد يكون هناك صعوبة في دقة بياناته والحصول على نفس النتيجة عند تكراره.

٢- التقييـم الموضوعـي (القياسي): وهو التقييم لصفات المـواد الغذائية الذي يتم قياسه عن طريق الأجهزة، وعادة ما يكون أكثر دقة ويمكن تكرار نفس النتائج. إلا أنه مكلف ويناسب محاصيل وتطبيقات محددة.

٥-٢ متطلبات دلائل اكتمال النضج

يوصـى أن تكون دلائـل اكتمال النضج عند القطـف والتداول التي يستخدمهـا القائم على عملية الحصاد أو مفتش الجودة بسيطة وسهلة التطبيق على مستوى المزرعة أو الحقل قدر الإمكان، ولا تتطلب أجهـزة معقدة أو مكلفة خاصة للمنشئات الصغيرة أو المتوسطة. ويفضل أن يكون الدليل المستخدم في الحصاد والتدريج قياسي (بناء على خاصية يمكن قياسها) مع تجنب الدليل الوصفي، ولابد أن يكون واضحاً وثابت الارتباط بمواصفات الجودة. ولقد استخدمت العديد من الدلائل والاختبارات لتحديد درجـة نضج ثمـار الخضر والفاكهة وصلاحيتها للقطف. وبعض هـذه الاختبارات ما هو متلف (هادم للثمـرة) أو غير متلف (غير هـادم للثمرة). ويبين جدول (٢) أمثلة على هذه الدلائل التي يوصى بها أو يتـم تطبيقها لبعض المحاصيل. وهنـاك أساليب وأجهزة متعددة تستخدم لقياس هذه الدلائل، كما يوضح جدول (٣) وصفاً لهذه الدلائل ونوعها والطرق والاختبارات المستخدمة لها.

جدول (٢). دلائل نضج المحاصيل البستانية.

دلائل النضج	أمثلة للمحاصيل التي تنطبق عليها
١- عدد الأيام من التزهير الكامل إلى الحصاد	التفاح والكمثرى
٢- متوسط الوحدات الحرارية خلال موسم النمو	الكمثرى، التفاح، الذرة السكرية
٣- تكوين طبقة انفصال	بعض القرعيات، التفاح
٤- الشكل الظاهري لسطح الثمار وتركيبه	تكوين الشبكة في قشر بعض القرعيات. تكوين الشمع والمظهر اللامع في بعض المحاصيل.
٥- الحجم	كل ثمار الفاكهة وبعض محاصيل الخضر
٦- الكثافة	البطيخ، البطاطس
٧- الشكل	التضليع في ثمار الموز، تكوين الاكتاف في المانجو، امتلاء أقراص البروكلي والقرنبيط.
٨- الامتلاء	الخس، الكرنب
٩- خواص القوام	التفاح، الكمثرى، و ذات النواة الحجرية مثل الخوخ والتمور.
- الصلابة	
- الغضاضة ـ الطراوة	البسلة
١٠- اللون	كل ثمار الفواكه ومعظم محاصيل الخضر
- اللون الخارجي	
- اللون الداخلي والقوام	لون اللحم في بعض الثمار كالمشمش والشمام/ تكوين طبقة شبيهة بالجيلى في الطماطم
١١- عوامل خاصة بالتركيب الكيماوي	
- محتوى النشا	تفاح وكمثرى
- محتوى السكريات	تفاح، نواة فواكه حجرية، وتمور وعنب
- الحموضة ونسبة السكر/ الحمض	رمان، موالح، قرعيات، وكيوى
- محتوى العصير	موالح
-- محتوى الزيت	أفوكادو، زيتون.

المصدر: بتصرف من: Kader. A. , 2002

جدول (٣) طرق تقدير دلائل النضج والأجهزة والاختبارات المستخدمة.

الدليل المستخدم	طريقة التقدير	وصفية	قياسية	متلفة للثمرة	غير متلفة للثمر
١- الفترة من التزهير الكامل	حساب الفترة بالأيام.		√		√
٢- متوسط الوحدات الحرارية	حساب الوحدات الحرارية.		√		√
٣- تكوين طبقة انفصال	بالنظر أو قياس الفترة اللازمة للفصل.	√	√		√
٤- تركيب سطح الثمرة	بالنظر.	√			√
٥- الحجم	أدوات مختلفة لقياس الحجم.		√		√
٦- الوزن	استخدام الموازين المناسبة		√		√
٧- الكثافة النسبية	إستخدام المخابير أو ميزان المنصة أو غيرها.		√		√
٨- الشكل	قياس الأبعاد ونسبها	√	√		√
٩-الامتلاء	اللمس، الكثافة، أشعة جاما أو إكس	√	√		√
١٠-خواص القوام					
- الصلابة	جهاز الصلابة ـ قياسات التشكل		√	√	
ـ التليف	مقياس القوام، مقياس التليف، الطرق الكيماوية لتقدير السكريات العديدة		√	√	
١١- اللون					
- الخارجي	طرق تقدير اللون بالعين ـ دلائل ألوان وطرق انعكاس الضوء بالأجهزة	√	√		√
- اللون الداخلي	طرق قياس نفاذية وانبعاث الضوء		√		√
١٢- التركيب الداخلي	طرق قياس نفاذية الضوء ـ انبعاث الضوء ـ تقدير بالنظر	√		√	
١٣- عوامل التركيب الكيماوي					
-محتوى النشا	اختبار النشا ـ الطرق الكيماوية		√	√	
-محتوى السكريات	الرفراكتومتر اليدوي ـ الطرق الكيماوية		√	√	
-محتوى الحموضة	المعايرة ـ الطرق الكيماوية		√	√	
-محتوى العصير	الاستخلاص ـ الطرق الكيماوية		√	√	
-محتوى الزيت.	الاستخلاص ـ الطرق الكيماوية		√	√	
-التانينات	اختبارات كيماوية (Ferric chloride وغيرها)		√	√	
-الإيثيلين الداخلي للثمار	الكروماتوجراف الغازي		√	√	

المصدر: بتصرف من: Kader. A. ، 2002

٦- حصاد المحاصيل البستانية

تعتمد طريقة الحصاد على الخواص الميكانيكية للثمار وكيفية ارتباطها بالشجرة وقابليتها للميكنة الآلية ودرجة النضج المطلوبة، بالإضافة إلى العوامل الاقتصادية. ويجب أن تكون طريقة الحصاد (اليدوية أو الآلية) تبعاً لدرجة النضج المطلوبة مع تجنب أي خدوش أو أضرار للمنتج. ويتم الحصاد عادة في الصباح الباكر عندما يكون الحمل الحراري للثمار منخفضاً. ويوصى بنقل المنتج مبرداً حال الحصاد. وفي حال عدم توافر وسائل نقل مبردة فيجب الاهتمام بتظليل المنتج عن أشعة الشمس أثناء النقل إلى مستودعات الإعداد.

وتعد تقنيات الحصاد في المزارع الحديثة عاملاً مهماً لزيادة كفاءة عمليات التداول والتخزين التالية. فمثلاً يمكن عند الحصاد توزيع الثمار إلى عدة مجاميع حسب درجة النضج إما إلى التسويق المباشر أو للتخزين لعدة أيام أو إلى مستودعات التبريد ذات التحكم في نسب الغازات طويلة الأجل. وكذلك الحال بالنسبة لدرجة جودة الثمار فيمكن تقسيم الثمار إلى مجاميع حسب حجم الثمار وانتظام شكلها لتسهيل عمليات الفرز والتدريج اللاحقة. كما يمكن أن تتزامن عملية الحصاد مع عدد من عمليات الإعداد مثل قطع رؤوس الخس ووضعها على آلة تسير حيث يتم تنظيفها وتشذيبها وتعبئتها ومن ثم وضعها في معدات تبريد متنقلة (تبريد مبدئي) حتى وصولها لمستودعات التبريد.

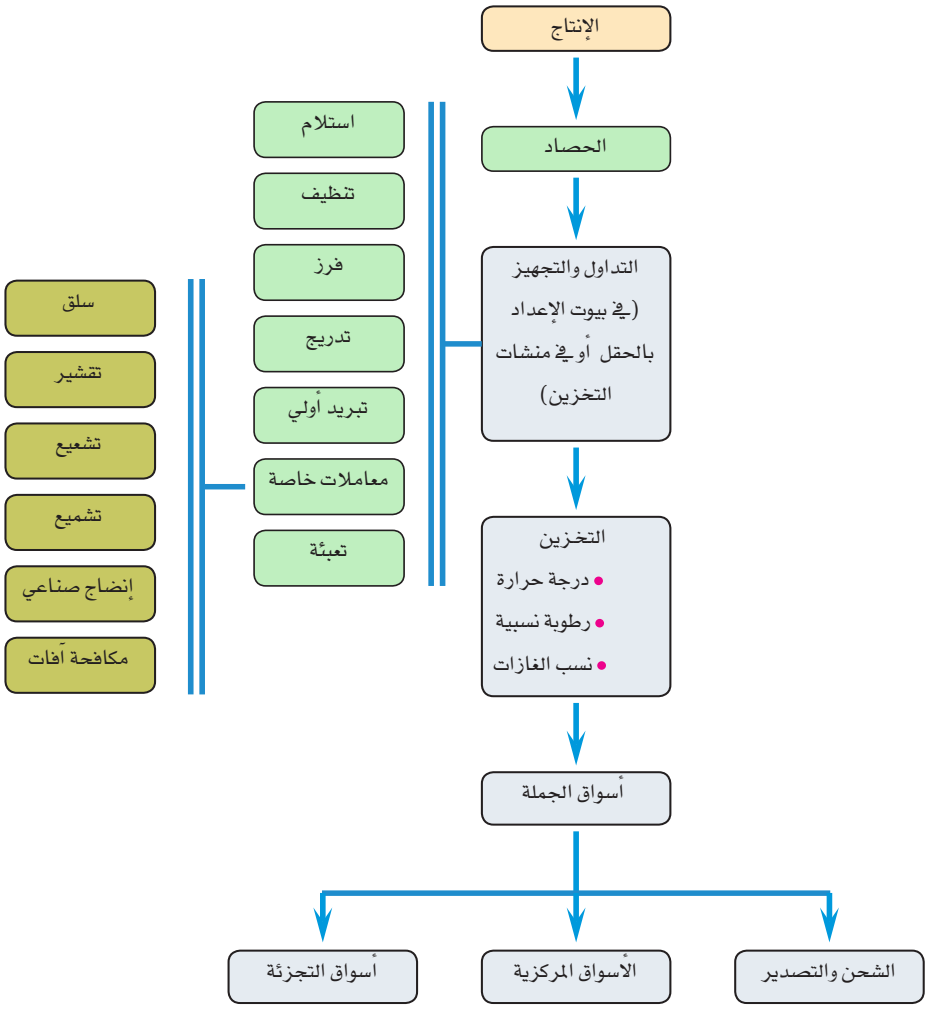
٧- التداول والتجهيز والتعبئة

تعد عمليات تداول المحاصيل البستانية من الخطوات الهامة للحفاظ على جودتها وإطالة فترة صلاحيتها. وتتحدد عمليات التداول حسب نوع وطبيعة المنتج والجوانب الاقتصادية وحجم المنشأة والتقانات المتوافرة والكفاءة التشغيلية وغيرها. ويبين شكل (٤) أهم خطوات التداول وإعداد وتخزين المحاصيل البستانية بدءاً من الحصاد وحتى التسويق. ويراعي في جميع عمليات التداول تجنب الخدش والتشوهات الميكانيكية للثمار باختيار العبوات ووسائل النقل المناسبة، إضافة إلى تجنب الاهتزازات القوية أثناء السير وسقوط أو ارتطام الصناديق أو الطبليات أثناء السير أو التحميل أو التنزيل.

وتجرى عادة عمليات تداول وتجهيز المحاصيل البستانية في بيوت الإعداد داخل المزرعة وهي عبارة عن أماكن مخصصة لإجراء عدد من العمليات التحضيرية للمنتجات البستانية تمهيداً لتسويقها مباشرة أو تهيئتها للتخزين. فتهدف هذه البيوت إلى توفير بيئة عمل أفضل لعمليات الفرز والتدريج والتنظيف والتقطيع والتجفيف وأي معاملات أخرى ومن ثم التعبئة وذلك لراحة العامل من ناحية ولحماية المنتج من التعرض للظروف الجوية غير المناسبة لفترة طويلة من ناحية أخرى. وعادة تبنى هذه البيوت من هياكل إنشائية مصنوعة من الطوب أو الخشب ومسقفة إما بالخرسانة

أو الصاج المزدوج بداخله طبقة من العوازل الحرارية للحماية من الأمطار ومن الحرارة الخارجية. وقـد تزود بوسائل للتبريد أو التدفئة. وقد يتم إنشاء مستودعات للتبريد أو التجميد قريبة من هذه الصالات وذلك لتخزين وحفظ المنتج حسب حجم المنشأة و الخطة التسويقية للمحصول.

وفيمـا يلـي استعراض لأهم عمليـات التـداول متضمناً المعامـلات المطبقة لبعض المحاصيل البستانية.



شكل (٤). أهم خطوات تداول وتجهيز وتخزين وتسويق المحاصيل البستانية.

المصدر: المؤلفان.

٧-١ الاستلام والفحص المبدئي

يتـم عمل فحصـ عام على المنتجـات البستانيـة وتقييمها بنـاء على مطابقتهـا للمواصفات المتفـق عليها واتخاذ قرار استلامها. ويلي ذلك تسجيـل البيانات الخاصة بالمنتج مثل الوزن وعدد الصناديق أو الطبليات.

٧-٢ تفريغ المنتج في بيوت التعبئة

يتـم تفريـغ المنتجـات البستانية من وسائـط النقل وذلك على طـاولات أو سيور إمـا يدوياً أو آليـاً. ويعتمـد اختيار طريقة التفريـغ على عدد من العوامل منها مـدى قابلية المنتج لحدوث جروح وتشوهـات ورضوض، مسامية المنتج، درجة النضج، حجم المنتج، بالإضافة لتوافر التقنية المناسبة والتكلفة الاقتصادية للعمالة والآليات شكل (٥).

شكل (٥). مراحل تداول وتعبئة الفواكه داخل بيوت التعبئة لشركة تبوك للتنمية الزراعية. (المصدر: تصوير المؤلفين).

٧-٣ الفرز الأولي

يهدف الفرز الأولي إلى التخلص من الثمار ذات الحجم غير المناسب للتعبئة والتسويق التجاري وذلك لتقليل حجم العمليات التي تجرى بعد ذلك للثمار لتوفير الوقت والجهد والمواد المضافة.

٧-٤ التنظيف

يمكـن إجراء التنظيف على مرحلتـين: مرحلة أولية في الحقل وأخرى قبـل الخزن التسويقي، ويتـم فيها إزالـة الأتربة والمواد الملتصقة مـع المنتجات وذلك باستخدام الماء المطهـر أو الفرش أو كليهما معا ومن ثم التجفيف بالهواء شكل (٦).

شـكل (٦). تنظيف الطماطم بالغسل برذاذ الماء (يمين) وبعدها التجفيف لإزالة الرطوبة الزائدة من سطح الثمار (يسار). (المصدر: تصوير المؤلفين).

٧-٥ الفرز النهائي والتدريج

ويتـم الفـرز النهائي قبل التخزين حيـث تستبعد الثمار غير الناضجـة وذات العيوب. كما يتم تدريج المنتج إلى عدة مجاميع حسب اللون أو الحجم (شكل ٧) أو درجة النضج يدوياً أو آلياً.

شـكل (٧). تدريـج ثمار الطماطم آليـاً حسب اللون (يمين) وتدريـج التمور حسب الحجم والشـكل لآلة الأصابع المنفرجة (يسار) وآلة التدريج الدورانية (وسط). (المصدر: تصوير المؤلفين)

٧-٦ التبريد الأولي (المبدئي)

مـن المعلوم أن عدم تبريد المنتج مباشرة بعد الحصـاد يعجل من تدهوره وانخفاض جودته وزيادة الفاقد منه. ولكون المحصول بعد حصاده مباشرة يكون على درجة حرارة الحقل العالية فيجب التخلص مـن هـذه الحـرارة مباشرة بعد القطـف في فترة زمنيـة قصيرة (لا تتجـاوز عدة ساعـات). وحسب المحصول وحساسيته للحرارة العالية وكذلك توافر الإمكانيات يمكن عمل التبريد الأولي إما في الحقل أو أثناء النقل أو في بيوت الإعداد.

ويتم اختيار طرق التبريد الأولي حسب نوع المحصول وكفاءة التبريد والجوانب الاقتصادية. وعند استخـدام الماء البارد فإن زمن التبريد الذي تستغرقه درنـات البطاطس عشر دقائق فقط بينما يزيد إلى نصف ساعة أو أكثر في حال استخدام الهواء البارد.

ويوجد العديد من طرق التبريد الأولي، منها:

١- الغـرف الباردة: حيـث تعبأ المحاصيل في عبـوات مثقبة وتوضع في غـرف ذات درجات حرارة منخفضـة. إلا أن هذه الطريقة بطيئة حيـث يستغرق نصف الوقت التبريدي للمحاصيل بشكل عام أربع وعشرون ساعة.

٢- التبريد بالثلج المجروش: يتم بوضع الثلج المجروش إما فوق شحنات عبوات المنتج أو بين طبقات المحصول.

٣- التبريـد بالهواء البارد المدفوع: وهي من الطرق الرئيسة الفعالة والسريعة في تبريد المحاصيل (شـكل ٨). وتتـم بوضع الثمـار في عبوات يوجد بهـا فتحات داخل غرفة مـبردة ومن ثم يتم تشغيـل مراوح شفط تعمل على سحب الهواء من داخـل العبوات إلى خارج الغرفة ويحل مكانه الهواء المبرد. وتستمر العملية على هذا النحو حتى الوصول إلى درجة الحرارة المطلوبة.

٤- التبريد تحت تفريغ: وتعتمد هذه الطريقة على أنه عند تعريض المنتج لتفريغ الهواء يؤدي ذلك إلى انخفاض الضغط الجوي وبالتالي زيادة سرعة تبخر الماء من المنتج ساحبا الحرارة. إلا أنه من عيوب هذه الطريقة فقد المنتج لجزء من محتواه الرطوبي وكذلك التكلفة العالية نسبياً.

شـكل (٨) غـرف التبريد المبدئي وتظهر مـراوح الهواء البارد المدفـوع للتوزيع المنتظـم لدرجة الحرارة بين عبوات المنتجات البستانية. (المصدر: تصوير المؤلفين).

وهناك عدد من الإرشادات الخاصة بالتبريد المبدئي للمحافظة على جودة الحصول، ومنها:

١- ينصح بالحصاد في الصباح الباكر حتى تكون درجة حرارة المحصول أدنى ما يمكن.

٢- الاقتصـار على نقـل المحاصيل في شاحنات مبردة لا يعتبر تبريـداً مبدئياً بالضرورة حيث أن تلـك الشاحنـات قـد لا تصـل لدرجة الحـرارة المناسبـة للمحصول لمحدوديـة قدرتها التبريدية.

٣- يتبع لكل محصول طريقة تبريد مبدئي مناسبة.

٤- تستخدم طرق التبريد بالثلج المجروش أو الماء البارد فقط للمحاصيل التي لا تتأثر بالبلل.
٥- يجب أن لا تزيد الفترة بين الحصاد والتبريد المبدئي عن ٢-٣ ساعات.
٦- يوصى بتعقيم مياه التبريد الملامسة للمحصول لتجنب تلوث المحاصيل بالميكروبات وغيرها.
٧- يجب شحن المحاصيل شحناً مبرداً أو تخزينها في مخازن مبردة مباشرة بعد إجراء عملية التبريد المبدئي.
٨- ضرورة الحفاظ على درجة الحرارة المناسبة طوال خطوات التبريد لتجنب تدهور جودة المنتج. فأي نقطة ضعف في هذا النظام التبريدي تعتبر عامل قوي في فقد المحصول.

٧-٧ معاملات خاصة للمنتج

يوصى بإتباع العديد من المعاملات للمحافظة على أعلى جودة ممكنة للمنتج. تشمل هذه المعاملات التنظيف والتقشير والسلق والتشميع ومنظمات النمو ومانعات التبرعم ومكافحة الحشرات والتشعيع والغمر في محلول الكالسيوم ومانعات التجرح وتسريع النضج. ويعتمد تطبيق هذه المعاملات على مناسبتها للمحصول والعائد الاقتصادي. وسيتم استعراض بعض هذه المعاملات على النحو التالي:

١- التشميع: يتم استخدام التشميع بشكل كبير في بعض الفواكه حيث تغطى بطبقة شفافة من الشمع للحفاظ على مظهرها ولونها وتقليل فقدها للرطوبة، وكذلك لخفض العمليات الحيوية لها مثل التنفس وبالتالي إطالة فترة حفظها لعدة أسابيع أو أكثر.
٢- التقشير: يتم تقشير بعض الخضار الطازجة لإزالة الأجزاء الورقية المهشمة أو المصابة كما في الكرنب والخس والبصل.
٣- السلق: ويتم ذلك للخضروات المراد تجميدها (مثل البازلاء والذرة) وكذلك التمر في مرحلة نضج الخلال بهدف تثبيط نشاط الإنزيمات للمنتجات المجمدة. ويتم ذلك بغمر المنتج في ماء ساخن تتفاوت درجة الحرارة وفترة الغمر حسب نوع المحصول وطبيعة الإنزيمات المرتبطة به.

٨-٧ الإنضاج الصناعي

تحتاج بعض الثمار إلى عملية الإنضاج الصناعي لجعلها صالحة للاستهلاك في وقت مبكر وتوفيرها قبل موسمها، وفي بعض الأحيان لتفادي الظروف الجوية الغير ملائمة. وتستخدم وسائل متعددة في الإنضاج الصناعي للثمار، تعتمد أساساً على استخدام الغازات الهيدروكربونية وأهمها غاز الإيثيلين أو استخدام منظمات نمو أو التخزين في درجة حرارة ورطوبة مناسبة لتسريع الإنضاج.

وغالباً ما ينحصر تأثير هذه المواد على تنشيط العمليات الحيوية المختلفة في الثمار وبالذات تنشيط وتشجيع تكوين الإيثيلين داخل الثمار. وهذا ما يسرع من دخول الثمار في مرحلة النضج والتي من أهم علاماتها تلاشي الكلوروفيل وانخفاض الصلابة وظهور اللون المميز وتغير الطعم والحلاوة والنكهة، بالإضافة إلى التغيرات الأخرى التي تجعل الثمار أكثر مناسبة للاستهلاك.

٧-٨-١ أهداف الإنضاج الصناعي

من أهم أهداف الإنتاج الصناعي:

١- زيادة قدرة الثمار على تحمل عملية التداول والنقل.

٢- إمكانية حصاد الثمار ميكانيكياً أو آلياً.

٣- التسويق المبكر.

٤- تنظيم عمليات التسويق.

٥- تحسين صفات جودة الثمار.

٧-٨-٢ طرق الإنضاج الصناعي

تستخدم العديد من طرق الإنضاج الصناعي، ومن أهمها:

١- استخدام درجة حرارة ورطوبة نسبية محددة للإنضاج: وتستخدم لإنضاج بعض أنواع الثمار حيث يمكن التحكم في درجة حرارة الغرفة مابين ٢٠-٢٥°م والرطوبة النسبية في حدود ٨٥-٩٠٪، وتختلف المدة اللازمة للإنضاج حسب نوع الثمار.

٢- استخدام غاز الإيثيلين: غاز الإيثيلين سهل الاستخدام وأكثر أماناً، والأفضل من الناحية التطبيقية، ويستخدم غاز الإيثيلين على العديد من الثمار مثل الموز والكمثرى والبرتقال والليمون والطماطم.

٣- الإنضاج بالإيثيريل: ويستخدم مركب الإيثيريل وهو عبارة عن محلول يتم غمس الثمار فيه قبل تعبئتها وغالباً ما يتم استخدام تركيز ١٠٠٠ جزء/ مليون (في حالة الموز).

٧-٩ التعبئة

تعد التعبئة مرحلة مهمة في عملية تسويق وتوزيع المنتجات البستانية، إذ تساعد العبوات على حماية المنتجات من الضرر أثناء التداول وتحفظ شكلها وقوامها من التشوهات. وقد صمم كثير من هذه العبوات ليمر الهواء البارد بين وداخل العبوات. لذا يوصى أن تكون العبوات مثقبة للمساعدة في التخلص من الحرارة العالية والرطوبة الزائدة من المحاصيل أثناء النقل والتخزين. ولا بد أن تتحمل العبوات الإجهادات الميكانيكية والحرارية أثناء التوزيع وأن تكون ذات تصميم مناسب للمستهلك.

تتـم التعبئة يدوياً أو آلياً حسب نوع المنتج وحجم المنشأة والجدوى الاقتصادية. وتتنوع العبوات مـن حيـث نوع وسمك المادة المستخدمة وكذلـك شكلها وسعتها (شكل ٩). كمـا أن العبوات الأولية (المتلامسـة مـع الثمار) قـد تبطن بمواد بلاستيكيـة أو ورقية سميكة. ومن ثـم يمكن رصها داخل عبوات ثانوية (لا تتلامس مع الثمار).

شكل (٩). بعض العبوات الكرتونية والخشبية والبلاستيكية المستخدمة لبعض المحاصيل البستانية.
(المصدر: تصوير المؤلفين و http://www.alternativeconsumer.com).

٨- التخزين

يهـدف تخزيـن المنتجـات البستانية إلى إطالـة فترة صلاحيـة المنتج والمحافظـة على جودته وبالتالي الحصول على أسعار تسويقية مناسبة. ويتم ذلك عبر توفير ظروف التخزين الملائمة من درجـة الحرارة والرطوبة النسبية ونسب الغازات الأخرى والحماية من الحشرات والآفات. وتتعدد الطـرق المتبعة في تخزين الحاصلات البستانية حسب عوامل كثيرة منها نوع الثمار ودرجة نضجها وموسميتها والخطة التسويقية وتكاليف عملية التخزين وغير ذلك.

٨-١ مواصفات منشآت التخزين ومستودعات التبريد

تتوافـر العديد من التصاميـم الهندسية لمخازن التبريد والتي يتوجـب أخذها في الاعتبار ليس هنا محل تفصيلها. وعادة تقوم شركات متخصصة بتصميم وإنشاء مستودعات التبريد لتناسب المحاصيل المـراد تخزينها. يبين شكل (١٠) مستودعات تبريد حديثـة مقسمة إلى عدة غرف تبريد يمكن التحكم في درجة الحرارة والرطوبة النسبية لكل منها آلياً. ويوصى أن تكون غرف التبريد داخل منشئات مغطاة لتقليـل تأثـير الظروف الخارجية علـى معدلات انتقال الحـرارة لداخل المخزن. وتعتـبر الغرف المربعة أو المكعبـة ذات كفـاءة حرارية أعلـى من المستطيلة الشـكل لصغر المساحة المعرضـة لوحدة حجم حيز التخزيـن ولكنها قد تكون أكـثر صعوبة من جانب سهولة الحركة داخلها. ويجدر هنا التأكيد على أهمية توافـر مولدات كهربائية احتياطية عند انقطاع الكهرباء العامـة. ومن مواصفات المخازن أن تكون ذات عـزل حـراري مناسب للتقليل من الفقـد في درجة الحرارة وكذلـك لابد من توفر أجهـزة توزيع الهواء داخلها لضمان أن تكون درجة الحرارة في داخل الغرف متجانسة بقدر الإمكان. ويوصى بوضع حساسات

درجـة الحـرارة على ارتفاع مناسب من أرضية الغرفة بحيث لا يكون قريباً من الباب أو مصدر حراري. ولحساب الحمل التبريدي هناك العديد من العوامل التي يجب أخذها في الاعتبار مثل نوع وطبيعة المنتج وخصائصه الحرارية (الحرارة النوعية ومعامل التوصيل الحراري) درجة حرارة المنتج الحقلية، درجة حرارة التخزين المناسبة، طرق التبريد الميكانيكي، ونوعية منشئات المخازن خاصة الجدران والأبواب.

وفي حـالات محدودية توافـر المخازن المبردة فيمكن استخدام وسائل أخـرى مؤقتة للتقليل من تأثـير درجة الحرارة على الحاصلات البستانية، ومنها ترك بعض ثمار الفاكهة على الأشجار حتى تتحسن قيمتها السوقية، أو التخزين في التربة كما في البطاطس أو بحفظ المحصول في مكان ظليل جيـد التهوية لفترة قصيرة أو باستخـدام أنظمة تبريد تبخيري في المناطق الجافة. ويمكن تحسين أداء نظم التبريد التبخيري لتخزين بعض المحاصيل مثل التمور والبطاطس وذلك بالتحكم الآلي في كل من درجة الحرارة والرطوبة النسبية للهواء الداخل للمخازن (الهلال والحمدان، ٢٠٠٦م).

شـكل (١٠). غرف تبريد حديثة (يمين) وجهاز الترذيذ بالماء يعمـل بالتحكم الآلي لزيادة الرطوبة النسبية داخل المخزن (يسار). (المصدر: تصوير المؤلفين).

٨-٢ ظروف التخزين

من أهم ظروف التخزين البيئية المؤثرة على جودة المنتجات البستانية ما يلي:

٨-٢-١ درجة الحرارة

تعتـبر درجة الحرارة من أهم العوامـل البيئية المؤثرة على جودة المنتج المخزن ومعدل تدهوره. ومن المتعارف عليه أن كل زيادة مقدارها ١٠°م عن درجة الحرارة المناسبة لتخزين المنتج تؤدي إلى تسريع التدهور بمقدار الضعفين إلى ثلاثة أضعاف. فتؤدي درجة الحرارة غير الملائمة للمنتج إلى عدد من التحولات الحيوية غير المرغوبة، فهي تؤثر على مقدار إنتاج الإيثيلين وثاني أكسيد الكربون واستهـلاك الأكسجـين. كما أن النشاط الميكروبي حساس جداً لدرجـة الحرارة والرطوبة النسبية

للمخـزن. وعليـه، فخفض درجة حرارة المنتـج يساعد في إطالة فترة صلاحيـة المنتج من جانبين؛ الأول تقليل نشاط العمليات الحيوية التي تحدث بعد الحصاد خاصة التنفس والآخر تثبيط النشاط الميكروبـي والآفات الأخرى المسببة للفساد خاصـة إذا كان التخزين لفترات طويلة نسبياً. وتتفاوت درجـة حرارة التخزيـن الملائمة للمنتجات حسب التركيب الفسيولوجـي لكل محصول وبشكل عام تـتراوح درجة الحرارة المناسبـة من صفر إلى ١٥ °م حسب عدد من العوامـل أهمها نوع المحصول ومرحلـة النضـج. ويعطي جـدولا ٤ ، ٥ درجات الحـرارة المناسبة لتخزين أهـم الفواكه والخضر.

٨-٢-٢ الرطوبة النسبية

تـتراوح الرطوبة النسبية المناسبة للتخزين المـبرد لمعظم المحاصيل البستانية من ٩٠ – ٩٥ ٪. إذ أنه عند انخفاض الرطوبة النسبية عن هذا المدى تفقد المحاصيل جزءاً من محتواها الرطوبي، كمـا يجب أن لا تزيد الرطوبة النسبية عن الحدود المناسبة لتجنب نمو الكائنات الدقيقة (الأعفان والخمائر والبكتريا).

ويوصـى بالتصميم المناسب لمبخـرات التبريد أو عند الحاجة تركيب أجهـزة ترطيب مناسبة وحساسات لقياس الرطوبة النسبية في غرف التبريد للحصول على الرطوبة النسبية المناسبة داخل المخـازن. ويفضل استخدام أجهزة الترطيب الحديثة (شـكل ١٠) مقارنة ببعض الطرق التقليدية التـي غالباً ما تتم برش الأرضيـة بالماء حيث من الصعوبة التحكـم في الرطوبة النسبية والحفاظ عليها. وفي بعض الحالات يمكن استخدام مكيفات صحراوية (تبريد تبخيري) مزود بأجهزة تحكم لزيـادة الرطوبـة النسبية داخـل المخزن وللمساعـدة في تخفيف الحمل التبريـدي للمنشأة. ويبين جـدولا ٤ و ٥ الرطوبـة النسبية الملائمة لتخزيـن أهم محاصيل الفاكهة والخضـر مع الإشارة إلى طرق التبريد الابتدائي والفترة التخزينية وظروف التخزين الأخرى.

٨-٢-٣ نسب الغازات داخل مستودعات التبريد

يـؤدي خفـض نسبة الأكسجين ورفع نسبة ثـاني أكسيد الكربون للهـواء المحيط بالمحصول إلى تأجيـل معدل التدهور أو الفقـد للمنتج الطازج وبالتالي إطالة فـترة صلاحيته. ويعتمد حجم هذه التأثـيرات على نوع وصنف المنتـج ودرجة النضج ومستويات غاز ثـاني أكسيد الكربون والأكسجين والإيثيلين ودرجة الحرارة وفترة التخزين.

يمكـن زيادة نسـب بعض الغازات (مثـل ثاني أكسيد الكربـون) في غرف التبريـد إما طبيعيا بالاعتمـاد علـى أن الناتج من تنفـس المحاصيل هو هذا الغاز أو يتم تعديـل نسبته باستخدام الثلج الجـاف الذي ينتج عند ذوبانه غاز ثاني أكسيد الكربون. كما يمكـن استخدام اسطوانات لإضافة الغازات المطلوبة مثل ثاني أكسيد الكربون أو النيتروجين أو الإثيلين. ومن ناحية أخرى يمكن تقليل نسـب بعض الغازات الموجـودة عن طريق استخدام معدات لسحب الغـازات أو استخدام الجير في امتصاص ثاني أكسيد الكربون أو التهوية المتحكم بها (الطبيعية أو الميكانيكية).

جدول (٤). بيانات ظروف التخزين والتبريد الأولي الملائمة والعمر التخزيني لبعض محاصيل الفاكهة.

م	المحصول	طرق التبريد الأولي*	درجة الحرارة، °م	الرطوبة النسبية، ٪	حساسية الإيثيلين **	الجو المتحكم به		العمر التخزيني التقريبي
						O_2	CO_2	
١	التفاح غير حساس حساس للبرودة	غ هـ م غ هـ م	١,١- ٤	٩٠-٩٥ ٩٠-٩٥	ع ع	٢-٣٪ ٢-٣٪	١-٢٪ ١-٢٪	٣-٦شهر ١-٢شهر
٢	المشمش	غ م	٠,٥-صفر	٩٠-٩٥	م	٢-٣٪	٢-٣٪	١-٣ أسبوع
٣	الموز	--	١٣-١٥	٩٠-٩٥	ع	٢-٥٪	٢-٥٪	١-٤ أسبوع
٤	التوت	غ هـ	٠,٥-٠	٩٠-٩٥	ض	٥-١٠٪	١٥-٢٠٪	٣-٦ يوم
٥	ليمون	--	١٠-١٣	٨٥-٩٠		٥-١٠٪	٠-١٠٪	١-٦ شهر
٦	برتقال	--	--	--	--	٥-١٠٪	٠-٥٪	--
٧	تمور (جاف)	--	١٨-٢٠-	٧٥	ض	--	--	٦-١٢ شهر
٨	تمور (خلال)***	غ هـ م	١	٩٠	--	٢-٥٪	٢-٥٪	٢-٦ أشهر
٩	تين	--	٠,٥-٠	٨٥-٩٠	ض	٥-١٠٪	١٥-٢٠٪	٧-١٠ أيام
١٠	عنب	هـ	٠,٥-٠	٩٠-٩٥	ض	٢-٥٪، ٥-١٠٪	١-٣٪، ١٠-١٥٪	١-٦ أشهر
١١	جوافة	--	٥-١٠	٩٠	م	--	--	٢-٣ أسابيع
١٢	مانجو	--	١٣	٨٥-٩٠	م	٣-٥٪	٥-١٠٪	٢-٣ أسابيع
١٣	شمام	--	٢-٥	٩٥	م	٣-٥٪	١٠-١٥٪	٢-٣ أسابيع
١٤	زيتون	--	٥-١٠	٨٥-٩٠	م	٢-٣٪	٠-١٪	٤-٦ أسابيع
١٥	خوخ	هـ م	٠,٥-٠	٩٠-٩٥	م	١-٢٪	٣-٥٪	٢-٤ أسابيع
١٦	كمثرى	هـ غ م	١,٥ إلى ٠,٥-	٩٠-٩٥	ع	١-٣٪	٠-٥٪	٢-٧ أشهر
١٧	برقوق	هـ م	٠,٥-٠	٩٠-٩٥	م	١-٢٪	٠-٥٪	٢-٥ أسابيع

المصدر: بتصرف من: Kader. A. . 2002

* طرق التبريد الأولي: غ = غرفة تبريد م = تبريد بالماء هـ= هواء مدفوع ب = بدون تبريد
ت = تبريد بالتفريغ ث = ثلج معباً

** حساسية الإيثيلين: ع = عالي م = متوسط ض = ضعيف

*** (الحمدان وآخرون، ٢٠١٠م).

-- البيانات غير متوافرة أو التقنية غير مناسبة.

جدول (٥). بيانات ظروف التخزين والتبريد الأولي الملائمة والعمر التخزيني لبعض محاصيل الخضر.

م	المحصول	طرق التبريد الاولي*	درجة الحرارة °م	الرطوبة النسبية، ٪	حساسية الإيثيلين**	الجو المتحكم به		العمر التخزيني
						O_2	CO_2	
١	الفاصوليا الخضراء	غ هـ م	٤ – ٧	٩٠ – ٩٥	ض	--	--	٧ – ١٠ يوم
٢	البنجر (بدون أوراق)	غ	صفر	٩٨-١٠٠	ض	--	--	٣-٥ شهر
٣	الكرنب	غ هـ	صفر	٩٨-١٠٠	ع	--	--	٣ – ٦ أسبوع
٤	البروكولي	ث هـ م	صفر	٩٥ – ١٠٠	ع	١-٢٪	٥-١٠٪	١٠ – ١٤ يوم
٥	الجزر (بدون اوراق)	ث غ	صفر	٩٨-١٠٠	ع	--	--	٨-٦ شهر
٦	القنبيط	م ت	صفر	٩٥ – ٩٨	ع	٢-٥٪	٢-٥٪	٣ – ٤ أسبوع
٧	الذرة السكرية	م ث ت	صفر	٩٥ – ٩٨	ض	٢-٤٪	٥-١٠٪	٤ – ٨ يوم
٨	الخيار	هـ م	١٠-١٢	٨٥ – ٩٠	ع	٣-٥٪	٠-٥٪	١٠ – ١٤ يوم
٩	الباذنجان	غ هـ	١٠-١٢	٩٠-٩٥	م	٣-٥٪	٠٪	١-٢ أسبوع
١٠	الثوم	ب	صفر	٦٥ – ٧٠	ض	٠,٥٪	٥-١٠٪	٦ – ٧ شهر
١١	الفجل	ث	صفر	٩٥- ١٠٠	ض	١-٢٪	٢-٣٪	١-٢ شهر
١٢	الخس	م ث	صفر	٩٨ – ١٠٠	ع	٢-٥٪	٠٪	٢ – ٣ أسبوع
١٣	الشمام	م هـ	٥ – ١٠	٨٥ – ٩٠	ع	٣-٥٪	٥-١٠٪	٣-٤ أسبوع
١٤	البطيخ	ب	١٠-١٥	٩٠	ع	--	--	٢ – ٣ أسبوع
١٥	المشروم (عش الغراب)	--	صفر	٩٠	م	٣-٢١٪	٥-١٥٪	٧ – ١٤ يوم
١٦	البامية	--	٧ – ١٠	٩٠ – ٩٥	م	هواء	٤-١٠٪	٧ – ١٠ يوم
١٧	البصل (الرؤوس)	ب	صفر	٦٥ – ٧٠	ض	١-٣٪	٥-١٠٪	١ – ٨ شهر
١٨	البصل الأخضر	م ث	صفر	٩٥ – ١٠٠	ع	٢-٤٪	١٠-٢٠٪	٣ أسابيع
١٩	البقدونس	--	صفر	٩٥ – ١٠٠	ع	--	--	١ – ٢ شهر
٢٠	الكراث	م ث	صفر	٩٥ – ١٠٠	م	١-٢٪	٢-٥٪	٢ شهر
٢١	البسلة	هـ م ث	صفر	٩٠ – ٩٨	م	٢-٣٪	٢-٣٪	١ – ٢ أسبوع
٢٢	الفلفل الأخضر	غ هـ	٧ – ١٠	٩٥ – ٩٨	ض	٢-٥٪	٢-٥٪	٢ – ٣ أسبوع
٢٣	الفلفل الحار	غ هـ	٥-١٠	٨٥ – ٩٥	م	٣-٥٪	٥-١٠٪	٢-٣ أسبوع
٢٤	البطاطس	غ هـ	٤-١٢	٩٥-٩٨	م	--	--	٥ – ١٠ شهر
٢٥	القرع العسلي	ب	١٢ – ١٥	٥٠ – ٧٠	م	--	--	٢ – ٣ شهر
٢٦	الفجل	ث	صفر	٩٥-١٠٠	ض	١-٢٪	٢-٣٪	١-٢ شهر
٢٧	السبانخ	م ث	صفر	٩٥ – ١٠٠	ع	٥-١٠٪	٥-١٠٪	١٠ ١٤ يوم
٢٨	الكوسة	غ هـ	٧ – ١٠	٩٥	م	٣-٥٪	٥-١٠٪	١-٢ أسبوع
٢٩	البطاطا الحلوة	ب	١٢ – ١٥	٨٥ – ٩٥	ض	--	--	٤ – ٧ شهر
٣٠	طماطم ملونة	غ هـ	١٠-١٢	٩٠-٩٥	ع	٣-٥٪	٢-٣٪	١-٣ إسبوع
	طماطم حمراء	غ هـ	٨ – ١٠	٨٥ – ٩٠	ض	٣-٥٪	٣-٥٪	٢-٥ اسبوع
٣١	اللفت	غ م ت ث	صفر	٩٥	ض	--	--	٤ – ٥ شهر

المصدر: بتصرف من: Kader, A., 2002

* طرق التبريد

** حساسية الإيثيلين،

-- البيانات غير متوافرة أو التقنية غير مناسبة

ويجـري حاليـاً في معمـل هندسـة التصنيـع الغذائي بكليـة علـوم الأغذية والزراعـة بجامعة الملـك سعـود تنفيذ عدد من الأبحـاث في مجال تقنيات حفـظ بعض المحاصيـل البستانية (ومنها بلـح البرحي) بالتحكم في نسب الغـازات لإطالة فترة صلاحيتها. يبين شـكل (١١) غرف تخزين حديثة مـزودة بتقنيات التحكم في أجواء التخزين وشاشة عرض بيانات التحكم في درجة الحرارة والرطوبة النسبية ونسب الغازات.

شـكل (١١). غـرف تخزين حديثة مزودة بتقنيات التحكم في أجـواء التخزين (يمين) وشاشة عرض بيانات التحكم في درجة الحرارة والرطوبة النسبية ونسب الغازات (يسار). (المصدر: الحمدان وآخرون، ٢٠١٠).

٩- تقنيات حديثة في عمليات ما بعد الحصاد

هنـاك العديد مـن التقنيات الحديثة التي يمكـن أن تجرى للمحاصيـل البستانية على مستوى تجاري، ومنها العمليات التالية:

٩-١ الخضروات مسبقة الإعداد (المصنعة جزئياً)

هي الخضر التي تجرى عليها عمليات تصنيعية بسيطة ثم يتم تعبئتها في عبوات خاصة بهدف توفـير وقت المستهلك والحصول علـى منتج طازج مثل السلطات الجاهزة للاستخدام. وفي الأغلب يتم تقطيع هذه الخضروات إلى شرائح أو يتم بشرها أو تقشيرها وإزالة الأجزاء غير المرغوب فيها. ولقـد راجـت هذه المنتجات في الدول الصناعية خاصة لمنتجـات البنجر والجزر والكرفس والخيار والبصل والسبانخ والطماطم (شكل ١٢). وتتراوح درجة حرارة الحفظ من ٠,٥ إلى ٣,٥°م لفترة من اسبوع إلى ثلاثة أسابيع حسب المنتج ودرجة الحرارة ونوع التغليف وذلك في ثلاجات العرض في الأسواق المركزية.

ومن أهم وسائل إطالة فترة حفظ الخضر المصنعة جزئياً مايلي:

١- الخفـض السريع في درجة حـرارة المنتج إلى درجة أعلى قليلاً عن تلـك المسببة للتجمد أو المسببة لضرر البرودة، ومن ثم المحافظة على هذه الدرجة حتى استهلاك المنتج.

٢- استخـدام عبـوات مناسبة لتقليل الفقد الرطوبي من المنتج. حيـث يؤدي فقد الرطوبة إلى

الذبول والإنكماش وفقدانها لمظهرها الطازج وفي نفس الوقت يجب ان تكون العبوات منفذة بدرجة محسوبة للغازات لتجنب تراكمها داخل العبوة مما قد يسبب التنفس اللاهوائي.

٣- إبطاء التلون البني عن طريق بعض المضافات مثل حمض الاسكوربيك والستريك.

شكل (١٢). عبوات خضر ورقية مسبقة الإعداد (المصدر: تصوير المؤلفين).

٩-٢ تشعيع المنتجات البستانية

يقصد بتقنية التشعيع للأغذية تعريض الغذاء إلى أحد مصادر الطاقة الإشعاعية، إما من نظائر مشعة (مثل أشعة جاما Gama) أو من أجهزة كهربائية تنتج كميات محكمة من الأشعة (الأشعة الإلكترونية Electron Beam أو الأشعة السينية X-ray) والتي تتخلل المواد الغذائية. يُجرى تشعيع الأغذية بتعريض المنتجات الزراعية والغذائية إلى أشعة ذات طاقة عالية في صورة جرعة مقننة مرخص بها ولفترة زمنية معينة داخل وحدة تشعيع محكمة لتحقيق القضاء على الأطوار الحشرية المختلفة في الحبوب المخزونة والتمور والبقوليات والتوابل وغيرها (Al-Kahtani et al., 1998).

وهناك العديد من المميزات للتشعيع منها:

١- لا تؤدي لتسخين الغذاء ولهذا يطلق على تشعيع الغذاء بجرعة مرتفعة من الإشعاع "التعقيم البارد".

٢- تعقيم الأغذية المجمدة (دون صهرها) حيث أنه لا يسبب إلا ارتفاعا ضئيلا في درجة حرارة الغذاء وبالتالي فهو قادر على قتل الأحياء الدقيقة بدون تسخين وإذابة.

٣- تطبيق التشعيع للمنتجات وهي في عبوات محكمة الغلق وذلك لتجنب مشكلة إعادة التلوث أو إعادة الإصابة بالحشرات. وعادة فإن الأشعة لا تؤثر على مواد التعبئة المستعملة في حفظ الغذاء.

٤- تقليل نسبة الفاقد بعد الحصاد بتقليل الاعتماد على المواد الكيميائية المستخدمة في حفظ

وتعقيم المنتجات الغذائية والزراعية.

٥- تتميز طريقة التشعيع بكونها سريعة.

ومن تطبيقات استخدام تقنية التشعيع للأغذية:

١- تقليل أو منع الإنبات (التزريع) في الخضروات مثل البطاطس والبصل والثوم وإطالة فترة صلاحيته.

٢- تأخير إنضاج العديد من الفواكه مثل استخدام التشعيع لتأخير إنضاج الموز والمانجو والجوافة

٣- تحسين الصفات الطبيعية بإحداث تغيرات فيزيائية مرغوبة مثل زيادة ذوبان الخضروات المجففة في الماء بدرجة كبيرة.

٤- تعقيم بعض الوجبات الغذائية لمرضى نقص المناعة البيولوجية في المستشفيات، وفي معالجة وجبات رواد الفضاء، وفي حال الكوارث وغيرها.

٥- تسهيل التبادل التجاري للمنتجات الغذائية الزراعية بين الدول، حيث أن كثيراً من الدول تمنع استيراد الأغذية المصابة أو المشتبه في إصابتها بالحشرات خوفاً من دخول أو حدوث إصابات جديدة في بلدانها.

ومن أهم عوائق انتشار تقنية التشعيع لحفظ الأغذية هو خلط المستهلك بين مفهوم التلوث الإشعاعي ومفهوم تقنية التشعيع بسبب الأفكار المتعلقة بالحروب والتفجيرات النووية والحوادث النووية الإشعاعية. وتضع الكثير من دول العالم مواصفات قياسية تحدد المستويات القصوى المسموح بها للملوثات الإشعاعية في المنتجات الغذائية تكفل حماية الإنسان والحيوان من مخاطر التلوث الإشعاعي. ومما يعيبها أيضاً التكلفة الإنشائية العالية والحاجة إلى موافقة جهات تشريعية خاصة عند استخدام النظائر المشعة (كوبلت ٦٠ لأشعة جاما).

٩-٣ تقنيات الهندسة الوراثية

النباتات المهندسة أو المعدلة وراثيا هى نباتات تحتوى على جين أو العديد من الجينات التى تم إدخالها بطرق التقنية الحيوية الحديثة. وتتطور تقنيات الهندسة الوراثية بشكل مطرد لإنتاج محاصيل تقاوم الإصابات المرضية وإنتاج ثمار ذات مواصفات جودة عالية من حيث القيمة الغذائية او تجانس الشكل او طول فترة الحفظ كما في الطماطم وغيرها. ففي عام ١٩٩٤ أنتجت شركة Calgene أول صنف من الطماطم المعدلة وراثيا، أطلق عليه (Flavr-Savr) ومنذ ذلك الحين ازداد انتاج المحاصيل المعدلة وراثيا بمقدار ٢٠ ضعفا. كما يمكن عن طريق التقنية الحيوية تأخير فترة نضج بعض المحاصيل كما في التفاح (عبدالعال، ٢٠٠٠). وهذا مما يساهم بشكل كبير في تحسين الجودة الظاهرية للمنتج وإطالة فترة صلاحيته. إلا أن هناك العديد من التحفظات على هذه التقنية حتى تثبت خلوها من أي آثار جانبية على صحة الإنسان.

٩-٤ تطبيقات الزراعة العضوية

تلقى منتجات الزراعة العضوية قبولاً واسعا في كثير من الدول خصوصاً بعد تنامي الوعي بالنواحي الغذائيـة الصحية للإنسان. وتهدف أنظمة الزراعة العضويـة إلى إنتاج غذاء ذي قيمة غذائية مرتفعة وجودة عالية واستخدام المصادر الطبيعية المتجددة في الزراعة مع مراعاة المحافظة على البيئة الزراعية المستدامة. وتشمل المعاملات الزراعية العضوية استخدام المخصبات الحيوية والسماد الأخضر وتطبيق الـدورة الزراعيـة والمكافحة الحيوية والمتكاملة للآفات. وتتميز المنتجـات البستانية العضوية باحتوائها على الفيتامينات ومضادات الأكسدة أكثر مما في المنتجات غير العضوية كما أنها لا تحتوي على منتجات معدلة وراثيا أو متبقيات مبيدات أو ملوثات كيماوية، كما أنها تتميز بملائمتها لعمليات الحفظ والتصنيع لانخفاض معدل تنفسها وطول فترة صلاحيتها (الرضيمان والشناوي، ١٤٢٥هـ).

٩-٥ أنظمة الزراعة الدقيقة والممارسات الزراعية الجيدة

يمكن تعريف الزراعة الدقيقة بأنها إدارة المدخلات الزراعية (مثل المبيدات والأسمدة الكيمائية) لإمـداد كل منطقة في الحقل بالكمية التي تحتاجهـا بالضبط بناءً على اختلاف خصائص التربة في كل منطقة بهدف تقليل تلوث البيئة وزيادة الإنتاج. ولقد بدأ تطبيقها عملياً في السنوات الأخيرة وعلى نطاق محدود في الدول المتقدمة وبعض الدول النامية. كما يمكن الاستعانة بنظام المعلومات الجغرافي (GIS) في الزراعـة لإنتـاج الخرائط الرقميـة للمحاصيل الزراعية وتضاريـس الأرض و نوع التربة وكثير من الخصائص ذات الكمية المتغيرة مكانياً وذلك لاتخاذ القرارات الزراعية الصحيحة.

كما أن الممارسات الزراعية الجيدة تشمل كافة المعاملات الزراعية التي تضمن ترشيد استخدام الكيماويـات الزراعية مـن أسمدة ومبيدات والذي يؤدى إلى حماية البيئـة من التلوث وتحقيق الأمن الغذائي الصحي وكذلك استخدام المكافحة الحيوية وزراعة أصناف نباتية مقاومة.

وبشـكل مجمل تهدف أنظمة الزراعة الدقيقـة والممارسات الزراعية الجيدة إلى رفع معدلات التنمية الزراعيـة وزيادة الإنتاجية المحصولية وزيـادة الصادرات وزيادة رقعة الأراضي المستصلحة وتعظيم الاستفادة من المدخلات والمخلفات الزراعية.

وتختلـف الزراعـة الدقيقة عـن العضوية بـأن الأخيرة لا يسمح فيهـا باستخـدام أي أسمدة أو مبيـدات غـير عضوية. بينما الزراعة الدقيقـة يسمح باستخدامها ولكن بطريقـة مرشدة ومدروسة وحسب احتياج كل جزء من الحقل.

٩-٦ معاملة المحاصيل البستانية بمركب MCP-1

مركـب MCP-1 عبـارة عـن مادة علـى شكل مسحـوق عندما تضـاف للماء تقوم المـادة النشطة (methylcyclopropene-1) بعملها داخل الثمار لإطالة فترة صلاحية الفاكهة المخزنة.

تم اكتشاف مركب MCP-1 قبل أكثر من عقد مضى بواسطة شركة زهور لإطالة فترة حفظها. وفي عام ٢٠٠٢م تم تسجيل هذا المركب لتطبيقه على العديد من الفواكه والخضر.

وتتـم آليتهـا بعد خلط المـادة الفعالة بالماء أن تـترك في غرف التخزين محكمـة الغلق عند درجة

حرارة ما بين ١٥ إلى ٢٥°م ولمدة تصل إلى ٢٤ ساعة (الحمدان ٢٠١٠).

وتقدر نسبة التفاح التي يتم معاملته بهذا المركب بنحو ٥٠٪ من التفاح المخزن في ولاية واشنطن في عام ٢٠٠٣ م.

وهـذا يحتـاج إلى عمل أبحاث مكثفة في هذا المجال. ولقد بدأ قسم الهندسة الزراعية بجامعة الملـك سعود في إجـراء الأبحاث لعدد من المنتجات المحلية بهدف إطالة فترة صلاحيتها باستخدام هذا المركب (الحمدان، ٢٠١٠).

٩-٧ تقنيات مكافحة الآفات الحشرية

هنـاك حاجـة ملحة لتوفير عدد من البدائـل الفعالة والآمنة والمجديـة اقتصاديا للقضاء على الآفـات الحشريـة التي تصيب الفواكه والحبـوب، وذلك استعداداً لتحـريم استخدام غاز بروميد الميثيل عالميا في عام ٢٠١٥م (Carpenter et al. 2002). ومن هذه البدائل:

١- مـواد مشابهة لمفعول بروميـد الميثيل مثل مركب الفوسفين الـذي يناسب مخازن التخزين محكمة الغلق. ولكن يعاب عليه سميته واحتياجه لعدة أيام للمعالجة الفعالة.

٢- الأشعة بأنواعها (جاما، والاكترون، والسينية) كما سبق التطرق لها.

٣- أشعـة الميكروويف، والتي ثبت جدواها في قتل الآفات الحشريـة بأنواعها ذات المعالجة على دفعات أو تلك المتواصلة (الحمدان والدريهم، ٢٠٠١).

٤- التحكم في نسب غازات المخازن أو الحاويات أو العبوات (إحلال النيتروجين أو ثاني أكسيد الكربون بنسب محددة) مكان الهواء الجوي.

٥- التبريـد والتجميـد: حيـث يعمل التبريد علـى تثبيط نشـاط الآفات الحشريـة بينما يعمل التجميد على قتل تلك الآفات.

٦- استخدام المكافحة الحيوية مثل بعض الفطريات والحشرات المفترسة والتعقيم.

٧- وبالطبع فإن أهمية الوقاية من الإصابة هي أولى خطوات مكافحة تلك الآفات عبر نظام متكامل للجودة الشاملة ليشمل جميع عمليات ما قبل الحصاد وأثناء الحصاد وما بعد الحصاد.

٩-٨ تقنيات مستقبلية للعبوات

تتطور تقنية العبوات الغذائية بتسارع كبير جداً حتى أن جهات المراقبة والتشريع تكاد لا تستطيع اللحاق بتلك التطورات، ومن ثم تنظيمها. ومن أمثلة العبوات المستقبلية:

١- العبوات الذكية

تتميز بتغير لون جزء من العبوة حسب درجة فساد محتوياتها. فيضاف لمادة العبوة نفسها حساسات (مؤشرات) (شكل ١٣) تعمل على القياس والتفاعل مع درجة حرارة وزمن التخزين. وهذه التقنية يمكن أن تـزود الجهات الرقابية على الأغذيـة ببيانات ما إذا كانت العبوة قد تعرضت لدرجة حرارة أعلى من الموصـى بها. فعند تعرض هذه العبوة لأي ارتفاع في درجة الحرارة عن تلـك الدرجة الموصى بها يعطي المؤشر لوناً أو علامة تبين تعرض العبوة لسوء تخزين يؤثر على جودة وصلاحية المنتج للاستهلاك.

شكل (١٣). العبوات الذكية وفيها يتحول لون اللاصق حسب درجة الحرارة وفترة صلاحية المنتج (المصدر: http://www.ripesense.com).

٢- العبوات النشطة

تضاف مواد تقوم بتزويد محيط الغذاء (داخل العبوة) ببيئة التخزين المناسبة. مثل سحب الأكسجين من الجو لتكون نسبته محددة. تقوم هذه العبوات بالتنشيط والتغيير المستمر إما لخصائص إنفاذية العبوات أو لتركيز المواد المتطايرة والغازات في فراغ قمة العبوة. أحد الأمثلة على المواد المستخدمة في العبوات النشيطة هي ماصات الأكسجين. وفي تطبيقات أخرى، تحتوي العبوات على مواد مثبطة أو مانعة للأنشطة الميكروبية.

٣- العبوات محسوبة النفاذية

نتيجة لاحتياج بعض المنتجات البستانية إلى ظروف تخزين ملائمة من نسب الغازات والرطوبة نسبية داخل العبوة، فقد جاءت فكرة أن تصنع هذه العبوات بمسامات بأقطار وأعداد محسوبة للتحكم في مقدار كسب أو فقد تلك الغازات (أكسجين، ثاني أكسيد الكربون، وإيثيلين) وكذلك بخار الماء. تتراوح أقطار تلك العبوات ما بين ١٠٠ إلى ٣٠٠ ميكرون وبعدد ١٠ آلاف ثقب لكل متر مربع. وقد أمكن التحكم في إنفاذية الغازات بدقة عالية عن طريق استخدام تقنية الليزر في عمل ثقوب محسوبة على مستوى النانو.

١٠- خاتمة ونظرة مستقبلية

تساهم المحاصيل البستانية (التي تشمل محاصيل الفاكهة والخضر) بدور كبير في الإنتاج الزراعي كما أنها تلعب دوراً مهما في إمداد الإنسان بالعناصر الغذائية والفيتامينات والألياف، إلا أنها أكثر عرضة لحدوث تلف ما بعد الحصاد بالمقارنة مع محاصيل الحبوب. و يمكن القول بصفة عامة أن حوالي ٢٥٪ من منتجات الخضر والفاكهة التي تنتج على مستوى العالم تتعرض للفقد تبعاً لنوع المحصول ومستوى تطبيق التقنيات الحديثة في مراحل الزراعة والحصاد والتداول والتخزين. وإذا تم تقليل نسبة فاقد ما بعد الحصاد فان ذلك يعني زيادة في الإنتاج الزراعي

وتحسين جودة المنتج. وقد قطعت بعض الدول شوطاً كبيراً في تحديد درجات الجودة للمحاصيل البستانية والاهتمام بعمليات ما بعد الحصاد التي تشمل النقل والإعداد والتجهيز والتخزين والتعبئة. فالجهود التي تبذل لمراقبة نقاط التحكم في الجودة لكل عملية تلي عملية الحصاد سوف تساعد في النهاية على الحفاظ على المنتج بأعلى جودة لأطول فترة صلاحية ممكنة. ويتوقع في المستقبل القريب استخدام مواد أو منظمات طبيعية تدخل ضمن تركيب العبوة. كما يتوقع أن تكون مواد العبوات صديقة للبيئة وذلك بإعادة استخدامها أو التخلص الآمن منها بحيث تكون المنتجات آمنة وذات قيمة غذائية عالية واقتصادية. وتبرز الحاجة إلى مزيد من الجهد بين الباحثين ومنتجي الأغذية ومنظمات حماية المستهلكين، والجهات الرسمية ذات العلاقة في مختلف الدول لوضع مواصفات لتطوير أنظمة عبوات ذكية ونشيطة على أن تكون المنتجات آمنة وفي نفس الوقت محافظة على القيمة الغذائية، وبالتأكيد أن تكون ذات جدوى اقتصادية. وهناك العديد من الجهود لتحسين الجودة ومعاملات ما بعد الحصاد للمحاصيل البستانية من قبل الجهات البحثية ذات العلاقة في الجامعات والمراكز البحثية في وزارة الزراعة وغيرها. ومن الأهمية بمكان تكامل الجهود للحفاظ على كمية ونوعية المنتجات البستانية فى كافة مراحل الإنتاج (عمليات ما قبل الحصاد وأثناءه وما بعده) وهذا مما يساهم فى دعم التنمية الزراعية المستدامة.

١٢- المراجع

الحمدان، عبدالله محمد والدريهم، يوسف. ٢٠٠١م. استخدام أشعة الميكروويف للقضاء على الخنفساء المنشارية. مشروع ممول من مركز البحوث الزراعية. جامعة الملك سعود.

الحمدان، عبدالله وحسن، بكري. ٢٠٠٦. الخواص الميكانيكية للتمور السعودية. ممول من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية. رقم أت ١٨-٤٨.

الحمدان، عبدالله و حسن، بكري و القحطاني، حسن واسماعيل، صبحي. ٢٠٠٧. إنتاج رطب فائق الجودة من أصناف مختارة من التمور السعودية. ممول من قبل مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية لبرنامج البحوث الكبيرة رقم (أت-٢٠-٤٨).

الحمدان، عبدالله و حسن، بكري و القحطاني، حسن واسماعيل، صبحي. ٢٠١٠. إطالة فترة حفظ البلح الطازج بتقنية التحكم التخزين بالغازات المتحكم بها. ممول من قبل مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية لبرنامج البحوث الكبيرة رق م أت ٢٨-٨٤.

الرضيمان، خالد بن ناصر و محمد زكي الشناوي. ١٤٢٥. مقدمة في الزراعة العضوية. الجمعية السعودية للعلوم الزراعية. الإصدار الثامن. ٤٠ ص

السعدون، عبدالله والحمدان، عبدالله. ٢٠٠٤م. تأثير الأغلفة البلاستيكية على الخواص الكيميائية والميكانيكية وصفات الجودة للطماطم المخزنة عند درجات حرارة مختلفة ورطوبة نسبية عالية. مركز البحوث الزراعية رقم ١٣٢ و١٣٣.

عبد العال، زيدان السيد. ٢٠٠٠. ثورة الهندسة الوراثية. منشأة المعارف. الإسكندرية. ٣١٧ ص
الهلال، ابراهيم والحمدان، عبدالله محمد. ٢٠٠٦. ترشيد المياه والطاقة الكهربائية في نظم تبريد المنشآت الزراعية. ممول من قبل مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية لبرنامج البحوث الكبيرة رقم (أت-٢١-٣٢).
وزارة الزراعة. ٢٠١٠م. الكتاب الإحصائي الزراعي السنوي الثاني والعشرون. إدارة الدراسات والتخطيط والإحصاء.
اليتيم، صلاح الدين محمود. ١٩٩٥. فسيولوجيا مابعد القطف وتداول الحاصلات البستانية. المكتب الجامعي الحديث. الاسكندرية. ص ٣٧٠.

Kader. A. A. 2002. Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California. Agric. and Nat. Resources Publ. 3311. Oakland. C.A. 535P. .

Al-Kahtani. H. A.. Abu-Tarboush. H. M.. Al-Dryhim. Y. N.. Ahmed. M. A.. Bajaber. A. S.. Adam. E. E. and El-Mojaddidi. M. A. 1998. Irradiation of dates: Insect disinfestation. microbial and chemical assessments. and use of thermoluminescence technique. Radiat. Phys. Chem. (UK). 53: 181-187.

Carpenter. J.. Gianessi. L. Lynch. L. 2000. The Economic Impact of the Scheduled U.S. Phase out of Methyl Bromide. National Center for Food and Agricultural Policy. Washington. DC.

شكر وتقدير

يتقدم المؤلفان بالشكر والثناء لله سبحانه وتعالى، ثم لكل من ساعد في هذا العمل ولو بكلمة طيبة..

كما يشكر المؤلفان الجمعية السعودية للعلوم الزراعية ممثلة بهيئة تحرير سلسلة الإصدارات العلمية على موافقتها نشر هذا الإصدار ضمن سلسلة إصداراتها.

كما يشكر المؤلفان كرسي أبحاث التمور على تبنيه ودعمه لمثل هذه الإصدارات. وتزويد هذا الإصدار بعدد من الصور والأشكال التوضيحية وغيرها

والحمد لله رب العالمين