فسيولوجيا صفات الجودة

برغم أن صفات الجودة من الأمور الرئيسية التى تحظى باهتمام المشتغلين بالتداول والتخزين وفسيولوجيا بعد الحصاد ، إلّا أن هذه الصفات تتأثر كثيرًا بظروف النمو النباتى السابقة للحصاد ، كما أنها تتأثر بمرحلة النمو والنضج التى يجرى عندها الحصاد ، وبالظروف التى تتعرض لها المنتجات بعد الحصاد . وسنتناول فى هذا الفصل فسيولوجيا صفات الجودة من حيث تأثير العوامل البيئية المختلفة عليها ، ولما لها من علاقة مباشرة بمراحل النمو النباتى . ويقودنا ذلك بالتالى إلى دراسة العيوب الفسيولوجية فى محاصيل الخضر .

٢٤ - ١ : اللون

يرجع اللون الذى يتميز به كل محصول من الخضر إلى صبغات خاصة تحفز شبكية العين على الإحساس باللون ، ويوجد منها نوعان : صبغات بلاستيدية ، وأخرى بالعصير الخلوى .

٢٤ - ١ - ١ : الصبغات البلاستيدية

توجد الصبغات البلاستيدية على أسطح البلاستيدات . وجميعها صبغات غير قابلة للذوبان فى الماء وتذوب فى الدهون ، وتوجد منها أربعة أنواع رئيسية هى كما يلى :

١ - الكلوروفيل Chlorophyll : وهو الصبغة الخضراء ، ويوجد منه كلوروفيل (أ) ،وكلوروفيل (ب) ويوجد عنصر المغنسيوم بكل منهما فى وسط الجزىء مع حلقة بيرول pyrrole ring بها نيتروجين نحو الخارج . ووظيفة الكلوروفيل هى اكتساب الطاقة الضوئية أثناء عملية البناء الضوئى .

٢ - الكاروتين Carotene .

٣ - الزانثوفيل Xanthophyll .

كلاهما صبغات صفراء ويوجد الكاروتين مصاحبًا للكلوروفيل ، وعليه .. فإنه يوجد فى الأنسجة الخضراء ، كما أنه يخزن فى جذور الجزر والأصناف الصفراء من البطاطا ، واللفت ، والروتاباجا ، وفى ثمار الطماطم .

٤ - الليكوبين Lycopene : هو أحد الصبغات التى توجد فى الأصناف الحمراء من الطماطم والبطيخ .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

٢٤ – ١ – ٢ : الصبغات التى توجد بالعصير

تعرف الصبغات التى توجد فى العصير الخلوى باسم الصبغات الفلافونية flavonoides ، وهى قابلة للذوبان فى الماء ،.ويوجد منها نوعان رئيسيان هما :

١ – الأنثوسيانينات Anthocyanins : وهى الصبغات المسئولة عن اللون الأحمر والأزرق والقرمزى فى العديد من الأزهار والثمار والجذور ، مثل البنجر .

٢ – الأنثوزانثينات Anthoxanthins : وهى الصبغات المسئولة عن اللون الأصفر والعاجى .

هذا .. وكل من الأنثوسيانينات ، والأنثوزانثينات معقدة التركيب ، ويدخل السكر فى تركيبها (Edmond وآخرون ١٩٧٥) .

٢٤ – ٢ : النكهة

تعرف النكهة Flavor بأنها الإحساس بالمذاق Taste . والرائحة Odour ، بالإضافة إلى الإحساس بالملمس Touch ، والألم Pain ، والبرودة والدفء ، وهى العوامل التى تضيف قليلًا إلى الإحساس بالمذاق . ويتحدد الإحساس بالمذاق بواسطة اللسان ، أما الإحساس بالرائحة ، فيكون بواسطة الأنف .

ويوجد من أنواع المذاق الحلو ، والحامضى ، والمر . وجميعها – عدا المرارة – يمكن قياسها بسهولة . أما المرارة ، فإنها تقاس نسبة إلى تركيز معروف من مادة مرة ، مثل : كبريتات الكيونين quinine sulphate .

هذا .. ويمكن للإنسان أن يميز أكثر من ١٠٠٠٠ رائحة مختلفة . كما يمكن للإنسان أن يتعرف على بعضها وهى بتركيزات منخفضة جدًّا تصل إلى $١٠^{-٩}$ ملليجرام ، مثل : مركب الإيثايل مركبتان ethyl mercaptan (Arthey ١٩٧٥) .

٢٤ – ٢ – ١ : المركبات المتطايرة المسئولة عن الرائحة المميزة للخضر

تتحدد الرائحة المميزة لكل محصول من الخضر بمحتوياته من المركبات المتطايرة Volatile Substances . وبرغم أنه قد أمكن عزل عدد كبير من المركبات المتطايرة من مختلف محاصيل الخضر ، إلّا أن معظمها لا علاقة له ، أو لا تؤثر كثيرًا على الرائحة المميزة للمحصول . ويتحدد مدى أهمية المركب بكل من تركيزه وقوة رائحته potency . ويقدر التركيز بأجهزة الكروماتوجرافى الغازية Gas Chromatography ، أما القوة ، فتقدر باختبارات التذوق . هذا .. وتوجد معظم المركبات المتطايرة بتركيز يقل عن جزء واحد فى المليون . ويُبيّن جدول (٢٤ – ١) أمثلة للمركبات المتطايرة المسئولة عن النكهة المميزة فى بعض محاصيل الخضر .

وقد توجد المركبات المتطايرة فى الأنسجة السليمة بصورة طبيعية ، أو قد تتكون إنزيميًّا بعد حدوث جرح أو تهتك للأنسجة ، أو قد تتكون بعد حدوث تغير فى التركيب الكيميائى لبعض

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

المركبات الأخرى بفعل الحرارة . ويتكون المركب الواحد بأى من الطرق السابقة ، وقد يتكون بأكثر من طريقة . وأيًا كانت المركبات المتطايرة المتكونة ، فإنه لا يهم منها سوى تلك المسئولة عن النكهة المميزة للخضر .

جدول (٢٤ - ١) : أمثلة للمركبات المسئولة عن النكهة المميزة فى بعض محاصيل الخضر (عن Wills وآخرين ١٩٨١) .

المحصول	المركبات المسئولة عن النكهة المميزة
الخيار	2,6- Nonadienal
الكرنب	Allyl isothiocyanate
عيش الغراب	1-Octen-3- ol , lenthionine
البطاطس	2- Methoxy-3-ethyl pyrazine, 2,5-dimethyl pyrazine
الفجل	4- Methylthio-trans-3- butenyl isothiocyanate
البصل	مركبات الـ Sulfides
الكرفس	مركبات الـ Phthallides

تمثيل المركبات المتطايرة

١ - المركبات المتطايرة التى توجد بصورة طبيعية فى الأنسجة السليمة : تنشأ هذه المركبات من خلال ثلاثة طرق بنائية على الأقل هى :

(أ) الـ Isopernoid pathway : يؤدى هذا الطريق إلى إنتاج مركبات الـ terpenoids . وقد أمكن عزل التربنيات terpenes فى عدد من الخضروات ، ومثال ذلك ما يلى :

الخضر	التربنيات terpenes التى أمكن عزلها
الفاصوليا الخضراء	pulegone, linalool ∝-terpineol, ∝-phellandrene
الطماطم	citronellal, neral, nerol, geranial, geraniol, B- pinene, linalool
الكرفس	neral, citronellal, carvone, d- limonene, myrcene

(ب) الـ Shikinic Acid pathway : ويؤدى هذا الطريق إلى إنتاج المركبات الأروماتية Aromatic ، والتى من أمثلتها فى محاصيل الخضر ما يلى :

Benzyl alchol, benzaldehyde, phenylacetaldehyde, phenethyl alchol.

(جـ) الـ β- oxidation : ويؤدى هذا الطريق إلى إنتاج الكثير من الكحولات البسيطة والألدهيدات .

٢ - المركبات المتطايرة التى تنتج إنزيميًا .

يوجد العديد من الأدلة على أن الكثير من المركبات المتطايرة ذات العلاقة بالنكهة المميزة للخضر تتكون إنزيميًا بعد حدوث جرح أو تهتك للأنسجة ، ومثال ذلك ما يلى :

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

٢٤ – ٢ – ٢ : تأثير العوامل البيئية على النكهة المميزة للخضر

تتأثر النكهة المميزة لمحاصيل الخضر بالممارسات الزراعية ، وبالظروف البيئية السائدة أثناء الإنتاج .

١ – تأثير درجة الحرارة :

ترتفع نسبة السكر فى درجات الحرارة المنخفضة ، بينما تقل الحلاوة وتنخفض نسبة السكر عند ارتفاع درجة الحرارة فى العديد من الخضروات ، سواء أكان التعرض لدرجة الحرارة قبل أم بعد الحصاد ، كما فى البطاطس ، والبسلة ، والذرة السكرية . ويرجع ذلك إلى أن السكر يدخل فى عدة تفاعلات فى النبات منها ما يلى :

(أ) التحول الإنزيمى للسكر إلى نشا .

(ب) التحول الإنزيمى للنشا إلى سكر .

(جـ) احتراق السكر أثناء التنفس وإنتاج ثانى أكسيد الكربون ، وماء ، وطاقة .

ففى درجات الحرارة المرتفعة يزداد معدل التفاعلات الثلاثة ، لكن الزيادة فى التفاعل الثالث تكون أكبر ، وبذلك يظل مستوى السكر منخفضًا . وفى درجات الحرارة المنخفضة يقل معدل التفاعلات الثلاثة ، لكن الانخفاض يكون أكبر فى التفاعلين الأول والثالث ، ولا يتأثر التفاعل الثانى بنفس القدر . ويؤدى ذلك إلى زيادة نسبة السكر فى النبات (Edmond وآخرون ١٩٧٥) .

٢ – تأثير الرطوبة الأرضية :

يؤدى الجفاف ونقص الرطوبة الأرضية إلى تحسن واضح فى الطعم المميز للخضروات . وقد ثبت ذلك تجريبيًّا فى كل من الجزر ، والكرنب ، والكرسون المائى ، والبصل ، ولوحظ فى العديد من الخضر الأخرى ، كالبطيخ ، والشمام ، والطماطم . ولوحظ كذلك أن نقص الرطوبة الأرضية يؤدى إلى ظهور طعم مر فى كرنب بروكسل .

٣ – تأثير التسميد :

تؤدى زيادة التسميد الآزوتى إلى ضعف الطعم المميز فى كل من الشليك ، والطماطم ، والخيار ، والفلفل ، وإلى ظهور طعم ورائحة قوية بدرجة غير مرغوبة فى الصليبيات . هذا .. بينما يتحسن الطعم غالبًا عند الاهتمام بالتسميد البوتاسى . وفى البطاطا يتحسن الطعم مع الاهتمام بتوفير البورون للنبات (Arthey ١٩٧٥) . وللمزيد من التفاصيل عن تأثير التسميد على صفات الجودة فى محاصيل الخضر (يراجع Minotti ١٩٧٥) .

٢٤ – ٣ : القوام

يعد القوام Texture من صفات الجودة التى يصعب تعريفها أو قياسها . ولبيان ذلك نقدم فيما يلى قائمة بالاصطلاحات التى تستخدم فى وصف القوام :

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

جدول (٢٤ - ٢) : العوامل المؤثرة على قوام البطاطس

المكونات المؤثرة على القوام	التأثير على القوام النشوى أو الدقيقى بالزيادة (+) أو بالنقصان (-)
النشا	+
الكالسيوم	-
الأحماض العضوية (الستريك)	+
حجم الخلية	+
عمر الدرنة (مدة التخزين)	-
نسبة الأمليوز إلى الأميلوبكتين	-
البكتين	- (تأثيره مؤقت)
Pectin Free carboxyl	- (تأثيره مؤقت)
Pectin methylesterase	- (تأثيره مؤقت)
البوتاسيوم	- (تأثيره مؤقت)
المغنيسيوم	- (تأثيره مؤقت)
الثبات الحرارى للأغشية الخلوية	+ (تأثيره مؤقت)

٣ – الـ Fibrometer

٤ – الـ Fiber Pressure Tester

٥ – الـ Texturemeter

٦ – الـ Succulometer

٧ – الـ Firm-o-meter

٨ – الـ Texture Tester

٢٤ – ٤ : الأضرار والعيوب الفسيولوجية فى محاصيل الخضر

يقصد بالأضرار والعيوب الفسيولوجية Physiological Disorders تلك النموات غير الطبيعية والظواهر المرضية التى تحدث فى محاصيل الخضر ، والتى ترجع إلى تغيرات غير مرغوبة فى العوامل البيئية . وتحط هذه الأضرار والعيوب من نوعية الخضر ، وقد تفقدها قيمتها الاقتصادية . ويعتبر النقص – وأحيانًا الزيادة غير المرغوبة – فى العناصر الغذائية من أهم العوامل المسببة للعيوب الفسيولوجية (Maynard ١٩٧٩) . كما أن للتغيرات فى درجة الحرارة بالارتفاع أو بالانخفاض أهمية كبيرة فى هذا الشأن . ولا يخفى ما لشدة الإضاءة والرطوبة الأرضية والجوية من تأثير بالغ فى ظهور بعض العيوب الفسيولوجية .

وقد سبق أن تناولنا بالشرح تأثير المركبات التى تلوث الهواء الجوى Air Pollutants على محاصيل الخضر (الفصل العاشر) . وتعد الأضرار التى تحدثها هذه المركبات بمحاصيل الخضر من العيوب الفسيولوجية ، كما أن الأضرار التى تحدثها المبيدات المختلفة – خاصة مبيدات الحشائش – يمكن أن تعد هى الأخرى من العيوب الفسيولوجية .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

كما سبق أن بيّنا أيضًا تأثير زيادة شدة الإضاءة على الإصابة بلفحة الشمس (الجزء ٧ - ٤ - ١) وهو عيب فسيولوجى شائع الانتشار فى العديد من محاصيل الخضر تحت ظروف الجو الحار والإضاءة القوية .

ويقابل ذلك عيب فسيولوجى آخر ينتشر فى الجو البارد الرطب يسمى بالإديما Edema . وتظهر الإديما على الطماطم ، والكرنب ، والقنبيط ، وكرنب بروكسل ، والبطاطس ، والبطاطا ، والقاوون ، والفاصوليا فى المناطق المعتدلة والباردة ، لكنها لا تكون بحالة خطيرة إلّا فى الزراعات المحمية فى بعض الأحيان . والإديما عبارة عن نمو بارز صغير يظهر على أى جزء من النبات ، وبخاصة على السطح السفلى للأوراق ، وتقابلها على السطح العلوى انخفاضات واضحة . وقد يلتحم العديد من البروزات معًا مكوناً منطقة بارزة على السطح السفلى للورقة . وبعد فترة وجيزة تتمزق هذه الانتفاخات تحت ضغط البروزات ، ثم تتحول هذه الأنسجة إلى اللون الأصفر فالبنى ، وتصبح فلينية .

وتتكون الإديما عند التعرض لأى عامل يدفع مجموعات من خلايا الأنسجة الداخلية إلى النمو بمعدلات عالية غير طبيعية . ففى الأراضى الرملية تظهر الإديما عندما يقذف السطح السفلى للأوراق بحبيبات الرمال التى تنقلها الرياح ، لكن تظهر الإديما فى أغلب الحالات عندما تكون التربة رطبة ودافئة مع انخفاض درجة حرارة الهواء ، أو عند تشبع الهواء بالرطوبة ، كما فى الليالى الباردة بعد عدة أيام دافئة رطبة . فتحت هذه الظروف تستمر الجذور فى امتصاص الماء بسرعة أكبر مما يفقد بالنتح .

ويمكن تجنب ظهور حالات الإديما بتنظيم الرى والتهوية فى الزراعات المحمية ، بحيث لا تظل التربة ، أو هواء البيت مشبعًا دائمًا بالرطوبة ، مع مراعاة أن تقترب حرارة التربة من حرارة الهواء ليلًا ، وأن تكون الإضاءة جيدة نهارًا (Chupp & Sherf ١٩٦٠) .

هذا . ويمكن إرجاع العديد من العيوب الفسيولوجية إلى أكثر من مسبب واحد . ولذا نجد أن من الصعوبة تقسيمها حسب مسبباتها الأولية . ونذكر فيما يلى بإيجاز أهم العيوب الفسيولوجية الشائعة الانتشار فى محاصيل الخضر الرئيسية مع بيان مسبباتها المختلفة .

١ - الطماطم : تصاب الطماطم بالعديد من العيوب الفسيولوجية التى من أهمها ما يلى :

(أ) تعفن الطرف الزهرى Blossom end rot :

تظهر الإصابة فى الطرف الزهرى للثمرة على شكل بقعة مستديرة جلدية جافة لونها رمادى يميل إلى السواد . وتكون هذه المنطقة ضعيفة ، وتشكل منفذًا سهلًا للكائنات الدقيقة التى يمكن أن تصيب الثمرة بالعفن . وتظهر الإصابة عند حدوث نقص حاد فى الرطوبة الأرضية ، خاصة بعد فترة من توفر الرطوبة بانتظام . ويساعد أيضًا على ظهور الإصابة نقص امتصاص النبات لعنصر الكالسيوم ، وهو الأمر الذى قد يحدث عند نقص الكالسيوم الميسر فى التربة ، أو عند زيادة التسميد البوتاسى أو النشادرى . وتعتبر الأصناف ذات الثمار الطويلة أكثر حساسية للإصابة بهذا العيب الفسيولوجى .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

(ب) تشقق الثمار fruit Cracking :

توجد منه ثلاثة أنواع : تشقق دائرى Concentric Cracking ويمتد فى دوائر كاملة أو متقطعة غالبًا على كتف الثمرة حول العنق ، والتشقق العمودى Radial Cracking ويمتد عموديًا من عنق الثمرة نحو الطرف الزهرى ، لكنه نادرًا ما يتعدى منتصف الثمرة ، والتفلق Bursting وهو يحدث فى أى مكان بالثمرة وبأى شكل . ويظهر التشقق الدائرى فى الثمار الخضراء ، ويكون سطحيًا ، بينما يظهر التشقق العمودى غالبًا فى الثمار الحمراء ، ويكون عميقًا ، وقد لا يلتئم ويشكل منفذًا لإصابة الثمرة بالكائنات المسببة للعفن ، ويُعد أكثر خطورة من التشقق الدائرى . أما التفلق ، فإنه يظهر غالبًا فى الثمار الحمراء الناضجة ، ويكون عميقًا ، وقد لا يلتئم . وتحدث الإصابة عند زيادة الرطوبة الأرضية فجأة بعد فترة من الجفاف . كما تحدث الإصابة بالتفلق فى الثمار الحمراء الناضجة عند رى الحقل قبل الحصاد .

(جـ) الجيوب Puffiness :

تظهر الجيوب على شكل فراغات بمساكن الثمار ، فلا تمتلىء بالمشيمة . وتخلو هذه الثمار من المادة الجيلاتينية التى توجد حول البذور ، كما تقل فيها البذور ، وتكون مضلعة من الخارج . وتحدث الإصابة فى الظروف التى لا تسمح بالتلقيح الجيد كما فى الجو البارد أو عند دفع الثمار للعقد برش العناقيد الزهرية بمنظمات النمو .

(د) النضج المتبقع (غير المنتظم أو المتلطخ) Blotchy Ripening :

يظهر النضج المتبقع على شكل تبقعات صفراء اللون بالثمار الحمراء الناضجة مع ظهور أنسجة بيضاء أو صفراء أو رمادية بالثمرة مقابل المساحات الصفراء على السطح . وتحدث الإصابة عند نقص عنصر البوتاسيوم ، كما تؤدى الإصابة بفيرس تبرقش الدخان إلى ظهور أعراض مماثلة .

(هـ) وجه القط Cat Face :

يظهر وجه القط على شكل تشوهات فى الطرف الزهرى للثمرة ، فيكون النمو غير منتظم ، وتبدو بعض الأنسجة كأنها تمتد من داخل الثمرة نحو الخارج ، وتكون هذه الثمار قليلة البذور . وتكثر هذه الحالة عند العقد فى الجو البارد ، خاصة فى الأصناف ذات الثمار الكثيرة التفصيص بحيث تحدث الإصابة فى الظروف التى لا تسمح بالتلقيح الجيد .

٢ – البطاطس : تصاب البطاطس هى الأخرى بالعديد من العيوب الفسيولوجية التى من أهمها ما يلى :

(أ) القلب الأسود Black Heart :

يظهر نسيج أسود متحلل فى مركز الدرنة المصابة . وتكثر هذه الحالة فى الدرنات الكبيرة الحجم عندما تتعرض لنقص الأكسجين فى المخازن ، ولذلك تشتد الإصابة فى الحالات التى لا يعتنى فيها بتهوية المخازن ، أو عند ارتفاع درجة حرارة التخزين ، حيث يستنفذ الأكسجين فى التنفس ، وتموت الأنسجة الداخلية للدرنة لعدم حصولها على حاجتها من الأكسجين .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

(ب) القلب الأجوف Hollow Heart :

يظهر القلب الأجوف على شكل تجويف فى مركز الدرنات الكبيرة الحجم ، ويحدث فى الظروف التى تشجع على النمو السريع للدرنات (الزراعة على مسافات واسعة ، وفى الظروف البيئية الجيدة مع الرى المنتظم والتسميد الجيد) ، حيث تنمو الأنسجة الخارجية للدرنة بسرعة أكبر من مقدرة الأنسجة الداخلية على النمو لملء مركز الدرنة .

(جـ) التريبش Feathering :

يظهر التريبش فى صورة تسلخ بجلد الدرنة ، وسريعًا ما تتحول التسلخات إلى اللون الرمادى فالأسود . يحدث التريبش عند حصاد الدرنات وهى غير مكتملة النضج ، ثم تعرضها بعد الحصاد مباشرة لجو حار مع أشعة شمس قوية . وتزيد الإصابة عند تعرض الدرنات للتجريح بعد الحصاد مباشرة بسبب سوء عمليات التداول .

(د) الاخضرار Greening :

الاخضرار هو تلون جلد الدرنة بلون أخضر يتراوح فى شدته من اللون الأبيض المخضر قليلًا إلى اللون الأخضر الواضح ، ويتراوح سمك الطبقة الخضراء من ٢ ملليمتر أو أقل تحت جلد الدرنة إلى عدة سنتيمترات حتى مركز الدرنة . ويرجع اللون إلى صبغة الكلوروفيل التى تتكون عند تعرض الدرنات للضوء ، والتى يتوقف تركيزها على مدة التعرض للضوء وشدة الإضاءة . هذا .. ويصاحب ظهور اللون الأخضر تكون مادة السولانين السامة فى نفس الأنسجة المصابة بالاخضرار .

(هـ) النمو الثانوى Secondary Growth :

تبدو الدرنات ذات النمو الثانوى مشوهة وغير منتظمة الشكل بظهور بروز فى أماكن بعض العيون بالدرنة . وتشكل هذه البروز نموًّا غير مكتمل للبراعم التى توجد بهذه العيون . وتحدث هذه الحالة عند تعرض الدرنات قبل الحصاد لفترة من الجفاف ، تليها فترة تتوفر فيها الرطوبة الأرضية ، مع ارتفاع كبير فى درجة الحرارة ، حيث تؤدى هذه الظروف إلى إنهاء حالة السكون فى الدرنات الحديثة التكوين ، وتبدأ براعمها فى النمو .

٣ – القنبيط : من أهم العيوب الفسيولوجية التى تظهر بالقنبيط ما يلى :

(أ) تلون القرص باللون البنى Browning :

تتلون أنسجة القرص باللون البنى نتيجة لنقص عنصر البورون . ويظهر أيضًا تجويف داخلى بالساق تتلون جوانبه كذلك باللون البنى .

(ب) طرف السوط Whlptail :

يتشوه نصل الورقة ويبدو متآكلًا ورفيعًا . وفى الحالات الشديدة لا يظهر سوى العرق الأوسط للورقة ، ويحدث نتيجة لنقص عنصر الموليبدنم .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner