

فسيولوجيا صفات الجودة

برغم أن صفات الجودة من الأمور الرئيسية التي تحظى باهتمام المشتغلين بالتداول والتخزين وفسيولوجيا بعد الحصاد ، إلا أن هذه الصفات تتأثر كثيراً بظروف النمو النباتي السابقة للحصاد ، كما أنها تتأثر بمرحلة النمو والنضج التي يجرى عندها الحصاد ، وبالظروف التي تتعرض لها المنتجات بعد الحصاد . وسنتناول في هذا الفصل فسيولوجيا صفات الجودة ؛ من حيث تأثير العوامل البيئية المختلفة عليها ؛ لما لها من علاقة مباشرة بمراحل النمو النباتي .

اللون

يرجع اللون الذي يتميز به كل محصول من الخضراوات إلى صبغات خاصة تحفز شبكية العين على الإحساس باللون ، ويوجد منها نوعان : صبغات بلاستيديية ، وأخرى بالعصير الخلوي .

الصبغات البلاستيديية

توجد الصبغات البلاستيديية على أسطح البلاستيديات . وجميعها صبغات غير قابلة للذوبان في الماء وتذوب في الدهون ، وتوجد منها أربعة أنواع رئيسية ؛ هي :

١ - الكلوروفيل Chlorophyll : وهو الصبغة الخضراء ، ويوجد منه كلوروفيل (أ) ، وكلوروفيل (ب) . ويوجد عنصر المغنيسيوم بكل منهما في وسط الجزيء مع حلقة بيرول pyrrole ring بها نيتروجين نحو الخارج . ووظيفة الكلوروفيل هي اكتساب الطاقة الضوئية أثناء عملية البناء الضوئي .

٢ - الكاروتين Carotene .

٣ - الزانثوفيل Xanthophyll .

كلاهما صبغات صفراء ، ويوجد الكاروتين مصاحباً للككلوروفيل ، وعليه . . فإن كليهما يوجد فى الأنسجة الخضراء ، كما أن الكاروتين يوجد فى جذور الجزر والأصناف الصفراء من البطاطا ، واللفت ، والروتاباجا ، وفى ثمار الطماطم .

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

الصبغات التى توجد بالعصير الخلوى

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 والقرمزي فى عديد 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) .

النكهة

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

ويوجد من أنواع المذاق : الحلو ، والحامضى ، والمر . وجميعها - عدا المذاق

المر - يمكن قياسها بسهولة . أما درجة المرارة ، فإنها تقاس نسبة إلى تركيز معروف من مادة مرة ؛ مثل : كبريتات الكينونين quinine sulphate .

هذا . . ويمكن للإنسان أن يميز أكثر من ١٠٠٠٠ رائحة مختلفة . كما يمكن للإنسان أن يتعرف بعضها وهي بتركيزات منخفضة جدا تصل إلى ١٠^{-٩} ملليجرام ؛ مثل : مركب الإيثايل ماركبتان ethyl mercaptan (Arthey ١٩٧٥) .

المركبات المتطايرة المسئولة عن الرائحة المميزة للخضر

تحدد 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 ، إلا أن معظمها لا علاقة له ، أو لا تؤثر كثيراً على الرائحة المميزة للمحصول . ويتحدد مدى أهمية المركب بكل من تركيزه وقوة رائحته potency . ويقدر التركيز بأجهزة الكروماتوجرافى الغازية Gas Chromatogra-phy . أما القوة ، فتقدر باختبارات التذوق . هذا . . وتوجد معظم المركبات المتطايرة بتركيز يقل عن جزء واحد فى المليون . ويبيّن جدول (١٤ - ١) أمثلة للمركبات المتطايرة المسئولة عن النكهة المميزة فى بعض محاصيل الخضر .

جدول (١٤ - 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	Sulfides مركبات الك
الكرفس	Phthalides مركبات الـ

وقد توجد المركبات المتطايرة فى الأنسجة السليمة بصورة طبيعية ، أو قد تتكون إنزيميا بعد حدوث جرح أو تهتك للأنسجة ، أو قد تتكون بعد حدوث تغير فى التركيب الكيميائى لبعض المركبات الأخرى بفعل الحرارة . وأيا كانت المركبات المتطايرة المتكونة ، فإنه لا يهم منها سوى تلك المسئولة عن النكهة المميزة للخضر .

المركبات القابلة للقطاير التى توجد فى الكرفس

من بين المركبات المتطايرة التى أمكن عزلها من نبات الكرفس ما يلى :

Formaldehyde	Carvone
Acetaldehyde	Diacetyl
Propionaldehyde	
Hexanol	Ethyl isovalerate
Heptanol	cis-3-Hexen-1-yl pyruvate
Octanol	Decyl acetate
Undecanal	Linalyl acetate
Dodecanal	Terpinyl acetate
Neral	Geranyl acetate
Citronellal	Citronellal acetate
	Neryl acetate
Isoamyl alcohol	Carvyl acetate
Hexanol	Terpinyl acetate
Heptanol	Geranyl butyrate
	Benzoyl benzoate
n-Valeric acid	
Isobutyric acid	D-Limonene
Pyruvic acid	Myrcene

3-Isobutylidene-3*a*,4-dihydrophthalide

3-Isovalidene-3*a*,4-dihydrophthalide

3-Isobutylidene phthalide

3-Isovalidene phthalide

Sedanonic anhydride

المركبات المتطايرة التي توجد في الفاصوليا الخضراء المعلبة

من بين المركبات المتطايرة التي أمكن عزلها من الفاصوليا الخضراء المعلبة ما يلي :

Ethanol	3-Pentanone
cis-Hex-3-en-1-ol	Diacetyl
n-Hexanol	2-Heptanone
2-Methyl-2-hexanol	3-Octanone
Oct-1-en-3-ol	Ethyl acetate
Furfurol	Hex-3-en-1-yl acetate
Benzyl alcohol	Ethyl phenyl ether
	Furfuryl methyl ether
Acetaldehyde	Methyl benzyl ether
2-Methylpropanal	Veratrole
3-Methylbutanol	2-Methoxymethyl benzyl ether
Methylthiothanal	2-Butoxytoluene
n-Hexanal	2-(2-Methoxyethyl) methoxybenzene
trans-Hex-2-en-1-al	Phenyl ether
Methional	Aryl-methoxy phenol
Furfural	Biphenyl
5-Methylfurfural	
2-Methoxyfurfural	Pulegone
2-Methyltetrahydrofuran	Linalool
Pyridine	α -Terpineol
	α -Phellandrene

تخليق المركبات المتطايرة

أولاً : المركبات المتطايرة التي توجد بصورة طبيعية في الأنسجة السليمة :

تنشأ هذه المركبات من خلال ثلاث طرق بنائية على الأقل هي :

١ - الـ Isoprenoid pathway :

يؤدي هذا الطريق إلى إنتاج مركبات الـ terpenoids . وقد أمكن عزل التربينات في

عدد من الخضروات ، ومثال ذلك ما يلي :

الغضير	الترينينات terpenes التي أمكن عزلها
الفاصوليا الخضراء	α -phellandrene ، و α -terpineol ، و linalool ، و pulegone
الطماطم	linalool ، و β -pinene ، و geraniol ، و geranial ، و nerol ، و neral ، و citronellal
الكرفس	myrcene ، و d-limonene ، و carvone ، و citronellal ، و neral .

٢ - ال Shikinec Acid Pathway :

يؤدي هذا الطريق إلى إنتاج المركبات الأروماتية Aromatic ، والتي من أمثلتها في محاصيل الخضر ما يلي : phenethyl alcohol ، و phenylacetaldehyde ، و benzaldehyde ، و Benzyl alcohol .

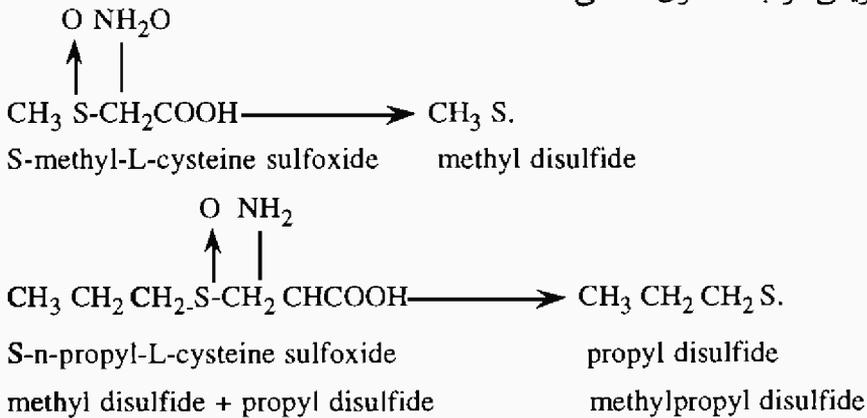
٣ - ال β - oxidation :

يؤدي هذا الطريق إلى إنتاج كثير من الكحولات البسيطة والألدهيدات .

ثانيا : المركبات المتطايرة التي تنتج إنزيميا :

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

١ - في البصل تتكون مركبات : ميثيل دايسلفيد ، وبروبيل دايسلفيد من التحطم الإنزيمي لمركبات أخرى كالتالي :



٢ - يمكن أن تنشأ المركبات الأروماتية المتطايرة من تحلل الأحماض الأمينية الأروماتية ؛ ومثال ذلك ما يلي :

أ - ينتج الـ phenylaldehyde من الـ phenylalanine .

ب - تنتج الـ 3-methyl butanal من الـ leucine .

٣ - نتج عديد من المركبات المتطايرة من الأكسدة الإنزيمية للأحماض الدهنية ذات السلاسل الطويلة ؛ ومن أمثلة ذلك ما يلي :

العناصر الدهنية	المركبات التي تنتج منه
Oleic	Propanal, pentanal, Hexanal, Heptanal, Nonanal, 2-Octenal, 2-Nonenal, 2-Decenal
Linoleic	Acetaldehyde, Popanal, Pentanal, Hexanal, 2-Propenal, 2-Pentenal, 2-Hexenal, 2-Heptenal, 2-Octenal, 2-Nonenal, 2-Decenal, Non-2,4-dienal, Dec-2,4-dienal, Undec-2,4 dienal, Oct-1-en-3-ol
Linolenic	Acetaldehyde, Propanal, Butanal, 2-Butenal, 2-Pentenal, 2-Hexenal, 2-Heptenal, 2-Nonenal, Hex-1,6-dienal, Hept-2,4-dienal, Non-2,4-dienal, Methyl ethylketone

٤ - من المعتقد أن الخيار تتكون به بعض المركبات المتطايرة بعد حدوث تهتك لأنسجة الثمرة ؛ ومن أمثلة هذه المركبات ما يلي : non-2-enal ، non-2,6-dienal ، Hex-2enal ، وهى التى يعتقد أنها تنشأ من التحطم الإنزيمى لحامض الـ linolenic .

٥ - يبدو أن عديداً من المركبات المتطايرة تتكون فى الطماطم من أكسدة الـ carotene polyenes . ومن أمثلة هذه المركبات ما يلي : farnesylacetone ، و farnesal ، و geranylacetone ، و β -ionone ، و α -ionone ، و geranial .

ثالثا : المركبات المتطايرة التي تتكون بفعل الحرارة :

من أمثلة ذلك ما يلي :

١ - تنتج مركبات متطايرة أثناء إعداد وطهى الخضر بفعل حرارة الطهى . ولهذه المركبات أهمية فى إكساب الخضر نكهتها المميزة . ومن أمثلة ذلك ما يلي :

أ - ينتج فى الطماطم المعلبة المركبان : methyl sulfide و hydrogen sulfide ؛ وهما ينتجان من المركب S-methyl methionine sulfonium .

ب - ينتج فى الفاصوليا المعلبة المركبات التالية : 2-methyltetrahydrofuran ، و 2-methoxy furfural ، و 5-methyl furfural ، و furfurol ، و furfural .

٢ - تنتج عديد من المركبات عند تسخين المركبات الكربوهيدراتية ، ومن أمثلة ذلك المركبات التالية :

Formaldehyde	Furan
cetaldehyde	2-methylfruan
Glycolaldehyde	2,5-dimethyl furan
Glyoxal	Furfurol
Lactic aldehyde	Furfural
Acrelein	5-methyl furfural
5-hydroxymethyl furfural	Pyruvaldehyde
Acetone	2-furylmethyl ketone
Acetol	2-furylhydroxymethyl Ketone
Dihydroxyacetone	Isomaltol
1-Methylcyclopentenol (2)-one-(3)	4-hydroxy-2,5-dimethyl-3 (2H)-furanone
Hydroxydiacetyl	Malto!
Diacetyl	Acetone

٣ - تتكون الألدهيدات عند تسخين المواد الكربوهيدراتية مع α - amino acids (Stevens ، ١٩٧٠) .

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 في درجات الحرارة المنخفضة ، بينما تقل الحلاوة وتنخفض نسبة السكر عند ارتفاع درجة الحرارة في عديد من الخضروات ، سواء أكان التعرض لدرجة الحرارة قبل الحصاد أم بعده ؛ كما في البطاطس ، والبسلة ، والذرة السكرية ؛ ويرجع ذلك إلى أن السكر يدخل في عدة تفاعلات في النبات ؛ منها ما يلي :

أ - التحول الإنزيمي للسكر إلى النشا .

ب - التحول الإنزيمي للنشا إلى سكر .

ج - احتراق السكر أثناء التنفس وإنتاج ثاني أكسيد الكربون ، وماء ، و طاقة .

ففي درجات الحرارة المرتفعة يزداد معدل التفاعلات الثلاثة ، لكن الزيادة في التفاعل الثالث تكون أكبر ؛ وبذلك يظل مستوى السكر منخفضاً . وفي درجات الحرارة المنخفضة يقل معدل التفاعلات الثلاثة ، لكن الانخفاض يكون أكبر في التفاعلين الأول والثالث ، ولا يتأثر التفاعل الثاني بنفس القدر . ويؤدي ذلك إلى زيادة نسبة السكر في النبات (Edmond وآخرون ١٩٧٥) .

٢ - تأثير الرطوبة الأرضية :

يؤدي الجفاف ونقص الرطوبة الأرضية إلى تحسن واضح في الطعم المميز للخضروات . وقد ثبت ذلك تجريبياً في كل من الجزر ، والكرنب ، والكرسون المائي ، والبصل ، ولوحظ في عديد من الخضر الأخرى ؛ كالبطيخ ، والشمام ، والطماطم . وقد لوحظ كذلك أن نقص الرطوبة الأرضية يؤدي إلى ظهور طعم مر في كرنب بروكسل .

٣ - تأثير التسميد :

تؤدي زيادة التسميد الأزوتي إلى ضعف الطعم المميز في كل من الفراولة ، والطماطم ، والخيار ، والفلفل ، وإلى ظهور طعم ورائحة قوية بدرجة غير مرغوبة في الصليبيات . هذا . . بينما يتحسن الطعم غالباً عند الاهتمام بالتسميد البوتاسي . وفي البطاطا يتحسن الطعم مع الاهتمام بتوفير البورون للنبات (Arthey ١٩٧٥) . ولزيد من التفاصيل عن تأثير التسميد على صفات الجودة في محاصيل الخضر (يراجع Minotti ١٩٧٥) .

٤ - تأثير ملوحة التربة ومياه الري :

تؤدي زيادة الملوحة الأرضية إلى زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية ، وخاصة نسبة السكر . وقد أسلفنا شرح ذلك في الفصل الثامن .

القوام

تعريف القوام

يعد القوام Texture من صفات الجودة التي يصعب تعريفها أو قياسها . ولبيان ذلك نقدم فيما يلي قائمة بالمصطلحات التي تستخدم في وصف القوام :

١ - مصطلحات وصفية : وهي ذات مدلولات وصفية لا يمكن قياسها بدقة ؛ مثل :

Hardness	Gumminess	Flakiness
Brittleness	Fibrousness	Fleshiness
Flabbiness	Mealiness	Firmness
Ripeness	Blandness	Lumpiness
Toughness	Smoothness	Oilness
Tenderness	Chewiness	Grittiness
Springiness	Juiciness	Crustiness
Stickness	Crispness	Shortness

٢ - مصطلحات كمية : وهي لموصافات يمكن قياسها بدقة ؛ مثل :

Elasticity	Plasticity	Viscosity
------------	------------	-----------

ويتحدد القوام بمكونات الخضر من الجدر الخلوية ، والعصير الخلوى ، وخلافه ، وتركيب هذه المكونات وتركيزها . ونظراً لأن هذه المكونات تكون فى تغير مستمر قبل الحصاد وبعده ؛ لذا . . نجد أن القوام يكون هو الآخر فى تغير ديناميكى مستمر . هذا . . ويجب اختيار المصطلحات المناسبة لوصف القوام المميز لكل محصول . وسنأخذ البطاطس كمثال للخضر التى درس فيها القوام بشئ من التفصيل .

يقدر قوام البطاطس بدرجة نشويتها (القوام الدقيقى من الدقيق) mealiness ودرجة شمعتها . وقد أوضحت عديد من الدراسات أن لنسبة النشا علاقة بالقوام . فمن المعتقد أنه يحدث ضغط داخلى بخلايا الدرنة عند تسخينها يتسبب فى إحداث (سيولة) gelation للنشا . ومن المعتقد كذلك أن هذا الضغط الداخلى يرتبط بنسبة النشا فى الدرنت ، وأنه يؤدى إلى تمزق الجدر الخلوية وانفصال الخلايا أحياناً . وبرغم أن محتوى النشا يعتبر عاملاً هاماً ، إلا أنه ليس بالعامل الوحيد المؤثر على قوام البطاطس ، فكل المكونات المبينة فى جدول (١٤ - ٢) تؤثر على درجة النشوية (Hoff ١٩٧٣) .

جدول (١٤ - ٢) : العوامل المؤثرة على قوام البطاطس .

التأثير على القوام النشوى أو الدقيقى بالزيادة

(+) أو بالنقصان (-)

المكونات المؤثرة على القوام

+	النشا
-	الكالسيوم
+	الأحماض العضوية (الستريك)
+	حجم الخلية
-	عمر الدرنة (مدة التخزين)
-	نسبة الأميلوز إلى الأميلوبكتين
-	البكتين
-	Pectin Free carboxyl
-	Pectin methylesterase
-	البوتاسيوم
-	المغنيسيوم
+	النبات الحرارى للأغشية الخلوية

تعريف الصفات الدالة على القوام

تقسم الصفات التي تعتبر دليلاً على القوام كما يلي :

١ - الصلابة Hardness :

تعد الصلابة مقياساً للقوة التي تلزم لإحداث تشوه معين في المنتج المختبر .

٢ - التماسك Cohesiveness :

يعبر التماسك عن متانة الروابط الداخلية التي تصنع جسم المنتج .

٣ - القابلية للتكسر أو التقصف Brittleness :

هي دليل على القوة التي تلزم لتكسير أو تقصيف المنتج المختبر .

٤ - الغضاضة أو الطراوة Tenderness :

تعد الغضاضة مقياساً للطاقة التي تلزم لهرس منتج صلب لجعله في حالة صالحة للبلع .

٥ - الصمغية Gumminess :

تعد الصمغية مقياساً للطاقة التي تلزم لتفكيك منتج نصف صلب .

٦ - اللزوجة Viscosity :

تمثل اللزوجة معدل التدفق لكل وحدة قوة .

٧ - المرونة Elasticity :

تمثل المرونة معدل رجوع منتج - تم تشويبه - إلى حالته الطبيعية بعد إزالة القوة التي أدت إلى هذا التشوه (عن Szczesniak ١٩٦٦) .

٨ - التليف Fibrousness :

يعد التليف مقياساً آخر للقوام ؛ حيث تتدهور صلاحية الخضر للاستهلاك كلما ازدادت بها نسبة الألياف . وتنشأ الألياف من تلجنن الجدر الخلوية في البيريسكيل والحزم الوعائية .

ويمكن تقدير نسبة الألياف - بسهولة - باستخدام juicerator يدور بمعدل ٣٦٠٠ دورة في الدقيقة أثناء تقطيعه لأنسجة النبات ؛ حيث تؤدي قوة الطرد المركزي إلى قذف

الأنسجة المقطعة تجاه شبكة يمر من خلالها العصير ، بينما تبقى الألياف (Baxter وآخرون ١٩٨٧) .

الأجهزة المستخدمة في تقدير القوام

نظراً لتعدد الصفات الدالة على القوام ؛ لذا . . فإننا نجد أن نوعيات الأجهزة المستعملة في قياس هذه الصفة تتعدد هي الأخرى ؛ ومن أمثلتها ما يلي :

١ - الـ Tendrometer : يستخدم بصفة خاصة في البسلة الخضراء . ويوجد ارتباط قوى بين قراءة الجهاز ونسبة المواد الصلبة غير القابلة للذوبان في الكحول (AIS) في البسلة .

٢ - Magness-Taylor Pressure Tester وغيره من أنواع الـ Pressure Testers ؛ وجميعها تعتمد على نفس المبدأ ، وهو حساب القوة اللازمة لدفع ذراع ذات مساحة مقطع معينة داخل ثمرة الخضر .

٣ - الـ Fibrometer .

٤ - الـ Fiber Pressure Tester .

٥ - الـ Texturemeter .

٦ - الـ Succulometer .

٧ - الـ Firm-o-meter .

٨ - الـ Texture Tester .

وتقسم وسائل قياس القوام الكمية كما يلي :

١ - المخترقات Penetrometers :

تقيس المخترقات القوة اللازمة لاختراق المنتج ، أو العمق الذي يصل إليه الاختراق بعد بذل قوة دفع معينة .

٢ - الضاغطات Compressors :

تقيس الضاغطات مدى مقاومة المنتج للضغط ؛ وهو مقياس لمدى الصلابة .

٣ - أجهزة قياس قوام السوائل Consistometers :

تقيس هذه الأجهزة قوام السوائل والمواد نصف الصلبة باختبار مدى مقاومتها للتدفق .

٤ - أجهزة قياس القوة الفاصّة Shearing Devices :

تسجل هذه الأجهزة القوة التى تلزم لقطع أو تقسيم المنتج المختبر (عن Szczesniak ١٩٦٦) .

صفات الجودة المورفولوجية

تحدد القوانين صفات الجودة المورفولوجية التى ينبغى توافرها فى محاصيل الخضر المعروضة للبيع . ويعطى Kader وآخرون (١٩٨٥) قائمة بالصفات التى تؤخذ فى الحسبان بالنسبة لجميع محاصيل الخضر - كل على حدة - والتى تحددها القوانين المنظمة لذلك فى كل من وزارة الزراعة الأمريكية وولاية كاليفورنيا .