الفصل الرابع عشر

فسيولوجيا صفات الجودة

برغم أن صفات الجودة من الأمور الرئيسية التى تحظى باهتمام المشتغلين بالتداول والتخزين وفسيولوجيا بعد الحصاد ، إلا أن هذه الصفات تتأثر كثيراً 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 ؛ لما لها من علاقة مباشرة بمراحل النمو النباتى .

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 .

الصبغات البلاستيدية

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

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

٢ ـ الكاروتين Carotene .

٣ ـ الزانثوفيل Xanthophyll .

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

٤ ـ 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 ـ الأنثوسيانينات Anthocyanins : وهى الصبغات المسئولة عن اللون الأحمر والأزرق والقرمزى فى عديد من الأزهار والثمار والجذور ، مثل البنجر .

٢ ـ 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 بالملمس 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 ـ عدا المذاق

المر ـ 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 وهى بتركيزات منخفضة جدا تصل إلى $١٠^{-٩}$ ملليجرام ؛ مثل : مركب الإيثايل مركبتان ethyl mercaptan (Arthey ١٩٧٥) .

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 ، إلا أن معظمها لا علاقة له ، أو لا تؤثر كثيراً على الرائحة المميزة للمحصول . ويتحدد مدى أهمية المركب بكل من 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 (١٤ ـ ١) أمثلة للمركبات المتطايرة المسئولة عن النكهة المميزة فى بعض محاصيل الخضر .

جدول (١٤ ـ 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 Phthalides

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 للتطاير التى توجد فى الكرفس

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

Formaldehyde
Acetaldehyde
Propionaldehyde
Hexanol
Heptanol
Octanol
Undecanal
Dodecanal
Neral
Citronellal

Isoamyl alcohol
Hexanol
Heptanol

n-Valeric acid
Isobutyric acid
Pyruvic acid

Carvone
Diacetyl

Ethyl isovalerate
cis-3-Hexen-1-yl pyruvate
Decyl acetate
Linalyl acetate
Terpinyl acetate
Geranyl acetate
Citronellal acetate
Neryl acetate
Carvyl acetate
Terpinyl acetate
Geranyl butyrate
Benzoyl benzoate

D-Limonene
Myrcene

3-Isobutylidene-*3a*,4-dihydrophthalide
3-Isovalidene-*3a*,4-dihydrophthalide
3-Isobutylidene phthalide
3-Isovalidene phthalide
Sedanonic anhydride

obeikandl.com

المركبات المتطايرة التى توجد فى الفاصوليا الخضراء المعلبة

من بين المركبات المتطايرة التى أمكن عزلها من الفاصوليا الخضراء المعلبة ما يلى :

Ethanol	3-Pentanone
cis-Hex-3-en-1-ol	Diacetyl
n-Hexanol	2-Heptanone
2-Methyl-2-hexanlol	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

تمثيل المركبات المتطايرة

أولا : المركبات المتطايرة التى توجد بصورة طبيعية فى الأنسجة السليمة :

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

١ ـ الـ Isoperniod pathway :

يؤدى هذا الطريق إلى إنتاج مركبات الـ terpeniods . وقد أمكن عزل التربينات فى عدد من الخضروات ، ومثال ذلك ما يلى :

الخضر	التربينات 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 ، وneral .

٢ ـ الـ Shikinec Acid Pathway :

يؤدى هذا الطريق إلى إنتاج المركبات الأروماتية Aromatic ، والتى من أمثلتها فى محاصيل الخضر ما يلى : phenethyl alchol ، و phenylacetaldehyde ، و benzaldehyede ، و Benzyl alcohol .

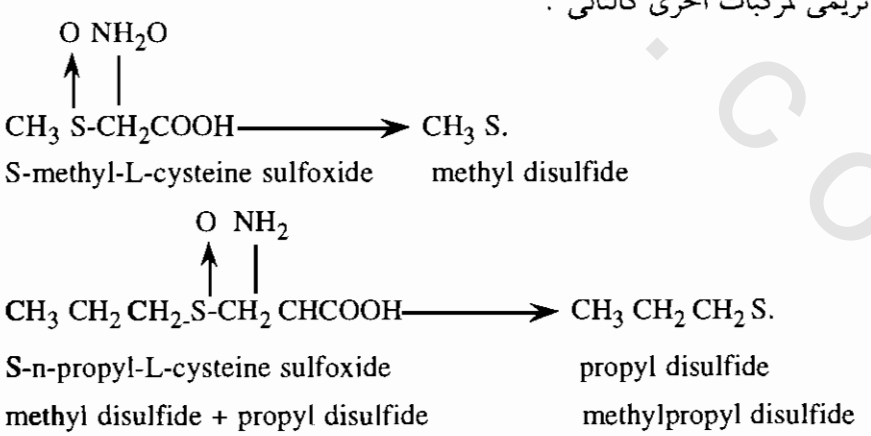
٣ ـ الـ β - oxidation :

يؤدى هذا الطريق إلى إنتاج كثير من الكحولات البسيطة والألدهيدات .

ثانيا : المركبات المتطايرة التى 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 يلى :

١ ـ فى البصل تتكون مركبات : ميثيل دايسلفيد ، وبروبيل دايسلفيد من التحطم الإنزيمى لمركبات أخرى كالتالى :



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

أ ـ ينتج الـ phenylactaldehyde من الـ phenylalanine .

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

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

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

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

obeikandl.com

ثالثا : المركبات المتطايرة التى تتكون بفعل الحرارة :

من أمثلة ذلك ما يلى :

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

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

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

٢ ـ 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	Maltol
Diacetyl	Acetone

openkanal.com

٣ ـ تتكون الألدهيدات عند تسخين المواد الكربوهيدراتية مع الـ 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 ـ تأثير درجة الحرارة :

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

أ ـ التحول الإنزيمى للسكر إلى النشا .

ب ـ التحول الإنزيمى للنشا إلى سكر .

جـ ـ 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 ـ تأثير الرطوبة الأرضية :

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

٣ ـ تأثير التسميد :

تؤدى زيادة التسميد الآزوتى إلى ضعف الطعم المميز فى كل من الفراولة ، والطماطم ، والخيار ، والفلفل ، وإلى ظهور طعم ورائحة قوية بدرجة غير مرغوبة فى الصليبيات . هذا . . بينما يتحسن الطعم غالبًا عند الاهتمام بالتمسيد البوتاسى . وفى البطاطا يتحسن الطعم مع الاهتمام بتوفير البورون للنبات (Arthey ١٩٧٥) .

ولمزيد من التفاصيل عن تأثير التسميد على صفات الجودة فى محاصيل الخضر (يراجع Minotti ١٩٧٥) .

٤ ـ تأثير ملوحة التربة ومياه الرى :

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

القوام

تعريف القوام

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

١ ـ مصطلحات وصفية : وهى 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 ـ مصطلحات كمية : وهى لموصافات يمكن قياسها بدقة ؛ مثل :

Elasticity	Plasticity	Viscosity

obeikandl.com

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 شمعيتها . 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 الدرنات ، وأنه يؤدى إلى تمزق الجدر الخلوية وانفصال الخلايا أحياناً . وبرغم أن محتوى النشا يعتبر عاملا هاما ، إلا أنه ليس بالعامل الوحيد المؤثر على قوام البطاطس ، فكل المكونات المبينة فى جدول (١٤ ـ ٢) تؤثر على درجة النشوية (Hoff ١٩٧٣) .

جدول (١٤ ـ 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 الأميلوز 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)

تعريف الصفات الدالة على القوام

تقسم الصفات التى تعتبر دليلا على القوام كما يلى :

١ ـ الصلابة Hardness :

تعد الصلابة مقياسًا للقوة التى تلزم لإحداث تشوه معين فى المنتج المختبر .

٢ ـ التماسك Cohesiveness :

يعبر التماسك عن متانة الروابط الداخلية التى تصنع جسم المنتج .

٣ ـ القابلية للتكسر أو التقصف Brittleness :

هى دليل على القوة التى تلزم لتكسير أو تقصيف المنتج المختبر .

٤ ـ الغضاضة أو الطراوة Tenderness :

تعد الغضاضة مقياسًا للطاقة التى تلزم لهرس منتج صلب لجعله فى حالة صالحة للبلع .

٥ ـ الصمغية Gumminess :

تعد الصمغية مقياسًا للطاقة التى تلزم لتفكيك منتج نصف صلب .

٦ ـ اللزوجة Viscosity :

تمثل اللزوجة معدل التدفق لكل وحدة قوة .

٧ ـ المرونة Elasticity :

تمثل المرونة معدل رجوع منتج ـ تم تشويهه ـ إلى حالته الطبيعية بعد إزالة القوة التى أدت إلى هذا التشوه (عن Szczesniak ١٩٦٦) .

٨ ـ التليف Fibrousness :

يعد التليف مقياسا آخر للقوام ؛ حيث تتدهور صلاحية الخضر للاستهلاك كلما ازدادت بها نسبة الألياف . وتنشأ الألياف من تلجنن الجدر الخلوية فى البيريسيكل والحزم الوعائية .

ويمكن تقدير نسبة الألياف ـ بسهولة ـ باستخدام juicerator يدور بمعدل ٣٦٠٠ دورة فى الدقيقة أثناء تقطيعه لأنسجة النبات ؛ حيث تؤدى قوة الطرد المركزى إلى قذف

obeikandl.com

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

الأجهزة المستخدمة فى تقدير القوام

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

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

٢ ـ 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 ـ الـ Fibrometer .

٤ ـ الـ Fiber Pressure Tester .

٥ ـ الـ Texturemeter .

٦ ـ الـ Succulometer .

٧ ـ الـ Firm-o-meter .

٨ ـ الـ Texture Tester .

وتقسم وسائلُ قياس القوام الكمية كما يلى :

١ ـ المخترقات Penetrometers :

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

٢ ـ الضاغطات Compressors :

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

٣ ـ أجهزة قياس قوام السوائل Consistometers :

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

٤ ـ أجهزة قياس القوة القاصّة Shearing Devices :

تسجل هذه الأجهزة القوة التى تلزم لقطع أو تقسيم المنتج المختبر (عنSzczesniak 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 ـ كلٍّ على حدة ـ والتى تحددها القوانين المنظمة لذلك فى كل من وزارة الزراعة الأمريكية وولاية كاليفورنيا .