# الفصل السابع

# فسيولوجيا صفات الجودة

نتناول بالشرح فى هذا الفصل فسيولوجيا بعض صفات الجودة ، سواء ما يتعلق منها بمحصول الاستهلاك الطازج ، أم بمحصول التصنيع .

## حجم الثمار :

نجد أن مبيض الزهرة ، فى معظم الأنواع النباتية ، ينمو بالانقسام الميتوزى mitosis أثناء مراحل تكوين الزهرة ، ثم يتوقف الانقسام فى خلايا المبيض بعد تفتح الزهرة . أما بعد العقد ، فإن نمو الثمرة يحدث نتيجة للزيادة فى حجم خلايا المبيض التى اكتمل عددها قبل العقد . وتعتبر الطماطم والبطيخ من المحاصيل التى تنمو ثمارها بهذه الطريقة ، ولكن قد تحدث بعض الانقسامات الميتوزية خلال الأسبوع الأول بعد العقد أحيانًا . وترجع الزيادة الكبيرة فى حجم الخلايا إلى تكوين فجوات عصارية تصل فى البطيخ إلى أحجام كبيرة لدرجة رؤيتها بالعين المجردة ( عن Wareing & phillips ) .

يتضح مما تقدم أن الحجم النهائى لثمرة الطماطم يتوقف إلى حد كبير على عدد الخلايا الموجودة فى المبيض عند تفتح الزهرة . ويعنى ذلك إمكانية زيادة حجم ثمرة الطماطم بتهيئة الظروف المساعدة على تكوين مبايض زهرية كبيرة . ويتحقق ذلك باتباع الوسائل التالية :

١ – التربية لإنتاج أصناف ذات ثمارة كبيرة .

٢ – التغذية الجيدة .

٣ – تعريض النباتات لدرجة حرارة منخفضة نسبيًّا قبل الإزهار ( Nitsch ١٩٦٢ ) . ونجد أن حجم الثمار يزداد ( ينقص ) كلما ازدادت الفترة من تفتح الأزهار إلى النضج . وتتأثر هذه الفترة أساسًا بدرجة الحرارة ، حيث تزداد بانخفاض الحرارة . ويحدث ذلك سواء أكانت الثمار بكرية أم غير بكرية ، وسواء أكان العقد البكرى طبيعيًّا ( أى وراثيًّا ) أم بسبب معاملات منظمات النمو ( Corella وآخرون ١٩٨٦ ) .

وكمثال عن تأثير درجة الحرارة على حجم ثمرة الطماطم نقدم جدول ( ٧ – ١ ) الذى يُبين متوسط وزن ثمار عدد من الأصناف فى العروات الصيفية ، والخريفية ، والشتوية فى محافظة الفيوم . يلاحظ من الجدول أن ثمار العروة الخريفية التى تكونت أزهارها أثناء ارتفاع درجة الحرارة خلال

شهر أغسطس كانت أقل الثمار وزنًا ، بينما كانت ثمار العروتين الصيفية ، والشتوية أكبر حجمًا ، وقد تكونت أزهارهما أثناء اعتدال الحرارة خلال شهرى مارس ، وأكتوبر على التوالى ( تقارير نشاط الطماطم البحثى – مشروع تطوير النظم الزراعية – زراعات عام ١٩٨٠ ) .

جدول ( ٧ – ١ ) : متوسط وزن ثمار بعض أصناف الطماطم فى العروات المختلفة بمحافظة الفيوم

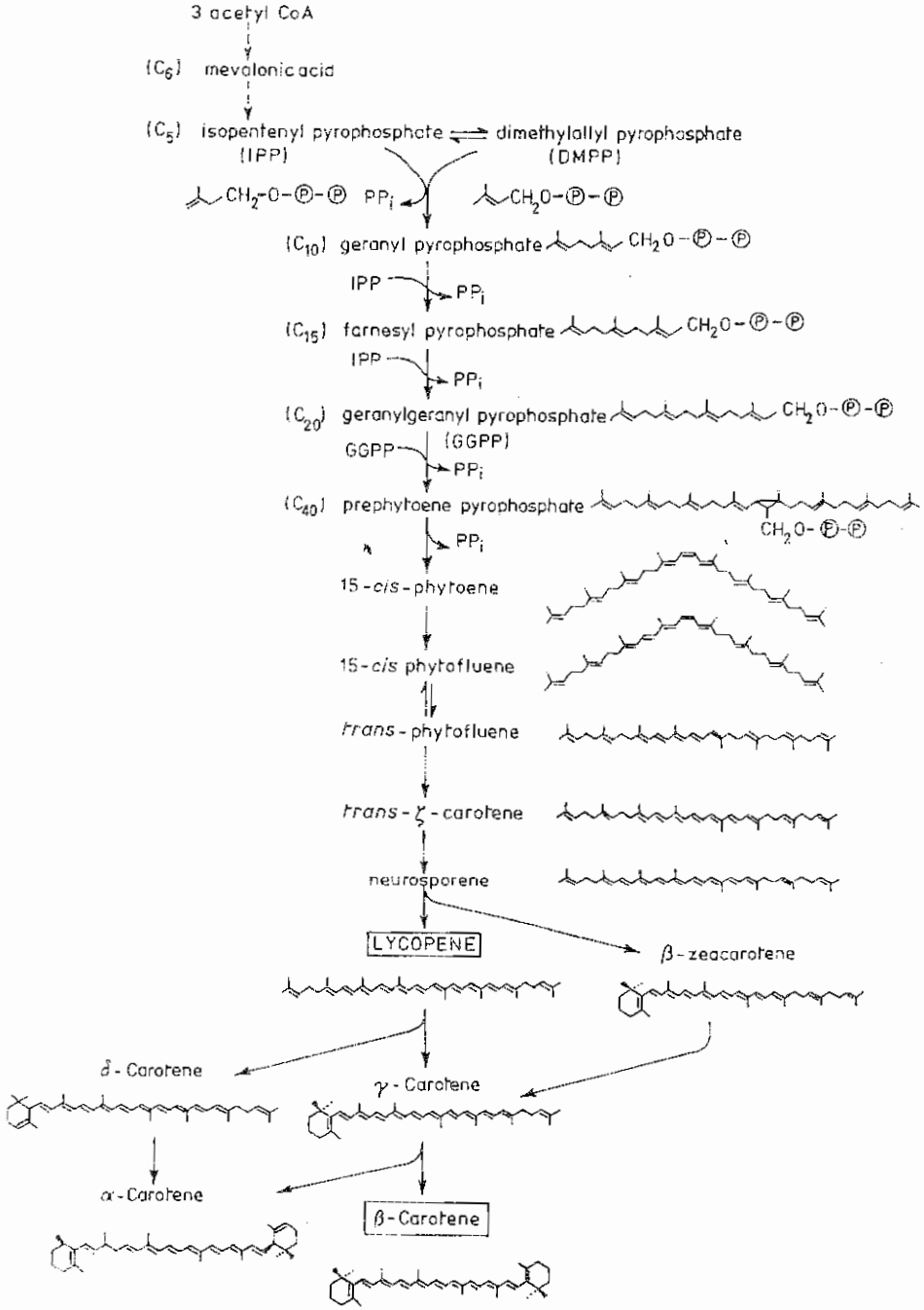
| العـــروة | متوسط وزن الثمرة بالجرام من أصناف . | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Castlong | E 6203 | Peto 86 | Uc 82 |
| الصيفية | ٥١,٩ | ٦٢ ٥ | ٦٤,٤ | ٥٢,٥ |
| الخريفية | ٢٠,٥ | ٢٧,٣ | ٢٩,٢ | ٢٧,٨ |
| الشتوية | ٦٣,٧ | ٧٣,١ | ٥٩,٤ | ٤٦,٩ |

## لون الثمار :

يرجع اللون الأحمر لثمار الطماطم لاحتوائها على صبغة الليكوبين lycopene الحمراء . كما تحتوى الثمار أيضًا على صبغة البيتا كاروتين B- carotene الصفراء ، والتى تتحول فى جسم الإنسان إلى فيتامين أ . ويتوقف لون الثمرة على التركيز النسبى للصبغتين . ففى الطماطم الحمراء العادية لايظهر أى تأثير لصبغة الكاروتين بالرغم من وجودها ، وذلك لأن تركيزها لايكون بالقدر المؤثر على صبغة الليكوبين ذات اللون الأحمر . ويقل تركيز الليكوبين نوعًا ما فى أصناف الطماطم الوردية اللون pink . أما الأصناف ذات الثمار القرمزية اللون crimson ، فإنها تتميز باحتوائها على نسبة أعلى من الليكوبين ، ونسبة أقل من صبغة الكاروتين عن الأصناف الحمراء العادية ( عن Thompson وآخرين ١٩٦٧ ) . وتختفى صبغة الليكوبين تمامًا فى كل من الأصناف ذات الثمار الصفراء والبرتقالية اللون ، بينما يزداد تركيز البيتا كاروتين إلى نحو ١٠ أضعاف التركيز العادى فى الأصناف البرتقالية عنه فى الأصناف الصفراء .

وتحتوى الجدر الثمرية على نسبة أعلى من الليكوبين إلى الكاروتين عما فى المساكن ، لذا يظهر المقطع العرضى بلون أفضل فى الثمار ذات المساكن الصغيرة ( Magoon ١٩٦٩ ) .

ويوضح شكل ( ٧ – ١ ) كيفية تمثيل الليكوبين ، والصبغات الكاروتينية المختلفة فى الطماطم .




**شكل ( ٧ – ١ ) :** كيفية تمثيل الليكوبين والصبغات الكاروتينية فى الطماطم ( عن Grierson & Kader ١٩٨٦ ) .

## العوامل المؤثرة على لون الثمار :

يتأثر لون الثمار بالعوامل التالية :

١ – درجة الحرارة :

يتأثير تلوين الثمار بدرجة الحرارة السائدة أثناء النضج سواء أكان ذلك فى الحقل ، أم فى المخزن . فلا تتلون الثمار جيدًا إذا انخفضت درجة الحرارة عن ١٣°م ، نظرًا لأن تحلل الكلوروفيل يتوقف فى هذه الظروف ، وتبقى الثمار خضراء اللون . وإذا استمر تعرض الثمار لدرجات حرارة أقل من ١٣°م لفترة طويلة ، فإنها لاتتلون بصورة جيدة عند ارتفاع درجة الحرارة فيما بعد . وأفضل درجة حرارة لتكوين الليكوبين هى ٢٤°م . ومع ارتفاع درجة الحرارة عن ذلك يقل تكوين الليكوبين ثانية إلى أن يتوقف تكوينه نهائيًا فى درجة حرارة ثابتة مقدارها ٣٠°م ، أو أعلى من ذلك ، لكن يستمر تكوين الصبغات الصفراء ( البيتاكاروتين ، والألفاكاروتين ، والجاما كاروتين ، وغيرها من الصبغات الكاروتينية الصفراء اللون ) فى درجات الحرارة المرتفعة ، وبذلك يكون لون الثمار أحمر مصفرًا . وتكون هذه الثمار بصورة طبيعية إذا انخفضت درجة الحرارة إلى المجال المناسب للتلوين ، والذى يتراوح بين ٢٠ – ٢٤°م . ومع أن درجة الحرارة قد ترتفع عن ٣٠°م لفترة قصيرة بعد الظهر ، إلّا أن ذلك لايؤثر بالضرورة على تلوين الثمار ، وذلك لأن انخفاض درجة الحرارة ليلًا يعادل التأثير الضار لارتفاع درجة الحرارة نهارًا ، كما أنها تظلل بالنمو الخضرى غالبًا .

٢ – شدة الضوء :

تزداد كمية الكاروتين فى الثمار المتعرضة للضوء أثناء نضجها ، عنها فى الثمار التى تنضج فى الظلام . ويعنى ذلك أن الثمار التى تقطف وهى فى طور النضج الأخضر ، وتخزن لحين نضجها تكون أقل فى محتواها من الكاروتين . ومع أن ثمار الطماطم تتلون باللون الأحمر عند نضجها ، سواء أنضجت فى الضوء أم فى الظلام ، إلّا أن تلوينها فى المخازن يكون بصورة أفضل إذا عرضت للضوء أثناء نضجها ( Nettles وآخرون ١٩٥٥ ) .

ويؤدى تعرض الثمار لضوء الشمس القوى المباشر إلى إصابتها بلسعة الشمس ، حيث ترتفع درجة الحرارة فى الأنسجة المعرضة للضوء القوى عن ٣٠°م ، ويتوقف فيها التلوين ، كما يفقد منها الكلوروفيل ، وبذا تصبح بيضاء اللون . وتزداد حدة هذه الحالة إذا تعرضت الثمار لأشعة الشمس القوية بصورة فجائية – وهو ما يحدث عند قلب النباتات أثناء الحصاد ، أو تعديلها بغرض العزق – حيث تتعرض الثمار السفلية التى كانت مغطاة بالنموات الخضرية لأشعة الشمس القوية بصورة فجائية ، فتصاب غالبًا بلسعة الشمس . ولذا .. فمن الضرورى أن تعاد النباتات إلى وضعها الطبيعى بعد الانتهاء من عمليتى الحصاد والعزق .

٣ – الصنف والعوامل الوراثية :

إن لون الثمرة صفة وراثية تختلف من صنف لآخر كما سبق بيانه فى هذا الجزء ، وفى الفصل الثالث كذلك . ويقوم مربو الخضر بدراسة معظم الطفرات المؤثرة على نضج ثمار الطماطم فى محاولة للاستفادة منها بإدخالها فى أصناف تجارية ذات صفات مرغوبة ومقبولة . وقد أمكن إدخال الجنيات المسئولة عن بعض هذه الطفرات فى بعض الأصناف التجارية ، بينما لايزال أغلبها قيد الدراسة . ولبعض هذه الطفرات تأثير بالغ على اللون الداخلى ، والخارجى للثمار ، وسرعة نضجها ، ومدة احتفاظها بصلابتها . ويُبيّن جدول ( ٧ – ٢ ) قائمة بهذه الطفرات ، وتأثيرها على نضج الثمار .

**جدول ( ٧ – ٢ )** : الطفرات المؤثرة على نضج ثمار الطماطم ( عن Grierson & Kader ١٩٨٦ ) .

| اسم ، أو وصف الطفرة | الجين | تأثير الطفرة على نضج الثمار |
|---|---|---|
| مانع النضج ripening inhibitor | *rin* | لايكتمل نضج الثمار حيث تصبح صفراء اللون ، وتفقد صلابتها ببطء شديد . لايوجد بها نشاط يذكر ، لإنزيم البولى جالاكتيورونيز polygalacturonase ، ولاتظهر بها أية دلالة على الكلايمكتيرك ، فلا يحدث أى ارتفاع فى معدل التنفس ، أو فى تمثيل الإيثيلين . تفتقر الثمار إلى الطعم الطبيعى للطماطم ، وتخزن لفترة طويلة جدًّا . |
| عدم النضج non-ripening | *nor* | يماثل الجين *rin* فى تأثيره ، إلّا أن اللون النهائى للثمار يكون برتقاليًّا شاحبًا . |
| لاتنضج أبدًا never- ripe | *Nr* | تكون الثمار « الناضجة » برتقالية ، وتفقد صلابتها ببطء . يقل بشدة تمثيل الليكوبين وإنزيم البولى جالاكتيورونيز ، وتخزن الثمار لفترة طويلة جدًّا . |
| اللب الأخضر green flesh | *gf* | تأخذ الثمار الناضجة لونًا أحمر ضاربًا إلى البنى ، وذلك لأن تحلل وفقد الكلوروفيل لايكون كاملًا . وفيما عدا ذلك فالثمار طبيعية . |

تابع جدول ( ٧ – ٢ ) :

| اسم ، أو وصف الطفرة | الجين | تأثير الطفرة على نضج الثمار |
|---|---|---|
| ألكوباكا alcobaca | *alc* | طعم الثمار قريب من الطعم الطبيعى . تزيد المقدرة على التخزين كثيرًا لأنها تفقد صلابتها ببطء شديد ، ويحتمل أن يكون ذلك بسبب ضعف نشاط إنزيم البولى جالاكتيورونيز. يقل إنتاج الإيثيلين والتنفس فى الثمار التى تقطف وهى خضراء ناضجة ، ولايزيد التلوين فيها عن اللون الأصفر . |
| التخزين لمدى طويل long keeper | ( على الكروموسوم العاشر ) | تتلون الثمار الناضجة بلون أحمر ضارب إلى الذهبى أو البرتقالى . ويقل نشاط إنزيم البولى جالاكتيورونيز ، وتمثيل المواد الكاروتينية بشدة ، وتفقد الثمار صلابتها ببطء شديد ، وتخزن لفترة طويلة جدًّا . |
| التانجرين tangerine | *t* | يتلون لب الثمار بلون تانجرين بسبب وجود صبغة البروليكوبين prolycopene ، بدلًا من صبغة الليكوبين lycopene . وفيما عدا ذلك تكون الثمار طبيعية . |
| النضج المتجانس uniform ripening | *u* | يؤدى هذا الجين إلى غياب اللون الأخضر الداكن من أكتاف الثمار غير الناضجة ، وإلى تلونها بلون يماثل لون باقى الثمرة . |

## صلابة الثمار

تختلف أصناف الطماطم كثيرًا فى درجة صلابتها . ويمكن على سبيل المثال تدريج بعض أصناف الطماطم حسب صلابة ثمارها كما يلى :

سيفيريانين Severianin : ضعيفة جدًا – بيرل هاربور Pearl Harbour : ضعيفة – معظم أصناف الاستهلاك الطازج القديمة ، مثل أيس Ace مقبولة – فى إف ١٤٥ – بى – ٧٨٧٩ VF 145- B- 7879 : متوسطة – معظم أصناف التصنيع القديمة ، مثل روما إف Roma VF ، وهجن الاستهلاك الطازج الحديثة ، مثل كارميللو Carmello : جيدة – معظم أصناف التصنيع الحديثة ، مثل يوسي ٨٢ UC 82 : جيدة جدا – بعض أصناف التصنيع الحديثة مثل كاستل روك Castle Rock ، وكاستل ستيل Castle Steel : ممتازة .

وتكون ثمار جميع الأصناف صلبة وهى خضراء ، ثم تبدأ ظهور الأختلافات بينها فى الصلابة أثناء نضجها ، وتزداد تدريجيًا حتى وصولها إلى طور النضج الأحمر التام ، كما يستمر ظهور الاختلافات بينها بعد ذلك أيضًا فى مرحلة النضج الزائد over ripening فمثلًا تكون ثمار الصنف سيفيريانين جيدة الصلابة وهى خضراء ، ثم تفقد صلابتها تدريجيًا أثناء تقدمها فى النضج حتى تصبح طرية عند وصولها إلى طور النضج الأحمر ، وتهتك من أقل ضغط عليها . وبالمقارنة .. نجد أن صنفًا متوسط الصلابة مثل : فى إف ١٤٥ - بى – ٧٨٧٩ تحتفظ ثماره بصلابتها لفترة قصيرة – فى درجة حرارة الغرفة – وهى فى طور النضج الأحمر ، أما الأصناف العالية الصلابة ، مثل : يوسي ٨٢ ، وبتيو ٨٦ Peto 86 ، فإنها تحتفظ بصلابتها لفترة تصل إلى ٣ أسابيع فى درجة حرارة الغرفة وهى فى طور النضج الأحمر .

## فسيولوجيا صلابة الثمار ، وطبيعة الاختلافات بين الأصناف :

ثبت من الدراسات التشريحية أن خلايا الجدر الثمرية تكون صغيرة ومندمجة فى الأصناف ذات الثمار الصلبة عما فى الأصناف ذات الثمار الأقل صلابة . وتظهر هذه الاختلافات فى أطوار النضج الأخضر ،والوردى ،والأحمر ، لكن يزداد حجم الخلايا ، ويقل اندماجها فى جميع الأصناف مع تقدمها فى النضج ( Radwan وآخرون ١٩٧٩ ) . وربما يعلل ذلك الارتباط الموجب الذى وجد بين صلابة الثمار ، وكثافتها النوعية ( Amais ١٩٧١ ) .

وقد وجد ارتباط موجب آخر بين صلابة الثمار ، ومحتواها من المواد غير القابلة للذوبان فى الكحول Alcohol Insoluble Solids ( تختصر هكذا : AIS ) والتى من أهمها المركبات التالية :

Soluble polysoccharides

Polygalacturonides

Water- insoluble polysaccharides

Acid hydrolysed polysaccharides

وجميع المركبات غير القابلة للذوبان فى الكحول ، هى مركبات بكتينية وسيليلوزية تؤدى إلى زيادة لزوجة العصير ، والمعجون ( الصلصة ) ، والكاتشب ، وغيرها من منتجات الطماطم . لذا .. يلاحظ وجود ارتباط آخر بين صلابة الثمار ، ولزوجة العصير .

ويوجد ارتباط سالب بين محتوى الثمار من المواد غير القابلة للذوبان فى الكحول ( AIS ) ، والمواد الصلبة الذائبة الكلية Total Soluble Solids ( تختصر هكذا : TSS ) . ونظرًا لكون ثمار أصناف التصنيع صلبة وغنية فى المواد غير القابلة للذوبان فى الكحول ، لذا نجد أن محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية أقل عما فى أصناف الاستهلاك الطازج . وبالرغم من إمكانية تربية إصناف غنية فى كل من المواد غير القابلة للذوبان فى الكحول ، والمواد الصلبة الذائبة الكلية ، إلّا أن ذلك يصاحب بانخفاض فى المحصول ، لأن مقدرة النبات على إنتاج المادة الصلبة محدودة ، وذلك أمر غير مقبول فى أصناف التصنيع التى ينبغى أن يكون محصولها عاليًا حتى تنخفض أسعار الطماطم الموردة للمصانع ، وتنخفض بذلك تكاليف المنتجات المصنعة ، فتكون منافسة للطماطم الطازجة ( عن Stevens ١٩٧٩ ) .

وتفقد الثمار صلابتها أثناء نضجها بفعل التغيرات الإنزيمية التالية فى المركبات البكتينية :

١ -- تلتصق خلايا الثمار غير الناضجة بشدة بواسطة مادة البروتوبكتين Protopectin التى تتوفر فيها .

٢ – يتحول البروتوبكتين إنزيميًّا أثناء نضج الثمار إلى بكتين Pectin بفعل إنزيم بروتوبكتينيز ، كالتالى :

$$\text{Protopectin} \xrightarrow{\text{Protopectinase}} \text{Petin}$$

ويعتبر البكتين أقل قدرة على لصق الخلايا من البروتوبكتين .

٣ – يتحول البكتين إنزيميًّا مع استمرار نضج الثمار إلى مركبات أخرى ، مثل : الأحماض البكتينية pectic acids بفعل إنزيمات البكتينيز Pectinase ، وبولى جالاكتيورونيز Polygalacturonase ، وبكتين – إستريز Pectin- esterase كالتالى :

$$\text{Pectin} \xrightarrow{\text{Polygalacturonase}} \text{smaller pectinic molecules small Pectinic molecules} \xrightarrow{\text{Pectin- esterase}} \text{Pectic Acids}$$

ويرجح أن تحلل المواد البكتينية يضعف الشبكة المعقدة للمركبات العديدة التسكر فى الجدر الخلوية ، مما يؤدى إلى ضعف الاتصال بين الخلايا وفقد الصلابة بالتالى ( Gould ١٩٧٤ ) . وتحدث هذه التغيرات فى المواد البكتينية فى جميع الأصناف سواء أكانت صلبة ، أم غير صلبة ( Malis- Arad وآخرون ١٩٨٣ ) ، إلّا أن بعض سلالات التربية [ سلالات فى طور التربية ، ولم تطرح بعد كأصناف تجارية ] تحتوى على جينات توقف ، أو تثبط بعض هذه التفاعلات الإنزيمية ، مما يترتب عليه عدم فقد الثمار لصلابتها ، واستمرارها بحالة صلبة لعدة أشهر كما فى السلالات المحتوية على

جنيات *rin* ، و *nor* ، و *alc* ، والتى سبق تفاصيلها فى جدول ( ٧ – ٢ ) . ويعمل مربو الطماطم على إدخال هذه الجنيات فى أصناف تجارية مقبولة .

## لزوجة العصير :

ترتبط لزوجة vescosity عصير ثمار الطماطم إيجابيًا بكل من صلابة الثمار ، ومحتوى العصير من المركبات غير القابلة للذوبان فى الكحول كما سبق بيانه . ويعد هذا الارتباط عاليًا بالقدر الذى يكفى للانتخاب لصفة اللزوجة العالية بانتخاب الثمار الصلبة ( Stevens ١٩٧٩ ) . وتشكل المركبات عديدة التسكير غير الذائبة نحو ٠,٧٪ من عصير الطماطم ، ويتكون نصفها تقريبًا من البكتينات pectins ، والأرابينو جالاكتانات arabinogalactans ، ويتكون نحو ربعها من الزيلانات xylans ، والأرابينوزيلانات arabinoxylans ، وحوالى ربعها من السيليلوز .

وقد قسَّم Stevens & Paulson ( ١٩٧٦ ) المركبات غير القابلة للذوبان فى الكحول من حيث مدى ارتباطها مع لزوجة العصير كما يلى :

١ – مركبات ترتبط بشدة بلزوجة العصير ، وهى البولى جالاكتيورونيدات Polygalacturonides .

٢ – مركبات أقل ارتباطًا بلزوجة العصير ، ولكنها تؤثر عليه ، خاصة فى التركيزات العالية ، وهى :

Water insoluble polysaccharides

Petinol- solubilized polysaccharides

٣ – مركبات ليس لها تأثير يذكر على لزوجة العصير ، وهى :

Complex polysaccharides

Water soluble polysaccharides

## المركبات القابلة للتطاير :

لقد أمكن التعرف على أكثر من ١١٨ مركبًا قابلًا للتطاير Volatile Compounds فى عصير الطماطم ، منها نسبة عالية من الألدهيدات ، والكيتونات ، والكحولات ، وبعض الإسترات ، مثل :

n- hexanol

trans- 2 - hexen -1- al

farnesylacetone

methyl salicylate

eugenol

6- methylhept -5- en -2- one

citral

geranylacetone

2- isobutyl thiazole

B- ionone

hex- cis -3- enal

deca- trans, trans- 2, 4- dienal

رمع كثرة المركبات القابلة للتطاير الموجودة فى عصير الطماطم ، لم ترتبط أى منها بالنكهة المميزة للثمار باستثناء المركبات الأربعة الأخيرة ، التى كان لها دور كبير نسبيًّا فى إعطاء الثمار لنكهتها المميزة . ( Stevens ، ١٩٧٢ Gould ، ١٩٧٤ Stevens وآخرون ١٩٧٧ ) .

## المواد الصلبة الذائبة الكلية :

تتراوح نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فى أصناف الطماطم التجارية بين ٣ – ٧٪ ، بينما تبلغ نسبة المواد الصلبة غير الذائبة نحو ١٪ ، وهى تتكون من البذور وجلد الثمرة . وقد أثبتت إحدى الدراسات أن نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية قد تراوحت من ٤,١ إلى ٨,٩٪ فى ١٧٥ سلالة من الطماطم ، ومن ٤,٩ إلى ٩,٢٪ فى ٢٥ سلالة من النوع البرى *L. pimpinellifolium* ( عن Seelig ١٩٧٠ ) . ويُبيّن جدول ( ٧ – ٣ ) نسبة المكونات الذائبة فى ثمرة الطماطم على أساس الوزن الجاف .

تتراوح نسبة السكريات الكلية فى ثمرة الطماطم من ٢,١٩ إلى ٣,٥٥٪ على أساس الوزن الطازج . وتشكل السكريات المختزلة نحو ٥٠ إلى ٦٠٪ من المواد الصلبة الذائبة الكلية ، وهى تتكون من الجلوكوز والفراكتوز . ويوجد الفراكتوز دائمًا بكميات أكبر من الجلوكوز . ويوجد السكروز أيضاً فى ثمار الطماطم ، إلّا أن نسبته نادرًا ماتزيد عن ٠,١٪ من الوزن الطازج فى الأصناف التجارية . ولا ينطبق ذلك على الأنواع البرية التى قد تصل نسبته فى بعضها إلى ٣٪ . وتحتوى الثمار الخضراء على نسبة منخفضة من النشا ، ويزداد انخفاضها تدريجيًّا إلى أن تصل إلى الصفر فى الثمار الناضجة ( عن Gould ١٩٧٤ ) . وقد وجدت علاقة موجبة بين نسبة النشا فى الثمار الخضراء ، ونسبة المواد الصلبة الذائبة فى الثمار الناضجة ( Dinar & Stevens ١٩٨١ ) .

**جدول ( ٧ – ٣ )** : تفاصيل مكونات ثمرة الطماطم على أساس الوزن الجاف ( عن Grierson & Kader ١٩٨٦ ) .

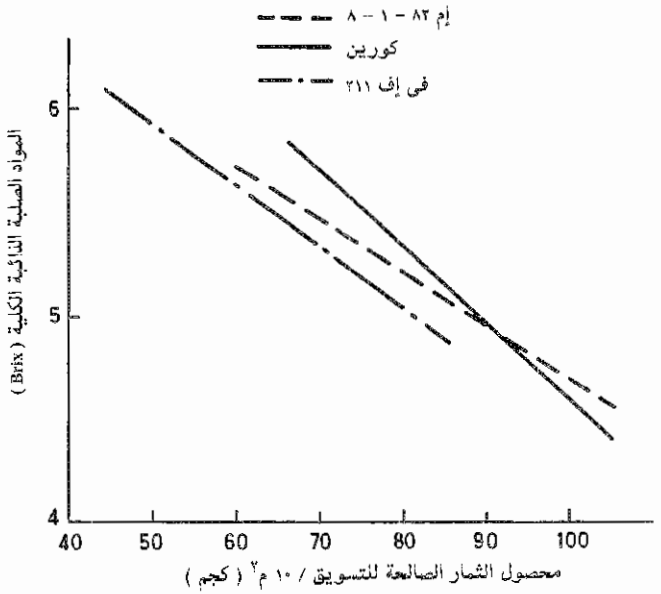
| المركـــب أو المـــادة | النسبة المئويـة |
|---|---|
| السكريات : | |
| الجلوكوز | ٢٢ |
| الفراكتوز | ٢٥ |
| السكروز | ١ |
| المواد غير القابلة للذوبان فى الحكول : | |
| البروتين | ٨ |
| المواد البكتينية | ٧ |
| الهيميسيليلوز | ٤ |
| السيليلوز | ٦ |
| الأحماض العضوية : | |
| حامض الستريك | ٩ |
| حامض الماليك | ٤ |
| العناصر : | |
| ( تتكون أساسًا من البوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والفوسفور ) | ٨ |
| مركبات أخرى : | |
| الدهون | ٢ |
| الأحماض الأمينية ثنائية الكربوكسيل Dicarboxylic amino acids | ٢ |
| الصبغات | ٠,٤ |
| حامض الأسكوربيك | ٠,٥ |
| المركبات القابلة للتطاير Volatiles | ٠,١ |
| أحماض أمينية أخرى وفيتامينات وبولى فينولات | ١,٠ |

**العوامل المؤثرة على نسبة المواد الصلبة الذائبة ، والصفات النباتية المرتبطة بها :**

١ – يتناسب محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية عكسيًّا مع المحصول فى الصنف الواحد ( شكل ٧ – ٢ ) وفى الأصناف المختلفة ، ويبلغ معامل الارتباط بينهما – ٠,٩٤٧ . ويعنى ذلك أن العوامل المؤدية إلى زيادة المحصول ، مثل توفر الرطوبة الأرضية – هى نفسها المؤدية فى الوقت ذاته إلى نقص نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية ، إلّا أن الأصناف تختلف فى مدى تأثرها بالرطوبة الأرضية . ويعد النصف بيتو ٨١ Peto 81 ومن أكثر الأصناف تأثرًا بذلك . ويجب توقيت موعد الريّات الأخيرة دائما ، بحيث لاتؤثر سلبيًّا على نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية . كما يعنى الارتباط أن نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية تقل فى أصناف التصنيع العالية المحصول ، مثل يوسي ٨٢ وبيتو ٨٦ عما فى أصناف الاستهلاك الطازج الأقل محصولًا ، مثل أيس ومارمند .

٢ – تزداد نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية بازدياد نضج الثمار .

٣ – ترتبط نسبة المواد الصلبة الذائبة الكية سلبيًّا مع معامل الحصاد Harvest index ، وإيجابيًّا مع المساحة الكلية لأوراق النبات ( Hewitt & Stevens ١٩٨١ )




**شكل ( ٧ – ٢ )** : العلاقة بين كمية المحصول ، ومحتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية فى ثلاثة أصناف من الطماطم ( عن Geinsberg & Stewart ١٩٨٦ ) .

## الحموضة المعايرة :

تقدر الحموضة المعايرة فى عصير الطماطم بحساب عدد ملليلترات أيدروكسيد الصوديوم العشر أساسية ( O.1 N ) ، واللازمة لمعادلة ١٠ مل من راشح العصير مع استعمال دليل الفينولفثالين phenolphthalein ( Porter ١٩٦٠ ) . وترجع الاختلافات بين أصناف الطماطم فى حموضتها المعايرة إلى اختلافها فى محتوى ثمارها من الأحماض العضوية .

يعتبر حامض الستريك citric acid من أهم الأحماض العضوية ، حيث يشكل نحو ٤٠ – ٩٠٪ من المحتوى الكلى للعصير من الأحماض العضوية . وتتوقف نسبته الفعلية على الصنف ، والظروف البيئية ، ودرجة نضج الثمار ، والمعاملات التالية للحصاد . ويليه فى الأهمية حامض الماليك Malic Acid ، والذى يوجد بنسبة ٥ – ٦٠٪ من تركيز حامض الستريك حسب الصنف ، بينما توجد بقية الأحماض العضوية بتركيزات منخفضة جدًّا ، ومن أمثلتها حامض الجالاكترونك الذى يزداد تركيزه مع نضج الثمار إلى أن يصل إلى أعلى مستوى له فى الثمار الزائدة النضج over-ripe ، والذى ينتج بسبب تحلل البكتينات ، وحامض بيروليدون – كاربوكسيلك pyrrolidone-carboxylic الموجود بتركيز منخفض للغاية ، وربما ينتج هذا الحامض من تحلل حامض الجلوتامنك glutaminc ، أو حامض الجلوتامك glutamic . ويعد الأخير من أكثر الأحماض الأمينية تركيزاً فى ثمار الطماطم . ومع أن الطماطم تعد من الخضر الغنية بحامض الأسكوربيك ascorbic acid ( فيتامين جـ ) ، حيث يوجد بتركيز يتراوح من ١٠ – ٣٥ ملليجرام ٪ ، إلّا أن تأثيره على الحموضة المعايرة ضعيف ( Stevens & Long ١٩٧١ ) . ويُبيّن جدول ( ٧–٤ ) تركيز الأحماض العضوية المختلفة فى عصير الطماطم الطازج . وتتأثر الحموضة المعايرة بدرجة نضج الثمار ، فتزداد تدريجيًّا مع النضج إلى أن تصل إلى أعلى مستوى لها عند بدء التلوين ، ثم تقل تدريجيًّا بعد ذلك حتى تصل إلى أقل مستوى لها فى الثمار الزائدة النضج ( Stevens ١٩٧٢ ) .

وتتأثر حموضة ثمار الطماطم بالتسميد البوتاسى ، حيث وجدت علاقة طردية مباشرة بين تركيز البوتاسيوم فى الأوراق ، والحموضة المعايرة فى الثمار ( عن Adams ١٩٨٦ ) .

## رقم الحموضة ( الـ pH ) :

يُعد الـ pH دليلًا أفضل للحموضة المعايرة . ويجب أن يكون pH العصير أقل من ٤,٤ ، وذلك لتجنب المشاكل التى تحدثها الكائنات المحبة للحرارة thermophyllic organismis ، لأن ارتفاع رقم الـ pH عن ذلك يتطلب زيادة درجة حرارة التعقيم ، وزيادة مدته للتخلص من هذه الكائنات ، ويترتب على ذلك خفض نوعية المنتج المُصنّع ، وزيادة تكاليفه ( عن Stevens ١٩٧٢ ) . وقد ثبت أن البكتيريا *Clostridium botulinum* المسببة للتسمم البوتشيلينى يمكنها النمو ، وإنتاج السموم فى الأغذية التى يكون رقم حموضتها ٤,٨ ، أو أعلى ، بما فى ذلك منتجات الطماطم .

جدول ( ٧ – ٤ ) : تركيز الأحماض العضوية المختلفة فى عصير الطماطم الطازج ( عن Gould ١٩٧٤ ) .

| الحـــامض | التركيز ( ملى مكافىء/ لتر ) |
|---|---|
| ستريك citric | ٦٠,٩٢ |
| ماليك malic | ٣,٧٢ |
| لاكتيك lactic | ١,٣٧ |
| ألفاكيتو جلوتورك alphaketoglutoric | ١,١٠ |
| أسيتيك acetic | ١,٠٦ |
| بيروليدون – كاربوكسيلك pyrolidone- carboxylic | ٠,٨١ |
| صكنك succinic | ٠,٦٠ |
| أحماض عضوية غير معروفة | ٠,١٧ |

وقد ظهر فى دراسة أجريت على ٥٨ صنفًا من الطماطم أن رقم الحموضة لم يكن عاليًا فى أى منها بالدرجة التى تسمح بنمو بكتيريا التسمم البوتشيلينى ، برغم أختلافها كثيرًا فى رقم الحموضة ( عن Sapers وآخرين ١٩٧٧ ) ، إلّا أن دراسة أخرى أجريت على ١٦ صنفًا ، أظهرت أن ثمار الأصناف : أيس Ace ، وجاردن ستيت Garden State كانت أعلاها فى رقم الحموضة ، وأن الـ pH كان أعلى من ٤,٨ فى ٢٥٪ من عينات الصنف الأخير ( Sapers وآخرون ١٩٧٨ ) .

ونظرًا لأهمية رقم الـ pH بالنسبة لطماطم التصنيع ، فقد قام Sapers وآخرون ( ١٩٧٧ ) بدراسة موسعة على ثمار ٣٥٦ صنفًا ، و ٢١٢ سلالة تربية مجموعة من ٥٧ منطقة فى ٢٣ ولاية أمريكية . وقد تراوح مدى الـ pH فى هذه الدراسة من ٤,١٦ فى الصنف والتر Walter إلى ٤,٥٤ فى الصنف أيس ٥٥ في إف Ace 55 VF ، بالإضافة إلى حالات قليلة كان فيها الـ pH ٤,٧ ، أو أعلى قليلًا ، وكان ذلك فى أصناف خاصة من مناطق معينة كانت فيها العينات زائدة النضج . وقد تَبيَّن من هذه الدراسة مايلى :

١ – لم يحدث تغير ثابت فى pH عصير ثمار أصناف الطماطم المنتجة خلال الـ ٢٥ عامًا السابقة للدراسة ، ( أجريت الدراسة عام ١٩٧٦ ) ، فكان pH الأصناف الجديدة اكبر أو أقل من الأصناف القديمة .

٢ – لوحظ أن ثمار الأصناف ذات الـ pH المرتفع نسبيًّا كانت تميل للشكل الكروى ، أو الكروى المضغوط ، مثل : أيس ٥٥ في إف Ace 55 VF ، وجاردن ستيت Garden State ، وبج جيرل Gig Girl . وقد ازداد الـ pH فيها عن ٤,٦ ، إلّا أنه لم يصل إلى ٤,٨ .

٣ – لوحظ ارتفاع نسبى فى pH ثمار أصناف التصنيع ذات الثمار المربعة الدائرية squard round ، والكمثرية ، والمطاولة .

٤ – لم يكن الـ pH مرتفعًا فى الأصناف ذات الثمار الصفراء ، أو البرتقالية .

ويتأثر رقم الحموضة فى عصير الطماطم بالعوامل التالية :

١ – يبلغ رقم الحموضة أقل مستوى له عند بدء تلوين الثمار ، ويزداد تدريجيًا مع النضج حتى أن يصل إلى أقصى مستوى له فى الثمار الزائدة النضج .

٢ – ينخفض الـ pH فى حالة موت النموات الخضرية قبل الحصاد .

٣ – ينخفض الـ pH فى حالة إصابة الثمار بقطر الالترناريا *Alternaria* ، أو الأنثراكنوز *Anthracnose* ولا يبدو أن الـ pH يتأثير كثيرًا بالعوامل البيئية والزراعية ، أو بالتسميد كما تتأثر الحموضة المعايرة ، كما لم يلاحظ أى ارتباط يذكر بين الـ pH ، والحموضة المعايرة ( porter ١٩٦٠ ، Sapers وآخرون ١٩٧٧ و ١٩٧٨ ) .

يُقدّر pH الثمار بأخذ عينة تتراوح من ١٠ – ٢٠ ثمرة ، تقطع كل منها إلى ٤ أجزاء ، ثم توضع فى خلاط على سرعة عالية لمدة دقيقتين ، ثم يقدر الـ pH فى المخلوط بواسطة جهاز pH meter ذى تدريج دقيق مع استخدام منظم buffer ذى pH قدره ٤,٨ .

## المذاق ونسبة السكريات إلى الأحماض :

تتأثر نكهة الطماطم بالمركبات القابلة للتطير كما سبق بيانه ، أما المذاق ، فيتأثر أساسًا بنسبة السكريات إلى الأحماض ، علمًا بأن النكهة يتم الإحساس بها عن طرق الأنف ، أما المذاق ، فيكون الإحساس به عن طريق الفم . وقد وجد أن أفضل طعم للطماطم يكون فى الثمار التى لاتقل فيها نسبة السكريات إلى الأحماض عن ١٠ : ١ ، بشرط ألا تقل نسبة السكريات عن ٣٪ ، ويعنى ذلك ألا تقل نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية عن ٥٪ . ويقصد بنسبة الأحماض الحموضة المعايرة كنسبة مئوية من حامض الستريك . ويختلف الدور النسبى للسكريات والأحماض المختلفة فى التأثير على مذاق ثمرة الطماطم ، فلكل من الفراكتوز وحامض الستريك دور أكبر فى هذا الشأن بالمقارنة بالجلوكوز وحامض الماليك .

ويتحسن مذاق ثمرة الطماطم كلما ازدادت نسبة أنسجة المساكن locular tissue إلى الجدر الثمرية اللحمية pericarp ، بشرط ارتفاع نسبة كل من السكريات والأحماض . ويرجع ذلك إلى التأثير الكبير لنسبة المساكن إلى الجدر الثمرية على المتوسط العام لنسبة السكريات إلى الأحماض فى الثمرة . ففى دراسة أجريت على ٧ أصناف من الطماطم تراوحت فيها نسبة أنسجة المساكن من ١٤,٤ إلى

٠,٣٥٪ من وزن الثمرة ، وقورن فيها تركيز السكريات والأحماض فى أنسجة المساكن بتركيزها فى الجدر الثمرية ( Stevens وآخرون ١٩٧٧ ) ، وجد مايلى :

١ – كانت السكريات المختزلة أعلى بنسبة ٢٠٪ فى الجدر الثمرية عنها فى المساكن .

٢ – كان الجلوكوز أعلى بنسبة ٣٨٪ فى الجدر الثمرية عنه فى المساكن .

٣ – تساوى تركيز كل من الفراكتوز ، والمواد الصلبة الذائبة الكلية فى كل من الجدر الثمرية والمساكن .

٤ – كانت الحموضة المعايرة أعلى بنسبة ٤٨٪ فى المساكن عنها فى الجدر الثمرية .

٥ – كان حامض الستريك أعلى بنسبة ٥٧٪ فى المساكن عنه فى الجدر الثمرية .

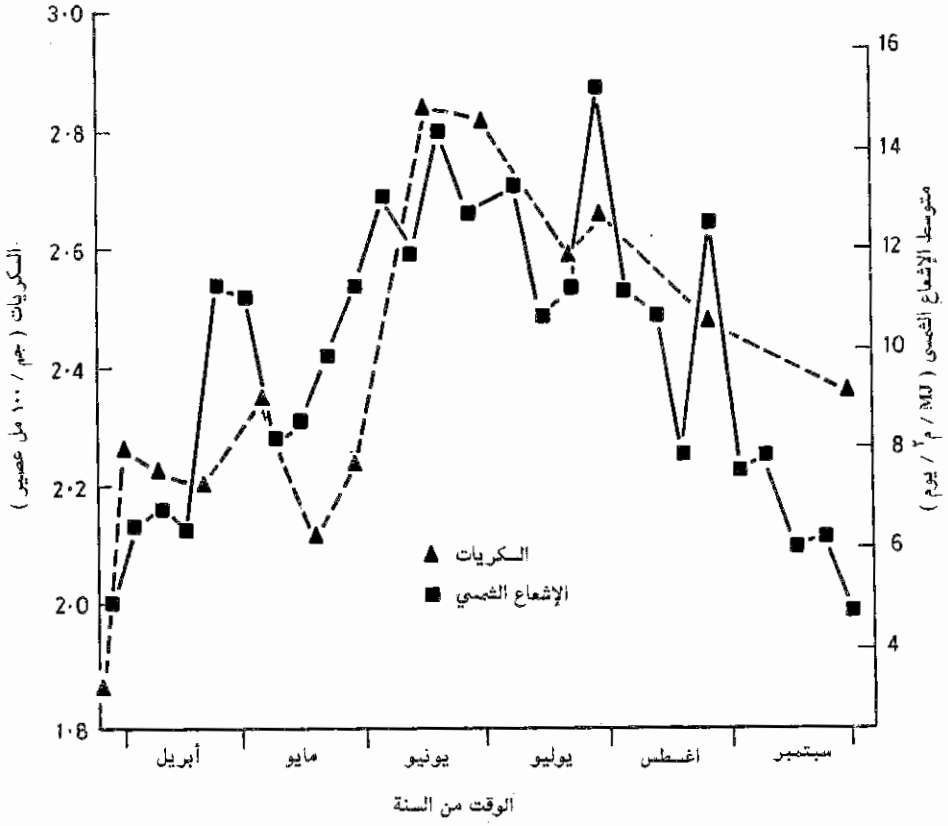
٦ – تساوى كل من الـ pH ، وتركيز حامض الماليك فى كل من الجدر الثمرية والمساكن .

ويعنى ذلك أن المذاق يكون أفضل فى الأصناف التى تحتوى ثمارها على نسبة عالية من المساكن ، مع ارتفاع محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية ، مثل أيس ، وفي إف ١٤٥ – بي – ٧٨٧٩ عما فى الأصناف التى تحتوى ثمارها على نسبة منخفضة من المساكن ، مثل يوسي ٨٢ .

وتتأثر نسبة السكر فى الثمار بكافة العوامل المؤثرة على نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية ، والتى سبق بيانها وبالإضافة إلى ذلك .. فإن نسبة السكر تتأثر بشدة وترتبط بالإشعاع الشمسى ، فتزيد بزيادته خلال شهور الصيف ، وتقل بنقصه خلال شهور الشتاء . ويتضح ذلك جليًا فى شكل ( ٧ – ٣ ) الذى يبين التغيرات فى كل من نسبة السكر فى الثمار ، ومعدلات الإشعاع الشمسى خلال الفترة من أواخر شهر مارس إلى نهاية شهر سبتمبر . وقياسًا على هذه الدراسة – التى أجريت فى إنجلترا – فإنه من المتوقع أن تزداد نسبة السكر عن ذلك فى المناطق التى تصل فيها شدة الضوء إلى معدلات أكبر مما هو مبين فى الشكل ، كما هى الحال فى المنطقة العربية .

## فيتامين جـ :

تعتبر الطماطم واحدة من الأغذية الرئيسية التى تمد الإنسان باحتياجاته اليومية من حامض الأسكوربيك ascorbic acid « فيتامين جـ » ، حيث يتراوح تركيزه فى الطماطم من ١٠ إلى ٣٥ ملليجرام فى كل ١٠٠ جم من الثمار الطازجة ( Matthews وآخرون ١٩٧٣ ، Radwan وآخرون ١٩٧٩ ) حسب الصنف ، والأحوال الجوية . ويزداد تركيز الحامض فى طرف الثمرة المتصل بالساق عنه فى وسط الثمرة ، أو فى طرفها الزهرى ، وذلك بسبب أن الطرف المتصل بالساق يكون أكثر تعرضًا للضوء عادة ، علمًا بأن تركيز الحامض يزداد فى الإضاءة القوية عنه فى الإضاءة




**شكل ( ٧ – ٣ ) :** العلاقة بين شدة الأشعة الشمسية ، ونسبة السكر فى الثمار ، والتغيرات فيهما خلال الفترة من مارس إلى سبتمبر ( عن Grierson & Kader ١٩٨٦ ) .

الضعيفة . ففى إحدى الدراسات أدى نقل نباتات الطماطم التى تحمل ثمارًا – من الظل إلى ضوء الشمس المباشر – إلى زيادة محتواها من حامض الأسكوربيك بنسبة ٦٦٪ . ولهذا السبب نجد أن تركيز الفيتامين يزداد فى العروات التى يسودها نهارا طويل ، وإضاءة قوية أثناء نضج الثمار ، كما يقل تركيزه عند زيادة التسميد الأزوتى المسبب لزيادة النمو الخضرى ، وتغطيته للثمار . ويكون تركيز الحامض أعلى فى طور نصف التلوين عما فى طـورى النضج الأخضر ، أو الأحمر .

## المراجـــع :


Adams, P. 1986. Mineral nutrition. *In* J.G. Atherton and J. Rudich (Eds) "The Tomato Crop" pp. 281-334. Chapman and Hall, London.

Anais, G. 1971. A practical method of selection for tomato fruit firmness. (In French). Annales de l'Amélioration des Plantes 21: 169-178.

Corella, P., J. Cuartero, F. Nuez and M. Baguena. 1986. Development time of parthenocarpic tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) fruits chemically and genetically induced. J. Hort. Sci. 61: 103-108.

Dinar, M. and M.A. Stevens. 1981. The relationship between starch accumulation and soluble solids content of tomato fruits, J. Amer. Soc. Hort Sci, 106: 415-418.

Geisenberg, C. and K. Stewart. 1986. Field crop management. *In* J.G. Atherton and J. Rudich (Eds) "The Tomato Crop" pp. 511-557. Chapman and Hall, London.

Gould, W.A. 1974. Tomato production, processing and quality evaluation. The AVI Pub. Co., Inc., Westport, Conn. 445.

Grierson, D. and A.A. Kader. 1986, Fruit ripening and quality. *In* J.G. Atherton and J. Rudich (Eds) "the Tomato Crop" pp. 241-280. Chapman and Hall, London.

Hewitt, J.D. and M.A. Stevens. 1981. Growth analysis of two tomato genotypes differing in total fruit solids content. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106: 723-727.

Magoon, C.E. 1969. Fruit & vegetable facts and pointers: Tomatoes. United Fresh Fruit and Vegetable Association, Alexandria, Virginia. 44p.

Malis-Arad, S., S. Didi, Y. Mizrahi and E. Kopeliovitch. 1983. Pectic substances: changes in soft and firm tomato cultivars and in non-ripening mutants. J. Hort. Sci. 58: 111-116.

Matthews, R.F., P. Crill and D.S. Burgis. 1973. Ascorbic acid content of tomato varieties. Proc. Fla State Hort. Soc. 86: 242-245.

Nettles, V.F., C.B. Hall and R.A. Dennison. 1955. The influence of light on color development of tomato fruits. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 65: 349-352.

Nitsch, J.P. 1962. Basic physiological processes affecting fruit development. *In* Campbell Soup Company "Proceedings of Plant Science Symposium" pp. 5-21. Camden, N.J.

Porter, D.R. 1960. Quality criteria and their evaluation in a breeding program for processing type tomatoes. *In* Campbell Soup Company "Proceedings of Plant Science Seminar" pp. 137-150. Camden, N.J.

Radwan, A.A., A.A. Hassan and N.M. Malash. 1979. Correlation studies on twenty eight tomato genotypes evaluated in Giza. Fac. Agr., Ain Shams Univ., Res. Bul. No. 1062. 21p.

Radwan, A.A., A.A. Hassan and N.M. Malash. 1979. Physiological studies on tomato fruit firmness, total soluble solids and vitamin C contents. Fac. Agr. Ain Shams Univ, Res. Bul. No. 1063. 17p.

Sapers, G.M., J.G. Phillips and A.K. Stoner. 1977. Tomato acidity and the safety of home canned tomatoes. HortSicence 12: 204-208.

Sapers, G.M., J.G. Phillips, O. Panasiuk, J. Carré, A.K. Stoner and T. Barksdale. 1978. Factors affecting the acidity of tomatoes. Hortscience 13: 187-189.

Stevens, M.A. 1972. Citrate and malate concentrations in tomato fruits: genetic control and maturational effects. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97: 655-658.

Stevens, M.A. 1972. Relationships between components contributing to quality variation among tomato lines. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97: 70-73.

Stevens, M.A. 1979. Breeding tomatoes for processing. *In* Asian Vegetable Research and Development Center "Proceedings of the 1st International symposium on Tropical Tomato" pp. 201-213. Shanhua, Taiwan.

Stevens, M.A. A.A. Kader, M. Albright-Holton and M. Algazi. 1977. Genotypic variation for flavor and composition in fresh market tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102: 680-689.

Stevens, M.A. and K.N. Paulson. 1976. Contribution of components of tomato fruit alchol insoluble solids to genotypic variation in viscosity. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101: 91-96.

Stevens, M.A. and M.A. Long. 1971. Inheritance of malate in tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96: 120-121.

Thompson, A.E., M.L. Tomes, H.T. Erickson, E.V. Wann and R.J. Armstrong. 1976. Inheritance of crimson fruit color in tomatoes. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 91: 495-504.

Wareing, P.E. and I.D.J. Phillips. 1978. The control of growth and differentiation in plants. Pergamon Pr., Oxford. 347p.