

(الخاصة) ، واختلافات جوهرية فى القدرة الخاصة على التآلف لبعض الصفات . كما ظهرت ارتباطات سالبة قوية بين القيم المُقدَّرة للقدرة العامة على التآلف لكل من الكفاءة التمثيلية Net Assimilation Rate مع نسبة المساحة الورقية Leaf Area Ratio ، والكفاءة التمثيلية مع المساحة الورقية الخاصة Specific Leaf Area . وتبين كذلك وجود ارتباط موجب قوى بين القيم المُقدَّرة للقدرة العامة على التآلف لنسبة المساحة الورقية مع المساحة الورقية الخاصة (Smeets & Garretsen ١٩٨٦) .

- أظهرت دراسة أخرى على نفس الأصناف والهجن السابقة وجود اختلافات جوهرية فى كل من القدرة العامة على التآلف والقدرة الخاصة على التآلف بالنسبة لصفات : صافى البناء الضوئى net photosynthesis ، والتنفس الظلامى dark respiration ، والوزن الورقى الطازج الخاص specific leaf fresh weight ، ومقاومة الثغور (Van De Dijk stomatal resistance ١٩٨٧) ؛ وجميعها صفات تسهم بدرجات متفاوتة فى تحديد المحصول الكلى للنبات .

التربية لتحسين صفات الجودة

حجم الثمرة

يختلف الحجم المناسب لثمرة الطماطم باختلاف نوق المستهلك . ويفضل المستهلك العربى - عادة - الثمار المتوسطة إلى الكبيرة الحجم التى يتراوح وزنها من ١٠٠ - ١٣٠ جم . أما أصناف التصنيع .. فإن ثمارها تكون - غالباً - صغيرة الحجم .

تدل الدراسات التى أجريت على حجم أو وزن ثمرة الطماطم أن تلك الصفة كمية يتحكم فيها عدة جينات تؤثر فى كل من عدد وحجم خلايا الثمرة . ولكن اختلفت نتائج الدراسات بشأن طبيعة تأثير هذه الجينات ؛ فذكر بعض الباحثين أن تأثيرها إضافى additive بصفة رئيسية ، بينما ذكر آخرون خلاف ذلك . وفى دراسة وراثية أجريت على سلالتين من الطماطم هما : Mo . accession 223 التى يبلغ متوسط وزن ثمارها ٢ و ٢٣ جم ، و I - 1 - 417 التى يبلغ متوسط وزن ثمارها ١٦٧ و ٤ جم .. وجد أن عدد الجينات التى تتحكم فى متوسط وزن الثمرة يتراوح من ١١ - ٢٠ زوجاً ، وكانت صفة الثمار الصغيرة سائدة جزئياً ، بينما كانت الجينات ذات تأثير هندسى متجمع geometrically cumulative . وقد قدرت درجة توريث هذه الصفة على النطاق العريض بنحو ٢٩ ٪ ، إلا أن هذا التقدير

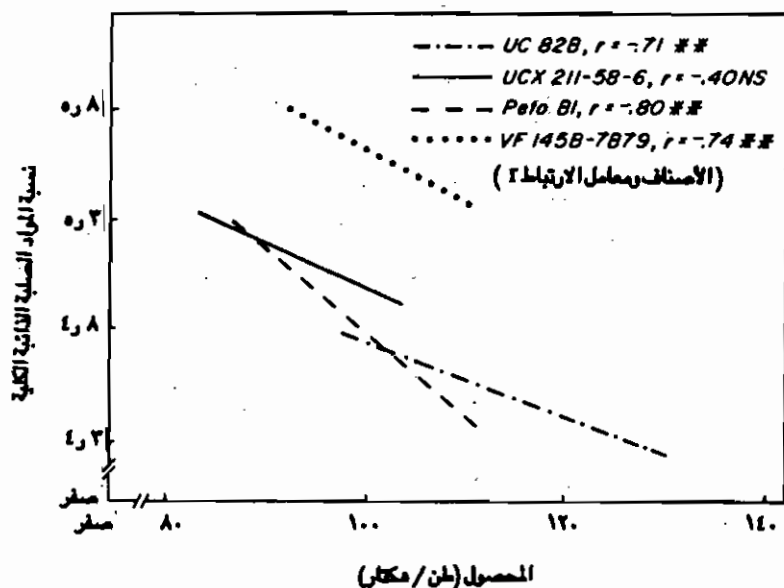
ارتفع إلى ٧١٪ في دراسة أخرى (Cuartero & Cubero ١٩٨٢) .

والملاحظ أن عدد حبات الثمرة يتراوح عادة من ٢ - ٣ حبات في أصناف التصنيع ذات الثمار الصغيرة ، بينما يزيد العدد على ذلك في أصناف الاستهلاك الطازج ذات الثمار الأكبر حجماً . كما يكون عدد الحبات منخفضاً كذلك في الأصناف ذات الثمار الكريزية الشكل الصغيرة الحجم . وتبعاً لـ Boswell (١٩٣٧) .. فإن العدد المنخفض للحبات (حجرتان / ثمرة) صفة بسيطة سائدة ، إلا أن الدراسات الحديثة نسبياً تظهر أن عدد الحبات بالثمرة صفة كمية تقدر درجة توريتها على النطاق العريض بنحو ٦٦٪ .

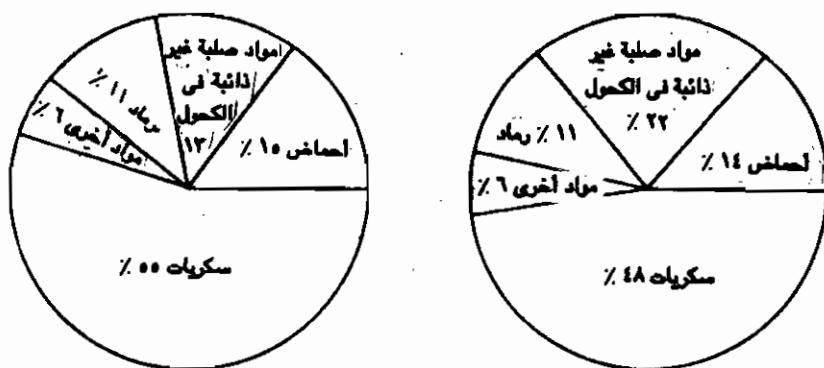
نسبة المواد الصلبة بالثمار

تتكون المواد الصلبة الكلية total solids من كل مكونات الثمرة فيما عدا الماء والمواد القابلة للتطاير التي تفقد أثناء التجفيف . ويعد الرفر اكتومتر أكثر الأدوات استخداماً لقياس نسبة المواد الصلبة ، وتعرف القيم التي تقدر بهذا الجهاز باسم المواد الصلبة الذائبة الكلية total soluble solids ، وهي ترتبط بشدة بالمواد الصلبة الكلية . يشكل الفركتوز والجلوكوز (وهما من السكريات المختزلة) نسبة عالية من المواد العضوية في ثمرة الطماطم . وكلما زادت نسبة المواد الصلبة الكلية .. زادت نسبة السكريات المختزلة إلى المواد الصلبة الكلية . ولكن تشذ هذه القاعدة عندما ينتخب المربي صفة الثمار الصلبة التي تزيد فيها نسبة المواد الصلبة غير الذائبة insoluble solids .

وبالرغم من كثرة الجهود التي بذلها مربى الطماطم لإنتاج أصناف أعلى محتوى من المواد الصلبة الكلية ، إلا أن هذه المحاولات لم تكن ناجحة - عادة - بسبب وجود علاقة سالبة بين المحصول ومحتوى الثمار من المواد الصلبة (شكل ٢-١) ، ويسبب تأثر المواد الصلبة بعدد من العوامل الأخرى : مثل : الرطوبة الأرضية ، وقوام التربة ، ودرجة الحرارة ، وشدة الإضاءة ، ومقاومة الأمراض . فمثلاً .. تؤثر الأمراض التي تصيب الجهاز الوعائي في نسبة المواد الصلبة بدرجة أكثر من الاختلافات بين التراكيب الوراثية في هذه الصفة . ويبين شكل (٢-٢) التباینات بين أصناف الاستهلاك الطازج وأصناف التصنيع في محتوى ثمارها من مختلف المواد الصلبة .



شكل (١-٢) : العلاقة بين المحصول ونسبة المواد الصلبة الدائبة الكلية ومعامل الارتباط (r) بينهما لأربعة أصناف من الطماطم .



شكل (٢-٢) : مقارنة بين أصناف الاستهلاك الطازج (على اليسار) وأصناف التصنيع (على اليمين) من حيث محتوى ثمارها من مختلف المواد الصلبة .

نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية

تتراوح نسبة المواد الصلبة الكلية في ثمار الطماطم الحمراء الناضجة من الأصناف العادية من ٤ - ٦ ٪ ، وتشكل السكريات المختزلة أهم هذه المكونات . ويمكن اتخاذ نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية كدليل على نسبة السكريات المختزلة ؛ حيث وجد ارتباط قوى بينهما ؛ كما وجد ارتباطان آخران بين درجة حلوة الثمار وبين كل من نسبة السكريات المختزلة ونسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية (Stevens وآخرون ١٩٧٩) .

وبين جدول (٢-١) الذى توجد عليه مختلف هذه المكونات الصلبة فى أصناف الطماطم ، وأهمية كل منها بالنسبة لأصناف الاستهلاك الطازج ومختلف المنتجات المصنعة عن (Stevens ١٩٨٦ أ) . أما جدول (٢-٢) .. فيبين المتوسط العام الذى توجد عليه كل من هذه المكونات الصلبة فى كل من أصناف الاستهلاك الطازج وأصناف التصنيع ، ومدى التحسين الذى يمكن الوصول إليه فى هذه الصفات بالتربية (عن Stevens ١٩٨٦ ب) .

توجد علاقة بين طبيعة نمو نبات الطماطم ونسبة المواد الصلبة بثماره . وبين جدول (٢-٣) تلك العلاقة لثلاثة أصناف من الطماطم ، أنتج من كل منها - بطريقة التهجين الرجعى - ثلاث سلالات تختلف فى طبيعة نموها ، هى : المحدودة النمو (تحتوى على الجين sp) ، وغير المحدودة النمو (تحتوى على الجين sp+) و المتقزمة (تحتوى على الجين d) . أظهرت الطرز غير المحدودة النمو تفوقاً فى محتوى ثمارها من المواد الصلبة الذائبة الكلية عن الطرز المحدودة النمو . وبإستثناء الصنف Gardner .. كانت الطرز المتقزمة متشابهة فى محتوى ثمارها من المواد الصلبة الذائبة الكلية مع الطرز المحدودة النمو ، بينما كانت ثمار الطراز المتقدم من الصنف Gardner أقرب فى محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية المحتوى ثمار الطراز غير المحدود النمو من نفس الصنف .

جدول (١-٢) : المدى الذى توجد عليه المكونات الصلبة فى أصناف الطماطم ، وأهمية كل منها بالنسبة لأصناف الاستهلاك الطازج ، ومختلف المكونات المُصنَّعة .

المكونات الصلبة	المدى فى الثمار الناضجة الحمراء من الأصناف العادية	أهمية مختلف المواد الصلبة بالنسبة لكل من		
		الطماطم الطازجة	العصير	الصلصة (المعجون)
المواد الصلبة الكلية	٥٤ - ٦٥ ٪			
السكريات	٢٠ - ٣٧ ٪	الطعم : يتحدد بكل من	الطعم	تناسب كمية المنتج (من وحدة
الجلوكوز	٩ - ١٧ ٪	محتوى السكريات المرتفع		الوزن من الثمار) طريداً
الفراكتوز	١١ - ٢٠ ٪	مع نسبة معينة من		مع نسبة السكريات
السكرين	١ - ٢٠ ٪	السكريات إلى الأحماض		
المواد غير الذائبة فى الكحول	٧ - ٢٥ ٪	الصلابة والقوام	اللزوجة	اللزوجة العالية وزيادة محصول
polygalacturonides الـ	٣ - ١٢ ٪	والصلاحية للتخزين		المنتجات التى تعتمد عليها كالكاتش
polysaccharides الـ	٤ - ١٦ ٪			
الرماد	٥ - ٧ ٪	البوتاسيوم : منظم هام وضرورى للحموضة الفوسفور : منظم هام الكالسيوم : الصلابة	مثل الثمار الطازجة	مثل الثمار الطازجة
الأحماض	٧٠ - ١٣٠ ملييكافناً/لتر	أهم المكونات الصلبة	الطعم وقلة النشاط	قلة النشاط الميكروبي بسبب
الستريك	٦٥ - ١٢٠ ملييكافناً/لتر	تأثيراً على الطعم	الميكروبي بسبب	انخفاض الـ pH
الماليك	٦ - ٢١ ملييكافناً/لتر		انخفاض الـ pH	
المواد الكاروتينية	٤٠ - ٦٥ ميكروجراماً/جم	اللون	اللون	يؤثر اللون على نوعية وكمية المنتج
الليكوبين	٣٥ - ٦٠ ميكروجراماً/جم			
البيتا - كاروتين	٣ - ٨ ميكروجراماً/جم			
المواد القابلة للتطاير	١٠ ميكروجرامات/جم	الطعم المميز	الطعم	تفقد جميع المركبات الأصلية أثناء التركيز ، ويتكون غيرها أثناء التخزين

جدول (٢-٢) : المتوسط العام لمختلف المكونات الصلبة في كل من أصناف الاستهلاك الطازج وأصناف التصنيع ، ومدى التحسين الذي يمكن الوصول إليه في هذه الصفات بالتربية .

المواد الصلبة	أصناف الاستهلاك الطازج		أصناف التصنيع		المصادر الوراثية لتحقيق المستوى المرغوب
	الحالي	الممكن	الحالي	الممكن	
الكلبي	٨٠ ٪	٧٠ ٪	٧٠ ٪	٥٠ ٪	<u>L. chmielewskii</u>
					<u>L. cheesmanii</u>
السكريات المخترلة	٢٠ ٪	٤٠ ٪	٢٠ ٪	٢٠ ٪	<u>L. chmielewskii</u>
					<u>L. cheesmanii</u>
المواد غير الذائبة في الكحول	٧٠ ٪	٩٠ ٪	٩٠ ٪	٩٠ ٪	Florida 9039 وسلالات أخرى صلبة جداً
الأحماض الكلية	٨٠ ٪	٩٠ ٪	٧٠ ٪	٩٠ ٪	PI263713 وسلالات أخرى عالية الحموضة
المواد الكاربوتينية	٤٠ ميكروجرام/جم	٨٠ ميكروجرام/جم	٤٨ ميكروجرام/جم	٨٠ ميكروجرام/جم	الجن dg
الببتار - كاروتين	٥ ميكروجرام/جم	١٠ ميكروجرامات/جم	٥ ميكروجرامات/جم	١٠ ميكروجرامات/جم	الجن dg

جدول (٢-٣) : تأثير طبيعة النمو على نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية في ثمار ثلاثة أصناف من الطماطم .

طبيعة النمو	نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية في الأصناف		
	Cornell 54 - 149	Fireball	Gardner
محدودة النمو	٥٠ ٪	٥٠ ٪	٧٣ ٪
غير محدودة النمو	٦٧ ٪	٢٣ ٪	٤٠ ٪
منتظمة	٠٧ ٪	٤٣ ٪	٣٣ ٪

وجدت كذلك علاقة عكسية بين حجم ثمرة الطماطم ونسبة المواد الصلبة بها . ولعل مرد ذلك إلى كون ثمرة الطماطم تنمو بزيادة حجم خلاياها ؛ نظراً لأن عدد الخلايا لا يتغير إلا

قليلاً جداً أو لا يتغير إطلاقاً ، ابتداءً من بعد العقد بفترة وجيزة إلى حين اكتمال نضج الثمرة . وقد تتحقق هذه الزيادة في حجم الخلايا بزيادة محتواها من الرطوبة .

ومن أكبر مشاكل التربية - لزيادة محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية - أن تلك الصفة ترتبط سلبياً مع كل من :

١ - مستوى الحموضة في الثمار .. بينما تكون الحموضة العالية ضرورية مع مستوى السكر المرتفع ؛ لكي يكون طعم الثمار جيداً ؛ فيجب ألا تقل نسبة السكريات إلى الأحماض (الحموضة المعاييرة كنسبة مئوية من حامض الستريك) عن ٨٥ : ١ ، بشرط ألا تقل نسبة السكريات عن ٣ ٪ .

٢ - المحصول .. ويبلغ معامل الارتباط (r) بينهما ٩٥ ر . (عن Stevens & Rudich ١٩٧٨) .

٣ - التذكير في النضج .

ومن أهم مصادر صفة المحتوى المرتفع من المواد الصلبة الذائبة في الجنس Lyco- persicon ما يلي :

١ - بعض أصناف وسلالات الطماطم التي تتراوح النسبة فيها من ٧٥٢ - ١٠٥٢ كما يلي :

النسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية	الصنف أو السلالة
٧٥٢	STEP 375
٧٥٤	Century
٧٥٥	Yellow Pear
٧٥٦	Atkinson
٩٥٥	Piecore
١٠٥٢	P. I . 272649

٢ - بعض سلالات النوع L. pimpinellifolium . التي يزيد محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية على ضعف النسبة العادية التي توجد في أصناف الطماطم (عن Ro

٣ - النوع L. chmielewskii الذى تبلغ نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فى ثماره نحو ١٠ ٪ . وقد أمكن بالتهجين بين هذا النوع والطماطم إنتاج سلالات جديدة عالية فى كل من صفتى المحصول ومحتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية ؛ مثل السلالة UC 58 - 211 ، التى تتفوق على الصنفين القياسيين UC 82 (نو المحصول المرتفع ونسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية المنخفضة) ، و VF 145 - B - 7879 (نو المحصول المنخفض ونسبة المود الصلبة الذائبة الكلية المرتفعة) (عن Rick ١٩٧٧ ١) .

٤ - النوع L. cheesmanii .

وقد تبين لدى مقارنة الصنف القياسى VF 145 - B - 7879 بالسلالة LA 1563 - التى تعد أعلى محتوى من المواد الصلبة الذائبة الكلية عن الصنف القياسى - أن الفرق بينهما فى هذه الصفة يظهر مع بداية اليوم العاشر من تفتح الزهرة ، ويستمر خلال كل مراحل نمو ونضج الثمرة . ويعنى ذلك إمكان إجراء الانتخاب مبكراً لهذه الصفة ما دامت النباتات المنتخبة قد قورنت بصنف قياسى (Hewitt & Stevens ١٩٨١) .

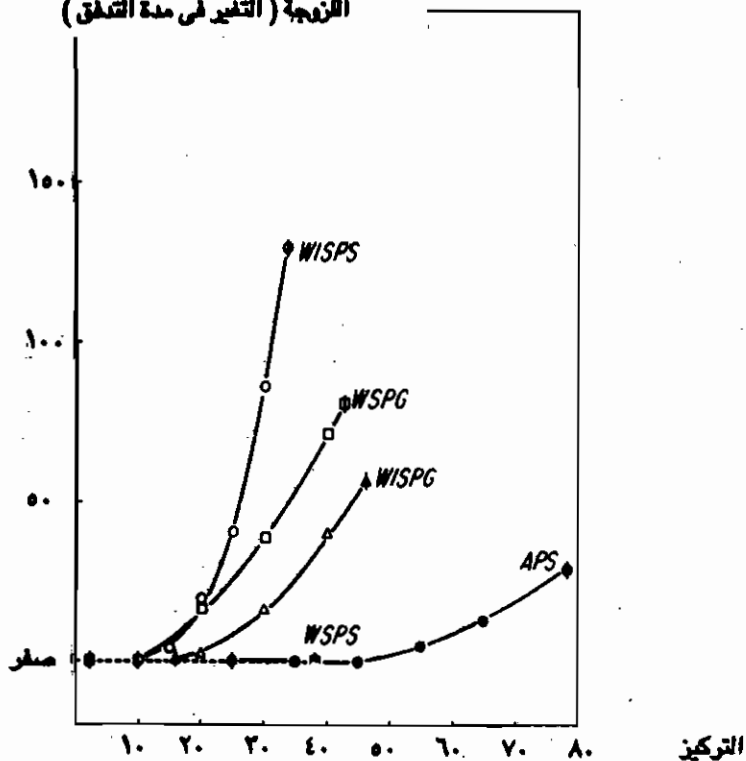
أما عن وراثية صفة المحتوى المرتفع من المواد الصلبة الذائبة الكلية .. فقد تبين من إحدى الدراسات الوراثية - التى استخدمت فيها سلالات الطماطم : Mo . 223 التى تبلغ نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية بها ٦٧ ٪ ، و I - 417 - 1 التى تنخفض فيها النسبة إلى ٦ ٪ - أن تلك الصفة يتحكم فيها ثلاثة أزواج من العوامل الوراثية ، وأن درجة توريثها تقدر بنحو ٥٩ ٪ على النطاق العريض ، و ٣٥ ٪ على النطاق الضيق (Narrow Sense Heritability) (Ibarbia & Lambeth ١٩٦٩) . وفى دراسة أخرى استخدم فيها الصنفان : U C 82 ، و Large Red Cherry . وجد أن صفة المحتوى المرتفع من المواد الصلبة الذائبة الكلية فى الصنف الأخير سائدة جزئياً ، ويتحكم فيها زوجان من المورثات ؛ بينما كانت درجة التوريث المقدرة على النطاق العريض ٦٨ ٪ ، وعلى النطاق الضيق ٢٦ ٪ (Hassan وآخرون ١٩٨٧) . ونتائج هاتين الدراستين متقاربة إلى حد كبير . إلا أن Canti وآخرون (١٩٨٨) وجدوا أن درجة توريث هذه الصفة منخفضة ، وأنه تظهر بها تأثيرات إضافية ، أو السيادة ، وتفاعل الإضافة x الإضافة ، ومستويات أعلى من التفاعل .

المواد الصلبة غير الذائبة . ولزوجة العصير وصلابة الثمار

تتكون المواد الصلبة غير الذائبة فى ثمار الطماطم - أساساً - من الجلد ، والبذور ، والجدر الخلوية . وتعد الجدر الخلوية هى أهم مصادر المواد الصلبة ؛ نظراً لأن الجلد والبذور يستبعدان عند تصنيع منتجات الطماطم . ويستخدم فى تعريف المواد الصلبة غير الذائبة الاسمان : المواد الصلبة غير الذائبة فى الماء water - insoluble solids ، والمواد الصلبة غير الذائبة فى الكحول alcohol - insoluble solids (يكون عادة كحول إيثيلى ٨٠٪) حسبما إذا كان الماء أو الكحول هو المستخدم فى الاستخلاص على التوالى . وعادة .. يكون محتوى الثمار من المواد الصلبة غير الذائبة فى الكحول أكبر من محتواها من المواد الصلبة غير الذائبة فى الماء ؛ لأن المواد الكربوهيدراتية الأقل تعقيداً تكون أكثر ذوباناً فى الماء من الكحول . وتؤثر نسبة المواد الصلبة غير الذائبة على خاصيتين هامتين من خصائص الجودة فى الطماطم ؛ هما : لزوجة viscosity العصير ، وصلابة الثمار fruit firmness .

نرجع أهمية صفة لزوجة العصير العالية إلى أنها تفيد فى صناعة الكاتشب Ketchup ، والمعجون (الصلصة) ؛ حيث تزيد اللزوجة العالية كمية المنتج المُصنَّع من وزن معين من الثمار ، وعلى مقدار التركيز الذى يلزم الوصول إليه للحصول على الكثافة المرغوبة . ومن أهم مصادر صفة اللزوجة العالية بعض سلالات النوع *pimpinellifo* . *lium* (عن Robinson ١٩٧٤) . وقد تبين - من دراسات Janoria & Rhodes (١٩٧٤) - ارتباط صفة لزوجة العصير بمحتوى أنسجة الثمرة من المواد غير الذائبة فى الكحول . وكان الارتباط مرتفعاً حينما كان تقدير نسبة المواد غير الذائبة فى الكحول فى أى من الجدر الثمرية الخارجية أو الداخلية ؛ حيث بلغ معامل الارتباط (r) ٩٣ ٠ ، و ٧٨ ٠ فى الحالتين على التوالى ؛ إلا أن معامل الارتباط انخفض إلى ١٨ ٠ . حينما كان تقدير المواد غير الذائبة فى الكحول فى المساكن . وفى جانب آخر .. أوضحت الدراسة عدم وجود أية علاقة بين لزوجة العصير أو محتوى الثمار من المواد الصلبة غير الذائبة فى الكحول وبين أى من صفات حجم الثمرة ، أو شكلها ، أو صلابتها ، أو محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية ، أو نسبة الأنسجة الخارجية أو الداخلية ، أو نسبة المساكن بها . وقد فصل Stevens & Paulson (١٩٧٦) المواد غير الذائبة فى الكحول إلى خمسة مكونات - هى

المبينة في شكل (٢-٢) - ووجد أن زيادة نسبة عديدات التسكر غير القابلة للذوبان في الماء أحدثت أكبر زيادة في لزوجة العصير ، بينما كانت نسبة الـ polygalacturonides الذائبة في الماء ، ونسبتها غير الذائبة في الماء ومسطاً في تأثيرهما .
(اللزوجة (التغير في مدة التدفق)



شكل (٢-٢) : تأثير التغير في تركيز عديدات التسكر غير القابلة للذوبان في الماء - water insoluble polysaccharides (أو WISPS) ، والـ polygalacturonides الذائبة في الماء (WSPG) ، والـ polygalacturonides غير الذائبة في الماء (WISPG) ، وعديدات التسكر الذائبة في الماء (WSP) ، وعديدات التسكر المحللة بالأحماض acid hydrolyzed polysaccharides (أو APS) على لزوجة عصير الطماطم .

وفي دراسة وراثية استخدم فيها صنف مرتفع (هو VF 109) وآخر منخفض (هو Campbell 146) في نسبة المواد غير القابلة للذوبان في الكحول .. وجد أن تلك الصفة يتحكم فيها زوجان من العوامل الوراثية ، وأن درجة توريثها عالية ؛ حيث قدرت بنحو ٨٤٪ على النطاق العريض ، وبنحو ٦٢٪ على النطاق الضيق . كما أظهرت الدراسة أن الارتباط

بين صفتي لزوجة العصير ومحتواه من المواد غير القابلة للذوبان في الكحول كان عالياً ، سواء أكان هذا التقدير مظهرياً ، أم وراثياً . وقد قدرت قيمة الارتباط الوراثي (r_G) بنحو ٨٩ ر . كما تبين أن الكفاءة النسبية للانتخاب relative selection efficiency غير المباشر لصفة اللزوجة العالية - عن طريق الانتخاب للمحتوى المرتفع من المواد الصلبة غير القابلة للذوبان في الكحول - كانت عالية ؛ حيث قدرت بنحو ١١٤ ٪ مقارنة بالانتخاب المباشر لصفة اللزوجة (Janoria وآخرون ١٩٧٥) . وفي دراسة أخرى (Stevens ١٩٧٦) .. وجد أن صفة اللزوجة العالية يتحكم فيها ٣ أزواج من العوامل الوراثية على أكثر تقدير ، وكانت درجة توريثها مرتفعة ؛ حيث قدرت بنحو ٦٨ - ٧٥ ٪ ، وكان التأثير الإضافي هاماً في وراثية هذه الصفة . وتعتبر تلك النتائج متقاربة - إلى حد كبير - مع نتائج الدراسة السابقة .

وعلى نفس النمط .. فإن صلابة الثمار ترتبط - هي الأخرى - إيجابياً بمحتوى الثمار من المواد الصلبة غير الذائبة في الكحول - خاصة البكتين والسيليلوز - وقد تبين من دراسات Al - Falluji وآخرون (١٩٨٢) أن الأنسجة اللحمية بالثمرة كانت أكثر أهمية من حيث التأثير في صلابة الثمرة من أي من الصفات التالية : صلابة جلد الثمرة ، وسمك الجدر الخارجية ، وسمك الجدر الداخلية الفاصلة بين المساكن ، ونسبة أنسجة جدر الثمرة ، وعدد المساكن ، وحجم الثمرة .

تقدر درجة صلابة ثمار الطماطم بعدة طرق ؛ منها ما يلي :

١ - بالضغط على الثمار بين راحة اليد والأصابع .. تعطى هذه الطريقة نتائج سريعة يمكن الاعتماد عليها في برامج التربية .

٢ - بتخزين الثمار التامة النضج في عبوات كبيرة لعدة أيام ، مع وضع وزن ثابت على كل عبوة ، ثم حصر عدد الثمار التالفة بعد ذلك .

٣ - باستخدام الأجهزة التي تقيس الضغط اللازم لدفع قضيب معدني ذي نهاية معلومة المساحة في أنسجة الثمرة ، وهي التي تعرف باسم plungers ، أو pressure testers (عن Reynard ١٩٦٠) . ويفضل عند اتباع هذه الطريقة إزالة جزء صغير من جلد الثمرة

فى مكان بمنتصف الثمرة يكون بين الجدر الداخلية التى تفصل بين المساكن ، ثم تقاس الصلابة فى هذه المنطقة باستخدام جهاز plunger مناسب .

تكاد تجمع الدراسات الوراثية على أن صلابة ثمار الطماطم صفة كمية يتحكم فيها جينات ذات تأثير إضافى بصفة أساسية (عن Al - Falluyji وآخرين ١٩٨٢) . وقد قدرت درجة تورثها على النطاق الضيق - فى إحدى الدراسات - بنحو ٨٠ ر ٩٠ ٪ (وهو تقدير مرتفع للغاية بالنسبة لصفة كمية) ؛ مما يدل على قلة تأثيرها بالعوامل البيئية ، مع سيادة التأثير الإضافى للجينات المتحكم فى الصفة على التأثيرات الأخرى .

ومن أكبر مشاكل تربية الطماطم لزيادة صلابة الثمار مايلى :

١ - صعوبة الجمع بين الصلابة العالية والحموضة المناسبة ؛ لأن الثمار الصلبة يقل فيها عدد المساكن ، وتزيد بها نسبة الجدر الثمرية إلى المساكن ، بينما تكون الحموضة أعلى فى المساكن مما فى الجدر الثمرية .

٢ - صعوبة الجمع بين الصلابة والطعم الجيد الذى يعتمد على ارتفاع نسبة السكريات ؛ لأن الصلابة تعتمد - كما أسلفنا - على زيادة محتوى الثمار من المواد غير الذائبة فى الكحول ، وهى التى تكون على حساب السكريات ؛ لأن قدرة النبات على تمثيل المواد الكربوهيدراتية محدودة .

تعتبر أصناف التصنيع الحديثة - التى أنتجت فى ولاية كاليفورنيا الأمريكية ؛ مثل UC 82 ، و Peto 86 ، و UC 97-3 ... وغيرها من أكثر أصناف الطماطم صلابة . وقد استخدمت هذه الأصناف كمصدر وراثى لصفة الصلابة فى أماكن أخرى من العالم . وقد اعتمد مربو الطماطم فى كاليفورنيا على إحدى سلالات جامعة فلوريدا - هى Florida 1346 - كمصدر للصلابة . وكانت هذه السلالة قد أنتجت خلال الستينيات من هذا القرن ، وهى التى كانت قد استمدت صلابتها - بنورها - من إحدى سلالات شركة هاينز - هى H 4VW - 672 . كما اكتسبت أصناف فلوريدا الأخرى - مثل فلوراديد Floradade - صلابتها من سلالتين أخريين لهاينز ؛ هما VF - Heinz 4 ، Heinz 3 . وكانت معظم صلابة سلالات هاينز قد استمدت من إحدى سلالات O.H Rearson - هى Eastern

States 24 - التي أنتجت في نهاية الخمسينيات بالانتخاب من سلالة أخرى لبيرسون ؛ في - 54
1878-3 . كانت هذه السلالة الأخيرة قد أودعت لدى شركة هاينز في عام ١٩٥٤ . ويرجع نسبها إلى
تلقيح أجرى في بداية الأربعينيات بين الطماطم وإحدى سلالات النوع البري L. pimpinellifolium
(عن Stevens & Rick ١٩٨٦) .

التربية لتحسين حموضة الثمار (الحموضة المعايرة و pH)

ترجع أهمية حموضة ثمار الطماطم إلى أنها تؤثر في مذاق الطماطم ؛ من حيث
الإحساس بالحموضة sourness ، ودرجة تركيز الطعم flavor intensity ؛ كما أنها تفيد
في خفض فترة التعقيم ، مع استمرار توخي الأمان ضد النوات الميكروبية . ويرجع إلى
pH الثمار المنخفض (الأقل من ٤ ر ٤) الفضل في ضعف نشاط البكتيريا المحبة
للحرارة Bacillus coagulans . وقد ثبت أن البكتيريا Clostridium botulinum
المسببة للتسمم البوتشيليني يمكنها النمو ، وإنتاج السموم في الأغذية التي يكون رقم
حموضتها ٨ ر ٤ ، أو أعلى ، بما في ذلك منتجات الطماطم .

هذا .. ويستدل من معظم الدراسات على وجود ارتباط جوهري سالب بين الـ pH
والحموضة المعايرة وقد تراوحت نسبة تركيز أيون الأيدروجين (H^+) إلى الحموضة المعايرة
من ٥٩ - ٧٤ في ٢٥ تركيباً وراثياً متبائناً في هاتين الصفتين (عن Stevens ١٩٨٦) .

تقدر الحموضة المعايرة في عصير الطماطم بحساب عدد ملليلترات أيديروكسيد
الصوديوم العشر أساسية (0.1N) ، اللازمة لمعادلة ١٠ مل من راسح العصير مع استعمال
دليل الفينولفثالين phenolphthalin (Porter ١٩٦٠) . وترجع الاختلافات بين أصناف
الطماطم في حموضتها المعايرة إلى اختلافها في محتوى ثمارها من الأحماض العضوية .

يعتبر حامض الستريك citric acid من أهم الأحماض العضوية ؛ حيث يشكل نحو ٤٠
- ٩٠ ٪ من المحتوى الكلي للعصير من الأحماض العضوية . وتتوقف نسبته الفعلية على
الصنف ، والظروف البيئية ، ودرجة نضج الثمار ، والمعاملات التالية للحصاد . ويليه في
الأهمية حامض المالك malic acid ، الذي يوجد بنسبة ٥ - ٦٠ ٪ من تركيز حامض
الستريك حسب الصنف ، بينما توجد بقية الأحماض العضوية بتركيزات منخفضة جداً ؛

ومن أمثلتها حامض الجالاكترونك الذى ينتج بسبب تحلل البكتينات والذى يزداد تركيزه مع نضج الثمار ، إلى أن يصل إلى أعلى مستوى له فى الثمار الزائدة النضج ، وحامض بيروايون - كاربوكسيلك pyrrolidone - carboxylic الموجود بتركيز منخفض للغاية ، والذى ربما يكون إنتاجه من تحلل حامض الجلوتامك glutaminc ، أو حامض الجلوتامك glutamic . وبعد الأخير من أكثر الأحماض الأمينية تركيزاً فى ثمار الطماطم . وبالرغم من أن الطماطم تعد من الخضراوات الغنية بحامض الأسكوربيك ascorbic (فيتامين ج) - حيث يوجد بتركيز يتراوح من ١٠ - ٣٥ ملليجراماً / ١٠٠ جم - إلا أن تأثيره فى الحموضة المعيرة ضعيف (عن Stevens & Long ١٩٧١) .

هذا .. ويختلف مدى الحموضة المعيرة - كنسبة مئوية من حامض الستريك - فى ثمار الطماطم ؛ باختلاف الدراسات وباختلاف الجيرمبلازم المستخدم ؛ فهو يتراوح فى الطماطم من ٢٥ ٪ إلى ٥٠ ٪ ، ووصل فى بعض الدراسات إلى ٩١ ٪ ، بينما يتراوح فى النوع *L. pimpinellifolium* من ٤٧ ٪ إلى ٩٥ ٪ .

وقد أوضحت دراسات Lower & Thompson (١٩٦٧) أن صفة الحموضة المعيرة يتحكم فيها جين واحد سائد ، إلا أن الانعزالات لم تظهر بوضوح ؛ لأن الصفة كمية وتتأثر بالعوامل البيئية بدرجة كبيرة . وقد قدر الباحثان درجة توريثها بنحو ٢٤ ٪ . وتوصل Stevens & Long (١٩٧١) إلى أن التركيز المنخفض لحامض المالك صفة بسيطة سائدة . كما درس Stevens (١٩٧٢) وراثته تركيز الحامضين الرئيسيين المسئولين عن الحموضة فى ثمار الطماطم ؛ وهما : حامض الستريك ، وحامض المالك ، ووجد أن تركيز كليهما صفة بسيطة ، وأن الجينين السائدين يتحكمان فى التركيز المرتفع لحامض الستريك والتركيز المنخفض لحامض المالك ، وأنهما يوجدان فى نظام ازواجى coupling على مسافة ١٨ وحدة عبور بين كل منهما ، وأنه لا توجد ضرورة للتربية لنسبة معينة من أحد الحامضين إلى الآخر .

يُعد الـ pH دليلاً للحموضة أفضل من الحموضة المعيرة . ويجب أن يكون pH العصير أقل من ٤ ؛ لتجنب المشاكل التى تحدثها الكائنات المحبة للحرارة فى منتجات الطماطم المصنعة . ورغم أن الغالبية العظمى من أصناف الطماطم لا يزيد pH الثمار

فيها على ٤٤ .. إلا أن دراسة أجريت على ١٦ صنفاً (Sapers وآخرون ١٩٧٨) أظهرت أن ثمار الأصناف : آيس Ace ، وجاردن ستيت Garden State كانت أعلى في رقم الحموضة ، وأن الـ pH كان أعلى من ٤.٨ في ٢٥ ٪ من عينات الصنف الأخير . وفي دراسة أخرى موسعة على طماطم التصنيع قام Sapers وآخرون (١٩٧٧) بتقدير pH ثمار ٣٥٦ صنفاً ، و ٢١٢ سلالة تربية جمعت من ٥٧ منطقة بثلاث وعشرين ولاية أمريكية . وقد وجد أن مدى الـ pH تراوح في هذه الدراسة من ١٦ ٤ في الصنف والتر Walter إلى ٥٤ ٤ في الصنف آيس ٥٥ في إف ٥٥ VF Ace ، بالإضافة إلى حالات قليلة كان فيها الـ pH ٤.٧ ، أو أعلى قليلاً ، وكان ذلك في أصناف خاصة من مناطق معينة كانت فيها العينات زائدة النضج . وقد تبين من هذه الدراسة ما يلي :

١ - لم يحدث تغير ثابت في pH عصير ثمار أصناف الطماطم خلال الـ ٢٥ عاماً السابقة للدراسة ، فكان pH الأصناف الجديدة أكبر أو أقل من الأصناف القديمة .

٢ - لاحظ أن ثمار الأصناف ذات الـ pH المرتفع نسبياً كانت تميل إلى الشكل الكروي ، أو الكروي المضغوط ، مثل أصناف : آيس ٥٥ في إف ، وجاردن ستيت ، وبيج جيرل Big Girl . وقد ارتفع الـ pH فيها عن ٤.٦ ، إلا أنه لم يصل إلى ٤.٨ .

لاحظ ارتفاع نسبي في pH أصناف التصنيع ذات الثمار المربعة الدائرية square round والكمثرية ، والمطولة .

هذا .. وقد تبين من دراسات أخرى أن مدى الـ pH أوسع بكثير في النوع البري *pimpinellifolium* L. ، حيث تراوح من ٤.٣٣ إلى ٤.٩٥ في سلالات مختلفة ، كما تراوح من ٤.٢٧ إلى ٤.٧٨ الهجن النوعية بينه وبين الطماطم (عن Stevens ١٩٨٦) .

يقدر pH الثمار بأخذ عينة تتراوح من ١٠ - ٢٠ ثمرة ، تقطع كل منها إلى أربعة أجزاء ، ثم توضع في خلاط على سرعة عالية لمدة دقيقتين ، ثم يقدر الـ pH في المخلوط بواسطة جهاز pH meter ذي تبريد دقيق مع استخدام منظم ذي pH قدره ٤.٨ . وقد توصل Thompson (١٩٦٥) إلى طريقة أسهل من ذلك لتقدير الـ pH في الثمار المنتخبة ، وذلك بقطع الثمار عرضياً ، ثم غمس العمود الزجاجي للجهاز dual glass electrode في

المساكن . يكفى ثلاث قراءات فى مساكن مختلفة لكل ثمرة ، مع تقدير الـ pH لثلاث ثمار من كل نبات . ويشترط - لدقة النتائج - أن تكون الثمار على درجة واحدة من النضج .

ويبدو - من الدراسات الوراثية القليلة التى أجريت على صفة pH الثمار - أن درجة توريثها منخفضة ؛ حيث قدرها Lower & Thompson (١٩٦٧) بنحو ٢٧,٦ ٪ .

التربية لتحسين لون الثمار

يتداخل هذا الجانب من التربية مع هدف التربية لزيادة محتوى الثمار من فيتامين أ ، نظراً لأن لون الثمار يتحدد بمحتواها من الصبغات الكاروتينية التى منها صفة البيتاكاروتين B - carotene التى يُصنَّع منها فيتامين أ فى جسم الإنسان . إلا أن اللون الأحمر المميز لثمار الطماطم يتحدد - أساساً - بمحتواها من الصفة الكاروتينية الليكوبين lycopene ؛ ولذا . فإن المناقشة حول الصبغات الكاروتينية - فى هذا الجزء - سوف تركز على علاقتها باللون ، وليس تبعاً لأهميتها الغذائية .

لقد درست مختلف الطفرات المؤثرة فى اللون فى الطماطم ومحتوى ثمار كل منها من مختلف الصبغات الكاروتينية . وقد وجدت ست طفرات مؤثرة فى اللون يتحكم فيها ستة جينات ، منها اثنان سائدان ؛ هما : دلتا (الجين Del)، وبيتا العالية High Beta (الجين B الذى يتحول تأثيره بفعل الجين Beta modifier - أو MoB - ليصبح BMoB) ، وأربعة متنحية هى : الأصفر (الجين r) ، والصبغة العالية high pigment (الجين hp) ، والبرتقالى المحمر tangerine (الجين t) ، والقرمزي (الجين og^c) . وقد أضيف إليها بعد ذلك طفرات جديدة اكتشفت فى وقت لاحق ؛ وهى التى يتحكم فيها الجينان : الأخضر القاتم dark green (الجين dg) ، ومركز الصبغة-pigment intensifier (الجين I_p) .

وتبعاً لـ Baker ١٩٧٥ .. فإن صبغة الليكوبين تمثل ٩٥ ٪ من محتوى الثمرة من الصبغات ، وهى المسئولة عن اللون الأحمر ، وليس لها أى نشاط كفيامين أ . وتوجد معظم الصبغات الكاروتينية الباقية على صورة بيتا كاروتين ، بينما لا توجد سوى قليل جداً من الصبغات الكاروتينية الأخرى . وقد نرَسَ Baker لون الثمار ومحتواها من المواد الكاروتينية

عند تباين التركيب الوراثي بالنسبة لثلاثة من الجينات المؤثرة في اللون ، هي : r ، t و B : فوجدها على النحو التالي :

١ - التركيب الوراثي $RR TT bb$

يمثل هذا التركيب الوراثي الصنف رتجرز Rutgers . الثمار حمراء اللون . يبلغ المحتوى الكلى للمواد الكاروتينية ٨٨ ميكروجراماً / جم وزن طازج . وتشكل صبغتا الليكوبين والبيتاكاروتين ٩٧ % ، و ٣٫٢ % منها على التوالي ، ولكن النسبة بين الصبغتين تتراوح من ١٢ : ١ إلى ١٨ : ١ حسب الصنف .

٢ - التركيب الوراثي $RR tt bb$:

يعرف اللون الذي يعطيه هذا التركيب الوراثي باسم Jubilee Orange . الثمار باهتة اللون . يبلغ المحتوى الكلى للمواد الكاروتينية ١٠٠ ميكروجرام / جم وزن طازج ، تكون معظمها على صورة زيتاكاروتين ، وفيتوين phytoene ، بينما لا توجد سوى آثار من صبغتي الليكوبين والبيتاكاروتين .

٣ - التركيب الوراثي $RR TT BB$:

الثمار برتقالية اللون : يبلغ المحتوى الكلى للمواد الكاروتينية ٨٤ ميكروجراماً / جم وزن طازج ، تشكل صبغتا الليكوبين والبيتاكاروتين ٧ % ، و ٩٣ % منها على التوالي .

٤ - التركيب الوراثي $rr TT bb$:

الثمار صفراء اللون . يبلغ المحتوى الكلى للمواد الكاروتينية ميكروجرامين / جم وزن طازج . تشكل صبغتا الليكوبين والبيتاكاروتين ٣٩ % ، و ٦١ % منها على التوالي .

يبدو أن الجين R يلعب دوراً مبكراً في إنتاج الصبغات ؛ عن طريق إنتاجه لمادة أولية precursor ضرورية لتكوين الصبغات .

يوجه الجين T تكوين الصبغات نحو النظام الطبيعي ، وهو تكوين صبغتي الليكوبين والبيتاكاروتين . أما أليله t .. فإنه يوجه تكوين الصبغات إلى إنتاج الزيتاكاروتين

والبروليكلوين polycopene (البولينيات polyenes).

يحدد الجين B - فى وجود الجينين R ، و T - المحتوى النسبى للصبغتين الرئيسيتين ؛ حيث يزيد محتوى البيتاكاروتين على حساب مستوى الليكوبين . حصل على هذا الجين من النوع البرى *hirsutum* L. برغم عدم ظهور تأثيره فى هذا النوع الذى تكون ثماره خضراء اللون عند النضج (عن Rick ١٩٨٢) . يتأثر فعل هذا الجين بالجين مُحَوِّر بيتا beta modifier الذى يأخذ الرمز MoB . ففى وجود هذا الجين المُحَوِّر .. يكون ٩٠ ٪ من الصبغات الكاروتينية الكلية على صورة بيتاكاروتين ؛ مما يجعل لون الثمار يرتقياً . أما عند وجود أليله الطبيعي MoB^{+} - مع الجين B - فإن البيتاكاروتين يمثل أكثر من ٥٠ ٪ من الصبغات الكاروتينية بينما يمثل الليكوبين أقل من ٥٠ ٪ منها . أما فى الحالات الطبيعية (bb) .. فإن صبغة البيتاكاروتين لا تشكل سوى ١٠ ٪ من الكاروتينات الكلية .

أما الجين og^c المسئول عن اللون القرمزى crimson - والذى اكتشف فى سلالة طماطم من الفليبين (Thompson وآخرون ١٩٦٧) - فإنه يؤثر عند وجوده فى صورة متتحية أصيلة على المحتوى النسبى للصبغتين الرئيسيتين ؛ حيث يزيد تركيز الليكوبين على حساب البيتاكاروتين ، وتظهر مساكن الثمار - نتيجة لذلك - بلون أحمر قان . أدخل Lee & Ro- binson (١٩٨٠) هذا الجين فى الصنف نيويورك New Yorker ؛ وبمقارنة السلالة الجديدة بالصنف الأصيل .. وجد أنها كانت أفضل منه لوناً ، وأقل منه محتوى من فيتامين أ بنسبة ٦٠ ٪ ؛ بسبب نقص محتواها من البيتاكاروتين والجاماكاروتين ، إلا أنهما تشابهتا فى كل الصفات الأخرى .

ويقوم الجين delta (ورمزه Del) بإنتاج كميات كبيرة من الدلتا كاروتين ، وهى صبغة كاروتينية لا توجد فى أى من الطفرات الأخرى ، أو فى الثمار الطبيعية . ويبدو أن هذا الجين مسئول عن إنتاج إنزيم معين يعمل على تمثيل الدلتاكاروتين على حساب الليكوبين .

تحتوى ثمار الطفرة " الصبغة العالية " high pigment (التى يتحكم فيها الجين hp) على تركيز عال من الصبغات الكاروتينية الكلية ، دون أن تؤثر فى نسبة كل منها إلى الأخرى . ويعنى ذلك أن هذه الطفرة يزيد فيها محتوى الثمار من كل من صبغتي الليكوبين المسئولة عن اللون ، والبيتاكاروتين التى يصنع منها فيتامين أ فى جسم الإنسان . (عن Baker

١٩٧٥) . ولهذا الجين تأثيرات متعددة فى النبات ، بعضها مفيد وبعضها ضار . ومن أهم التأثيرات المفيدة لهذا الجين ما يلى :

- ١ - يجعل الثمار ذات لون أحمر براق من الخارج ، ولكنه لا يؤثر فى لون المساكن .
- ٢ - يزيد من محتوى الثمار من البيتاكاروتين بنحو ٢٥ - ٥٠ ٪ ، ومن حامض الأسكوربيك بنحو ٢٠ ٪ .
- ٣ - يزيد من التمثيل الضوئى فى وحدة المساحة من الورقة ، ويزيد من محتوى الأوراق والثمار من صبغة الكلوروفيل .
- ٤ - يزيد من صلابة الثمار ، ويزيد من لزوجة العصير .

أما التأثيرات الضارة لهذا الجين .. فهى كما يلى :

- ١ - يبطئ من إنبات البنور ، ونمو البادرات ، ويؤخر النضج .
- ٢ - يجعل السيقان سهلة الكسر brittle .
- ٣ - يزيد من حساسية النموات الخضرية للأضرار التى تحدثها أشعة الشمس القوية ، ويسرع من اصفرارها .
- ٤ - يحدث تغيرات غير مرغوبة فى نكهة الثمار ؛ من خلال تأثيره فى محتواها من المواد المتطايرة volatile substances .
- ٥ - يخفض عدد البنور فى الثمار .
- ٦ - يخفض من الحموضة المعيارية ونسبة المواد الذائبة الكلية بالثمار .
- ٧ - يقلل من المحصول المبكر والمحصول الكلى (عن Jarret وآخرين ١٩٨٤) .

ويمكن التعرف على البادرات الحاملة لهذا الجين بسهولة - وهى ما زالت فى طور البادرة - نظراً لأنها تكتسب لونا أرجوانياً قاتماً خلال فترة قصيرة من تعرض البادرات لدرجات حرارة منخفضة . ويؤدى وجود الجينين hp ، و og^c - معاً - كما فى الصنف أ٦٧ Ottwa 67 إلى تحسين الثمار - خارجياً وداخلياً - مع زيادة محتواها من البيتاكاروتين بنسبة ٢٥ ٪ (عن Stevens ١٩٧٩) .

أما الجين Ip (مُرَكِّز الصبغة pigment intensifier) . فقد حُصل عليه من النوع البرى L. chmielewskii ، وهو مسئول عن زيادة تركيز الصبغات . وجدير بالذكر أن تأثير هذا

الجين لم يظهر إلا في الخلفية الوراثية للطماطم ؛ حيث إن ثمار النوع البري *L. chmiec* *lewskii* ذات لون أبيض مخضر عند النضج (عن Rick ١٩٨٠) .

ووجدت طفرة الثمار الخضراء القاتمة dark green ، التي يتحكم فيها الجين dg في الصنف مانابال Manapal . وتختلف هذه الطفرة عن النباتات الطبيعية في أن ثمارها غير الناضجة تكون أكثر اخضراراً حتى بداية التلوين ، ثم تكون ثمارها الناضجة أكثر احمراراً - داخلياً وخارجياً - عند اكتمال نضجها . وقد تبين أن ثمار هذه الطفرة يزيد محتواها من الكلوروفيل على محتوى كل من الثمار الطبيعية والطفرة hp . وجدير بالذكر أن اللون الأخضر القاتم الذي يحدثه الجين dg يكون متجانساً في كل الثمرة ، وليس عند أكتافها فقط مثلما تكون عليه الحال في التركيب الوراثي UU . أما ثمار التركيب الوراثي uu (uniform green) فإنها تكون خضراء متجانسة أيضاً ، ولكن بلون أخضر فاتح . وتجدر الإشارة - كذلك - إلى أن اللون الأحمر القاني الذي تظهر به الثمار dg dg يكون مماثلاً للون الثمار hp hp ، ولكن ثمار الأولى يكون محتواها من كل من حامض الأسكوربيك والبيتاكاروتين أعلى من محتوى ثمار الثانية . وقد قام Wann وآخرون (١٩٨٥) بمقارنة سلالات ذات أصول وراثية متشابهة isogenic lines ، تختلف فيما تحمله من ثلاثة جينات هي hp ، dg ، و og^c . ووجد أن ثمار dg الناضجة يزيد محتواها من الليكوبين بمقدار يصل إلى ١٠٠ ٪ عن الثمار الطبيعية . وزاد متوسط محتوى ثمار dg من البيتاكاروتين بمقدار ٥٠ ٪ عن ثمار hp ، وبمقدار ٢٥ ٪ عن الثمار الطبيعية . كما كانت الثمار dg أصلب - جوهرياً - من الثمار الطبيعية في كل طوري النضج الأخضر والأحمر . هذا .. بينما لم تظهر أية فروق في الطعم بين مختلف السلالات . كما تبين من دراسة أخرى - قورن فيها تأثير الجينين hp ، و dg في سلالات ذات أصول وراثية متشابهة (Jarret وآخرون ١٩٨٤) - أن كلا الجينين أحدث زيادة في محتوى الثمار من كل من حامض الأسكوربيك والكلوروفيل . وكانت الزيادة في الكلوروفيل في الجذر الثمرية الخارجية ١٦٦ ٪ في السلالة hp ، و ٣٢٠ ٪ في السلالة dg مقارنة بالتركيب الوراثي الطبيعي . وكانت ثمار كلتا الطفرتين أصغر حجماً وأكثر استطالة من ثمار السلالة الطبيعية ، ولكنهما لم تختلفا عن الطبيعية في النضج . وأحدثت الطفرتان تأخيراً في كل من النمو الخضري والثمري ، وأنقصتا - جوهرياً - المساحة الورقية الكلية ، وطول السلاحيات ، والوزن الكلي الطازج

والجاف للنبات ؛ وكان تأثير الجين dg - دائماً - أكبر - كمياً - من تأثير الجين hp . وفى محاولة لتفهم الأساس الفسيولوجى لزيادة صلابة ثمار الـ dg عن الثمار الطبيعية .. لم يستدل Tong & Gross (١٩٨٩) على أية فروق بينهما فى نشاط إنزيم البولى جالاكتورونيز polygalacturonase ، أو تركيب الجدر الخلوية خلال مراحل نضج الثمرة ؛ مما يدل على وجود عوامل أخرى تؤثر فى نوبان المركبات اليورونيدية uronides فى الجدر الخلوية .

ويبدو أن العلاقة بين محتوى الكلوروفيل فى الثمار غير الناضجة ومحتوى المواد الكاروتينية فى الثمار الناضجة مردها إلى تحول البلاستيدات الخضراء أثناء النضج إلى بلاستيدات ملونة ، وهو ما قد يفسر كيف أن الطفرتين hp ، و dg نواتى الثمار الخضراء القاتمة ينتهى بهما الأمر إلى محتويات ثمرية مرتفعة من البيتاكاروتين . كما يعتقد أن الأصناف التى تحمل جين النضج المتجانس (u) بحالة أصيلة يكون محتوى ثمارها من الليكوبين أقل من ثمار الأصناف التى تحمل أليل النضج غير المتجانس (u^{+}) ، والتى تكون أكتافها خضراء اللون .

لقد أجريت محاولات كثيرة للاستفادة من الجين hp فى برامج التربية ؛ لما له من تأثير مرغوب جداً فى لون الثمار . وبالرغم من ذلك .. فلم ينتج - إلى الآن - أى صنف جديد ناجح يحمل هذا الجين ؛ بسبب تأثيراته الأخرى المتعددة غير المرغوبة . وقد اعتقد بعض الباحثين أن إدخال الجينين og^c و hp - - معاً - فى صنف واحد يؤدى إلى التغلب على هذه التأثيرات غير المرغوبة ، إلا أن مثل هذه الأصناف لم تكن ناجحة - هى الأخرى - لنفس الأسباب التى جعلت الأصناف التى تحمل الجين hp غير ناجحة .

يمكن التعرف بسهولة على الجينات hp ، و dg ، و og^c فى برامج التربية . فالجين hp يزيد من مستوى الأنثوسيانين فى السوقة الحينية السفلى للبادرة ، التى تكتسب لونا أرجوانياً قاتماً لدى تعرضها لفترات قصيرة من الحرارة المنخفضة ؛ وبذا يسهل التعرف عليها فى طور البادرة . وتؤدى تربية البادرات الصغيرة تحت غطاء بلاستيكي من الفينيل الأصفر yellow vinyl film إلى سهولة التمييز بين النباتات الطبيعية ، و السلالات الأصلية فى كل من الجينين hp ، و dg ؛ إذ تستطيل السوقة الجينية السفلى فى النباتات الطبيعية ، بينما تبقى عادية الطول فى كل من الطفرتين hp ، و dg . هذا بينما

تكتسب بتلات أزهار الطفرة og^c لوناً برتقالياً واضحاً لدى تعرضها لدرجات الحرارة المنخفضة ، وهو ما يميزها بسهولة عن غيرها . وعند التربية لكلا من الطفرتين hp ، و og^c معاً يمكن تعريض النباتات لحرارة منخفضة في طورى البادرة وبداية الإزهار ؛ وبذا يسهل التعرف على النباتات الحاملة لكل من الطفرتين على التوالى .

التربية لتحسين القيمة الغذائية

ترجع الأهمية الغذائية للطماطم إلى أنها تعد أحد المصادر الهامة لكل من البيتاكاروتين الذى يتحول فى جسم الإنسان إلى فيتامين (أ) ، و حامض الأسكوربيك (فيتامين ج) ، وبعض العناصر المعدنية كالفسفور والبوتاسيوم ، وهى التى سنتناولها بالدراسة فى هذا الجزء .

١ - فيتامين (أ) :

تعد الطماطم - مقارنة بمحاصيل الخضر الأخرى - متوسطة فى محتواها من فيتامين أ ؛ حيث تحتوى الطماطم على ٩٠٠ وحدة دولية من فيتامين أ لكل ١٠٠ جم من الثمار الطازجة مقابل ٦٠ وحدة دولية فى القنبيط ، و ٢٤٠ فى الكرفس ، و ٢٣٠ فى الخس ، و ٦٠٠ فى الفاصوليا الخضراء ، و ٢٥٠٠ فى البروكولى ، و ٨٨٠٠ فى البطاطا الحلوة ، و ١١٠٠٠ فى الجزر . وبالرغم من ذلك ، فإن الطماطم تعد من أهم مصادر فيتامين أ للإنسان ؛ نظراً لزيادة الكميات المستهلكة منها مقارنة بالخضر الأخرى .

تتفاوت أصناف الطماطم - كثيراً - فى محتواها من البيتاكاروتين ، الذى يُصنَّع منه فيتامين أ فى جسم الإنسان . وقد أنتجت أصناف طماطم غنية بفيتامين أ من تهجين مع السلالة P.I. 126445 للنوع البرى *L. hirsutum* ، وهو نوع تكون ثماره الناضجة خضراء اللون ، إلا أنه ظهر فى النسل الناتج من هذا التهجين نباتات ذات ثمار برتقالية اللون ، وأخرى ذات ثمار حمراء برتقالية . وأمكن بالتربية إنتاج صنف الطماطم كارو رد Caro - Red ، الذى يتميز بثماره ذات اللون البرتقالى الضارب إلى الحمرة ، والتى بلغ محتواها من فيتامين أ عشرة أضعاف محتوى ثمار الأصناف الأخرى (عن Tomes ١٩٧٢) . وأنتج كذلك الصنف كارو ريتش Caro - Rich الذى يتميز بثماره ذات اللون

البرتقالى ، والتي بلغ متوسط وزنها ١٧٥ جم ، واحتوت على البيتاكاروتين بتركيز قدر بنحو ١ ر ٤٧ ± ١٤ mug لكل جم من الوزن الطازج (Tigchelaar & Tomes ١٩٧٤) . وبرغم أن هذين الصنفين لا يختلفان فى الطعم عن الأصناف العادية ذات الثمار الحمراء اللون - وهو ما يثبت تجريبياً بإجراء اختبارات التذوق تحت مرشحات للضوء ، تخفى الفروق فى اللون بين مختلف الثمار - إلا أنها لم تنتشر أبداً فى الزراعة ، واقتصرت استعمالها على نطاق محدود جداً فى السلطات مع الطماطم الحمراء العادية ؛ ويرجع السبب فى ذلك إلى أن المستهلك لا يرضى بديلاً عن اللون الأحمر لثمار الطماطم .

وتجدر الإشارة إلى أنه ليست جميع أصناف الطماطم ذات الثمار البرتقالية غنية بالبيتاكاروتين ، الذى يعد المصدر النباتى لفيتامين أ . ومن أمثلة ذلك الأصناف جولدن جوبولى Golden Jublee ، وصن رى Sunray ، وبن أورانج Penn Orange ، التى تحتوى على خليط من الصبغات الكاروتينية (غير الليكوبين والبيتاكاروتين) يتكون معظمها من البروليكوبين prolycopene ، والزيتاكاروتين . ويتحكم الجين t فى لون ومحتوى هذه الأصناف من الصبغات الكاروتينية ، وهو جين نشأ كطفرة فى الطماطم ، ولم ينقل إليها من الأنواع البرية .

وكما سبق بيانه تحت التربة لتحسين اللون .. فإن الجينين hp ، و og^c يؤثران - كذلك فى محتوى ثمار الطماطم من فيتامين أ . فالجين og^c ينقص محتوى البيتاكاروتين بنسبة ٤٠٪ ، بينما يزيد الجين hp محتوى نفس الصبغة بنسبة ٤٠٪ .

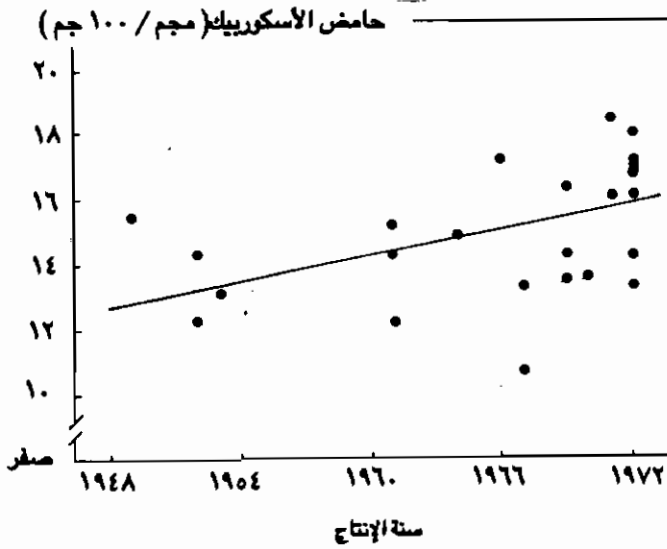
٢ - حامض الأسكوربيك (فيتامين ج) :

تعد الطماطم مقارنة بمحاصيل الخضر الأخرى متوسطة - كذلك - فى محتواها من فيتامين ج ؛ حيث تحتوى ثمارها على ٢٣ مجم من حامض الأسكوربيك لكل ١٠٠ جم من الوزن الطازج مقابل ٦ مجم فى الخس ، ٩ مجم فى الكرفس ، و ٨ مجم فى الجزر ، و ٢٠ مجم فى البطاطس ، و ٢١ مجم فى البطاطا ، و ٢٧ مجم فى البسلة ، و ٧٨ مجم فى القنبسيت ، و ١١٢ مجم فى البروكولى . وبالرغم من ذلك .. فإن الطماطم تعد من أهم مصادر فيتامين ج للإنسان ؛ نظراً لزيادة الكميات المستهلكة منها مقارنة بمحاصيل الخضر الأخرى .

تختلف أصناف الطماطم - كثيراً - فى محتوى ثمارها من فيتامين ج ، ويتراوح المدى من ٩ - ٤٤ مجم / ١٠٠ جم حسبما قُدِّرَ فى عدة دراسات (عن Nazeem ١٩٦٧ ، و Mathews وآخرين ١٩٧٣ ، و Radwan وآخرين ١٩٧٩ ، و Stevens ١٩٨٦) . وتتوفر مصادر فيتامين ج المرتفعة فى الأنواع البرية ؛ خاصة النوعين *L. peruvianum* و *L. pimpinellifolium* . وقد أمكن الحصول على نباتات منعزلة من التهجينات بين الطماطم وبعض سلالات النوع الأول ، بلغت نسبة فيتامين ج فى ثمارها ضعف النسبة العادية (عن Robinson ١٩٧٤) . كما استخدم النوع الثانى - *L. peruvianum* - فى إنتاج أصناف تجارية بلغ محتوى ثمارها من فيتامين ج ضعف النسبة العادية كذلك ؛ ومن أمثلتها الصنفان دبل رتش Double Rich ، وهائى سى Hi - C . هذا .. إلا أن مجرد غنى ثمار هذه الأصناف بفيتامين ج لم يساعد على انتشارها فى الزراعة .. وهى حقيقة تؤكد على أن التربية للصفات غير الواضحة للمنتج أو للمستهلك - كهذه الصفة - يجب أن تصاحبها التربية للصفات الاقتصادية الأخرى (عن Munger ١٩٧٩) . ويبدو أن صفة المحتوى المرتفع لفيتامين ج ترتبط بانخفاض المحصول ؛ فبالرغم من المحاولات العديدة لتربية أصناف جديدة عالية فى كل من المحصول وفيتامين ج .. إلا أن المحصول لم يكن مقبولاً فى السلالات العالية فى فيتامين ج .

وقد وُجِّهَتْ اتهامات بالتقصير إلى مربى النباتات بشأن عدم اهتمامهم بمحتوى الثمار من فيتامين ج فى الأصناف الجديدة المحسنة ، إلا أن الحقائق تؤكد أن مستوى الثمار من فيتامين ج قد ارتفع تدريجياً فى الأصناف التى أنتجت فيما بين عامى ١٩٥٢ ، و ١٩٧٢ (شكل ٢ - ٤) . وقد قدر متوسط الزيادة خلال تلك الفترة بنحو ٢٥٪ .

وعن وراثة هذه الصفة .. أوضحت دراسات Nazeem (١٩٦٧) أن صفة المحتوى المرتفع لفيتامين ج بسيطة وسائدة جزئياً مع وجود بعض الجينات المحورة ، وقدرت درجة توريثها بنحو ٩٣٪ . وفى دراسة أخرى (Hassan وآخرين ١٩٨٧) . وجد أن صفة المحتوى المرتفع لحامض الأسكوربيك فى الصنف لارج رد شيرى Large Red Cherry - مقارنة بالمستوى المنخفض فى الصنف يوسى UC 82 - بسيطة ومتنحية جزئياً ، بينما قدرت درجة توريثها بنحو ٦٧٪ على النطاق العريض ، و ٤٨٪ على النطاق الضيق .



شكل (٢-٤) : محتوى حامض الأسكوربيك (فيتامين ج) في ثمار أصناف الطماطم التي أنتجت خلال الفترة من عام ١٩٤٨ إلى عام ١٩٧٢ (Mathwies وآخرون ١٩٧٣) .

٣ - الفوسفور والبوتاسيوم :

يتراوح مستوى الفوسفور في أصناف الطماطم من ١٢ - ٢٧ ملليكامناً / لتر. ويبدو أن مستوى الفوسفور صفة كمية يتحكم فيها عدد قليل من الجينات . وقد وجد أن لهذه الجينات تأثيرات الإضافة والسيادة والتفوق ، كما تأثرت وراثية الصفة - بشدة - بالتفاعل بين البيئة والتركيب الوراثي ؛ ويبدو أن هذا التفاعل يرجع إلى العوامل البيئية التي تؤثر في نمو الجنور ؛ لأن امتصاص الفوسفور يعتمد كثيراً على مدى هذا النمو .

أما البوتاسيوم .. فإنه يعتبر الكاتيون غير العضوي السائد في ثمار الطماطم ؛ حيث يتراوح مستواه من ٤٥ - ٨٧ ملليكامناً / لتر . وقد يؤدي نقص البوتاسيوم إلى ضعف لون الثمار ونقص الحموضة بها .

التربية لتحسين المذاق والنكهة

تتأثر نكهة الطماطم بمحتواها من المركبات المتطايرة volatile substances ؛ أما

المذاق .. فيتأثر أساساً بنسبة السكريات إلى الأحماض ، علماً بأن النكهة يتم الإحساس بها عن طريق الأنف ، أما المذاق .. فيكون الإحساس به عن طريق الفم . وقد وجد أن أفضل طعم للطماطم يكون في الثمار التي لا تقل فيها نسبة السكريات إلى الأحماض عن ٨ : ١ ، بشرط ألا تقل نسبة السكريات عن ٣ ٪ ؛ ويعنى ذلك ألا تقل نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية عن ٥ ٪ ، وألا يزيد رقم الـ pH عن ٣.٥ . ويقصد بنسبة الأحماض الحموضة المعاييرة كنسبة مثوية من حامض الستريك ، الذى يجب ألا يقل تركيزه عن ٣.٥ ر . جم / ١٠٠ جم من الوزن الطازج (عن Stevens ١٩٧٣) .

يتبين مما تقدم أن الكميات المطلقة من السكريات والأحماض لا تقل عن النسبة بينهما في تحديد طعم ثمار الطماطم .

وقد أوضح Jones & Scott (١٩٨٣) أن سلالات الطماطم التى ترتفع فيها نسبتا السكر والحموضة كانت أفضل طعماً من الصنف القياسى كال آيس Cal Ace . وقد أرجعت معظم الاختلافات فى الطعم إلى الاختلافات فى نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية والحموضة المعاييرة ؛ وهو ما يعنى أن التربية لتحسين الطعم تعتمد على تحسين تلك الصفتين . هذا .. إلا أن زيادة نسبة السكر ترتبط - عادة - بنقص فى كل من المحصول وصلابة الثمار ، فضلاً على أنها صفة كمية ليس من السهل إدخالها - بالتربية - فى سلالات الطماطم . وقد أوضحت دراسة أخرى لهذين الباحثين (Jones & Scott ١٩٨٤) ظهور قوة هجين فى صفة طعم الثمار ، حيث كانت الهجن بين سلالات الطماطم العالية فى نسبتي السكر والأحماض أفضل طعماً من الأبوين (ظهر فيها " طعم الطماطم " بصورة أكثر وضوحاً مما فى الآباء) .

يتحسن مذاق ثمرة الطماطم كلما ازدادت نسبة أنسجة المساكن locular tissue إلى الجدر الثمرية اللحمية pericarp ، بشرط ارتفاع نسبة كل من السكر والأحماض . ويرجع السبب فى ذلك إلى التأثير الكبير لنسبة المساكن إلى الجدر الثمرية على المتوسط العام لنسبة السكريات إلى الأحماض فى الثمرة . وفى دراسة أجريت على سبعة أصناف من الطماطم - تراوحت فيها نسبة أنسجة المساكن من ٤ ٪ إلى ٣٥ ٪ من وزن الثمرة - ولدى مقارنة السكريات والأحماض فى أنسجة المساكن بتركيزها فى الجدر الثمرية

.. وجد ما يلي (Stevens وآخرون ١٩٧٧) :

- ١ - كانت السكريات المختزلة أعلى بنسبة ٢٠٪ في الجدر الثمرية منها في المساكن .
- ٢ - كان الجلوكوز أعلى بنسبة ٣٨٪ في الجدر الثرية منه في المساكن .
- ٣ - تساوى تركيز كل من الفركتوز ، والمواد الصلبة الذائبة الكلية في كل من الجدر الثمرية والمساكن .

- ٤ - كانت الحموضة المعايرة أعلى بنسبة ٤٨٪ منها في الجدر الثمرية .
- ٥ - كان حامض الستريك أعلى بنسبة ٥٧٪ في المساكن منه في الجدر الثمرية .
- ٦ - تساوى كل من ال pH ، وتركيز حامض المالك في كل من الجدر الثمرية والمساكن .

ويعنى ذلك أن المذاق يكون أفضل في الأصناف التي تحتوى ثمارها على نسبة عالية من المساكن ، مع ارتفاع محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية ، مثل أيس ، وفى إف ١٤٥ - بي - ٧٨٧٩ مما فى الأصناف التي تحتوى ثمارها على نسبة منخفضة من المساكن ، مثل يوسى ٨٢ .

أما نكهة الطماطم .. فإنها تتحدد بمحتواها من المركبات المتطايرة كما سبق بيانه . ولقد أمكن التعرف على أكثر من ١٨ مركباً متطائراً فى عصير الطماطم ، منها نسبة عالية من الألدهيدات ، والكيتونات ، والكحولات ، وبعض الإسترات . كما وجدت اختلافات كمية بين أصناف وسلالات الطماطم فى محتواها من هذه المركبات ، التى يقدر تركيز كل منها بالجزء فى البليون ، والتى من أمثلتها ما يلي :

amyl alcohol	n - pentanol
cis - 3 - hexenol	acetaldehyde
methyl sulfide	acetone
methanol	ethanol
isovaleraldehyde	n - hexanol
2 - isobutylthiazole	methyl salicylate
eugenol	

وقد وجد Stevens (١٩٧٠) من دراسته الوراثية على المركبات الثلاث : مرة ما يلي :

- ١ - يتحكم فى تركيز مركب isobutylthiazole - 2 جين واحد نوتاثير إضافى .
- ٢ - يتحكم فى تركيز مركبى methyl salicylate ، و eugenol جينان (واحد لكل منهما) مرتبطان فى نظام ازواجى coupling ، مع سيادة التركيز المنخفض على التركيز المرتفع فى كل منهما .
- وفى دراسة أخرى .. كان isobutylthiazole - 2 أهم المركبات المتطايرة تأثيراً على فرق النكهة بين صنفى الطماطم كامبل ١٤٦ 146 Campbell ، وكامبل ١٣٢٧ .
- كما وجد McGlasson وآخرون (١٩٨٧) ٦٩ مركباً فى ثمار الصنف رتجز Rutgers ، كان لكل منها رائحة خاصة مميزة ؛ وقد ربطوا النكهة المميزة للطماطم بستة من هذه المركبات ، وهى :

hex - 2 - enal	linalool
phenylacetaldehyde	methyl salicylate
2 - phenylethanol	eugenol

وبرغم وجود هذه الاختلافات الكمية بين أصناف وسلالات الطماطم فى محتواها من المركبات المتطايرة .. إلا أنه لم تلاحظ فروق نوعية بينها . كما لم ترتبط أى منها بالنكهة المميزة للثمار ، باستثناء حالات قليلة سبقت الإشارة إلى بعضها . ويبدو - من دراسة العلاقة بين محتوى الثمار من الصبغات الكاروتينية ومحتواها من المركبات المتطايرة - أن المركبات المتطايرة الرئيسية تنتج من تحلل البوليينات polyenes والكاروتينات ؛ فقد وجدت هذه العلاقة فى الصنفين Caro - Red الغنى بالبيتاكاروتين - و Golden Jubilee الغنى بالزيتاكاروتين

التربية لزيادة القدرة على تحمل التخزين لفترات طويلة

يجب - بداية - - التمييز بين صفتى صلابة الثمار ، وقطرة صلاحيتها للتخزين shelf life . فقد تتساوى ثمار صنفين من الطماطم فى الصلابة عند جصاها فى طور النضج الأحمر ، ولكن سريعاً ما تظهر اختلافات كبيرة بينهما - فى درجة صلابتها - خلال أسبوع

واحد من تخزينها في درجة حرارة الغرفة .

وتتوقف فترة الصلابة للتخزين على عاملين رئيسيين ؛ هما :

١ - صلابة الثمرة عند الحصاد :

حيث تزيد فترة صلاحية الثمار للتخزين بزيادة صلابتها عند الحصاد . وتختلف الصلابة باختلاف الأصناف وباختلاف مرحلة نضج الثمار عند الحصاد . تدوم تلك العلاقة لفترة قصيرة ، ويظهر بعدها تأثير العامل الثاني .

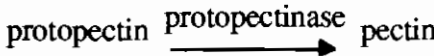
٢ - مدى نشاط الإنزيمات التي تعمل على تحليل المواد البكتينية -pectolytic en- zymes في الثمار :

تزداد فترة صلاحية الثمار للتخزين بانخفاض نشاط هذه الإنزيمات .

وتفقد الثمار صلابتها أثناء نضجها بفعل بعض التغيرات الإنزيمية في المركبات البكتينية ، وهذه التغيرات هي :

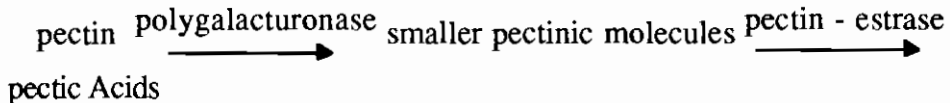
١ - تلتصق خلايا الثمار غير الناضجة بشدة بواسطة مادة البروتوبكتين protopectin التي تتوفر فيها .

٢ - يتحول البروتوبكتين - إنزيمياً - أثناء نضج الثمار إلى بكتين pectin بفعل إنزيم بروتوبكتينيز كالتالي :



ويعتبر البكتين أقل قدرة على لصق الخلايا من البروتوبكتين .

٣ - يتحول البكتين - إنزيمياً - مع استمرار نضج الثمار إلى مركبات أخرى ؛ مثل : الأحماض البكتينية pectic acids بفعل إنزيمات البكتينيز pectinase وبولى جالا كيتورونيز polygalacturonase ، وبكتين استريز pectin - estrase كما يلي :



ويرجح أن تحلل المواد البكتينية يضعف الشبكة المعقدة للمركبات العديدة التسكر في الجدر الخلوية ، مما يؤدي إلى ضعف الاتصال بين الخلايا وفقد الصلابة بالتالي (Gould ١٩٧٤) . وتحدث هذه التغيرات في المواد البكتينية سواء أكانت الثمار صلبة ، أم غير صلبة (Malis - Arad وآخرون ١٩٨٣) . إلا أن بعض سلالات التربية تحتوي على جينات توقف بعض هذه التفاعلات الإنزيمية أو تثبطها ، مما يترتب عليه عدم فقد الثمار لصلابتها ، واستمرارها بحالة صلبة لعدة أشهر ، كما في حالة الطفرات rin ، و nor ، و Nr ، و alc ، و Gr . وقد عرف الكثير عن نشاط الإنزيمات - التي تحلل المواد البكتينية - وبورها في عملية النضج ؛ من خلال الدراسات التي أجريت على هذه الطفرات المؤثرة في نضج الثمار. ونلقى - فيما يلي - الضوء في هذه الطفرات وتأثيراتها المتعددة على ثمار الطماطم .

١ - طفرة " مانع النضج " ripening inhibitor :

يتحكم في هذه الطفرة الجين المنتحي rin . ويتميز ثمار النباتات الأصلية في هذا الجين بما يلي :

أ - تظل الثمار محتفظة بصلابتها لفترة طويلة بعد الحصاد ، ولا تفقدها إلا ببطء شديد .

ب - لا تظهر بها ظاهرة الكلايمكتريك climacteric كما في الثمار الطبيعية .

ج - لا تتكون بها الصبغات الكاروتينية العادية بالكميات أو بالنسب التي توجد في الأصناف العادية .

لا يمكن الاستفادة من هذا الجين إلا في الهجن فقط ؛ ذلك لأن النباتات الأصلية rin rin لا تتلون ثمارها باللون الأحمر ، وأقصى ما يمكن أن تصل إليه هو اللون الأصفر . لا تكون هذه الثمار مستساغة الطعم ؛ وعليه فهي لا تصلح للاستهلاك . أما ثمار النباتات الخليطة rin /+ .. فيجب ألا تقطف قبل وصولها إلى طور النضج الأحمر . وإذا جمعت - وهي في طور النضج الأخضر - فإنها لا تصل في التلون إلى أكثر من اللون البرتقالي المصفر ، وتكون رديئة الطعم . هذا .. إلا أن طعمها يكون مقبولاً إذا قطفت وهي مكتملة التلون (Kopeliovitch وآخرون ١٩٨٢) .

ويبدو أن احتفاظ الثمار الحاملة للجين rin بصلابتها أثناء التخزين مرده إلى أنها تخلو من أى نشاط لإنزيم polygalacturonase . ففي دراسة - قورن فيها نشاط الإنزيمات pectinestrace ، و polygalacturonase ، و cellulase (وهى الإنزيمات المسؤولة عن التغيرات التى تؤدى إلى فقدان ثمار الطماطم لصلابتها) فى ثمار على درجات مختلفة من النضج من سلالتين من الصنف رتجز Rutgers إحدهما عادية . بينما تحمل الأخرى الجين rin - وجد أن نشاط هذه الإنزيمات فى السلالة الحاملة للطفرة مقارنة بالسلالة العادية كان كما يلى : لم يتغير نشاط إنزيم pectinestrace أثناء نضج الثمار ، وازداد نشاط إنزيم cellulase ، بينما لم يلاحظ أى نشاط لإنزيم polygalacturonase (عن Whitaker ١٩٧٩) .

٢ - طفرة " عدم النضج " non-ripening :

يتحكم فى هذه الطفرة الجين المنتحى nor ، ويتميز ثمار النباتات الأصلية فى الطفرة بأنها تتكون ببطء شديد ، وتبقى محتفظة بصلابتها لعدة أشهر بعد الحصاد . يستخدم هذا الجين - كذلك - فى الهجن فقط ؛ ذلك لأن النباتات الأصلية nor nor لا تتلون باكثراً من اللون البرتقالى المصفر بعد أكثر من ٥ - ٦ شهور من القطف ، فضلاً على أن طعمها غير مستساغ ولا تصلح للاستهلاك . أما الثمار الخليطة + / nor .. فإنها تنضج بصورة طبيعية ، وتكتسب لوناً أحمر عادياً . إذا تركت لتكمل نضجها على النبات ؛ ويكون طعمها جيداً - خاصة إذا أنتجت فى بيئة ملحية - أما إذا قطفت هذه الثمار قبل اكتمال تلوينها .. فإنها لا تكمل نضجها بصورة طبيعية ؛ حيث تظل باهتة اللون إذا قطفت فى طور النضج الوردى ، ولا تتلون إذا قطفت فى طور النضج الأخضر (Buescher وآخرون ١٩٨١) .

وترجع قدرة ثمار هذه الطفرة على الاحتفاظ بصلابتها لفترات طويلة - عند التخزين - إلى قلة نشاط إنزيم ال polygalacturonase بها .

وبالمقارنة .. فإن ثمار الهجن + / rin + / nor تكتسب لوناً أحمر باهتاً إذا تركت لتكمل نضجها على النبات . وتبقى هذه الثمار محتفظة بجودتها لمدة ٣ - ٤ أسابيع بعد الحصاد فى درجة حرارة الغرفة ، ثم تبدأ البنور - بعد ذلك - فى الإنبات داخل الثمرة . أما إذا قطفت الثمار فى مرحلة النضج الأخضر .. فإنها لا تكتسب أكثر من اللون البرتقالى

المصفر بعد الحصاد .

وقد جرت محاولات لتحسين تلوين ثمار السلالات nor بإضافة الطفرات الأخرى المحسنة اللون إليها ، وكانت النتائج كما يلي :

أ - تميزت ثمار النباتات ذات التركيب الوراثى nor nor hphp بصلابتها الشديدة ، مع احتفاظها بجودتها لعدة شهور أثناء التخزين ، وكان لون هذه الثمار أحمر فاتحاً من الخارج ، وطبيعياً من الداخل .

ب - تميزت ثمار النباتات ذات التركيب الوراثى nor nor hp hp og^c og^c بصلابتها الشديدة ، مع احتفاظها بجودتها لعدة شهور أثناء التخزين . وكان لون هذه الثمار طبيعياً من الخارج ، وأكثر احمراراً من الثمار العادية من الداخل .

أما عن عدم استساغة طعم ثمار النباتات الأصلية فى أى من الطفرتين rin ، أو nor .. فيبدو أن مرده إلى خلوهما من بعض المركبات المتطايرة المسئولة عن النكهة المميزة للطماطم . فقد وجد McGlasson وآخرون (١٩٨٧) أن ثمار الطفرتين rin ، و nor تخلوان من ١٥ مركباً متطائراً وجدت فى الثمار الطبيعية ، وصنفت على أنها ذات رائحة متوسطة إلى قوية واشتملت على : اثنين من الألدهيدات ، وسبعة كحولات ، واثنين من الكيتونات ، وثلاثة مركبات كبريتية ، ومركب فينولى واحد .

٣ - الطفرة " لا تنضج أبداً " never ripe :

يتحكم الجين Nr فى هذه الطفرة التى تتميز بأن ثمارها لا تفقد صلابتها إلا ببطء شديد . وقد وجد Hobson (١٩٦٧) أن هذا الجين سائد جزئياً ، وأن النباتات الحاملة له تنضج ثمارها وتتلون ببطء ، كما تفقد صلابتها ببطء كذلك . وتميزت الثمار الحاملة لهذا الجين بقلّة نوبان المواد البكتينية فيها ، وضعف نشاط إنزيم الـ polygalacturonase بها .

٤ - الطفرة " ألكوباكو " Alcobaco :

يتحكم فى هذه الطفرة الجين المتنحى alc وتتميز ثمار النباتات الأصلية فى الطفرة بأنها تحتفظ بصلابتها لفترات طويلة بعد الحصاد ، إلا أنها لا تكمل تلوونها بصورة طبيعية .

ويتأثر اللون النهائي للثمرة بلونها عند حصادها كما يلي :

لون الثمرة عند الحصاد	اللون النهائي للثمرة في المخزن
أخضر	أصفر
بداية التلوين	برتقالي
بعد بداية التلوين بأسبوعين	أحمر فاتح
أحمر (الثمار مكتملة النضج)	أحمر فاتح

وتكون الثمار الناضجة - طبيعياً - على النبات ذات لون وطعم مقبولين ، وتحفظ بجودتها عند التخزين لفترات طويلة ، ولهذا الجين المتنحي تأثير متعدد في تلوين الثمار وصلابتها ونشاط الإنزيمات المحللة للمواد البكتينية بها ، وهي الإنزيمات المسؤولة عن زيادة نوبان المواد البكتينية . هذا .. ويظهر في الجيل الثاني للهيجين + / alc تدرجات في اللون ، يعتقد أنها ترجع إلى بعض الجينات المحورة (Kopeliovitch وآخرون ١٩٨١) .

وتأييداً لذلك .. وجد Lobo وآخرون (١٩٨٤) أن هذه الطفرة يتحكم فيها جين متنح يؤدي إلى ببطء كل من التنفس وإنتاج الإيثيلين ، وتأخير فقد الثمار لصلابتها ، ونقص نشاط إنزيم الـ polygalacturonase ، وزيادة فترة تخزين الثمار . وقد توصل الباحثون من دراستهم إلى أن هذا الجين أليلى للجين nor ، واقترحوا الرمز nor^A ، علماً بأنه - أي nor^A - كان سائداً على أليله nor . إلا أن Mutschler (١٩٨٤) توصلت من دراستها إلى أن الطفرة ألكوباكروالجين nor ليسا أليليين ، ولكنهما مرتبطتان ، ببعضيهما ؛ حيث إن المسافة بينهما هي ١٧ وحدة عبور . وقد وجدت أن الجيل الأول الخليط في كل من alc و nor تتلون ثماره بعكس النباتات الأصلية في أي منهما ، وهو سلوك يدل على أن الجينين غير أليليين ، كما ظهرت نباتات انعزالية في الجيل الثاني للتلقيح alc x nor ، وهو ما يؤكد نفس الاستنتاج .

وقد أوضحت هذه الدراسة أن الجين alc يقع قرب نهاية الذراع القصيرة للكروموسوم رقم ١٠ على مسافة ٢٠ وحدة عبور من الجين u الخاص بالنضج

المتجانس unifor ripening ، وعلى نحو ١٤ وحدة عبور من الجين hy الخاص باللون الأصفر المتجانس homogenous yellow .

وفى دراستها على خصائص النضج والتخزين لثمار نباتات الطماطم الحاملة للطفرة ألكوباكوبحالة أصيلة أوخليفة .. وجدت Mutschler (١٩٨٤) ما يلى :

أ - أظهرت ثمار النباتات الخليفة فى الطفرة زيادة فى القدرة التخزينية مقدارها ٧٨ ٪ عما فى الصنف رتجرز .

ب - أظهرت الثمار المكتملة النضج للنباتات الأصيلة فى الطفرة زيادة فى القدرة التخزينية مقدارها ٣٠٠ ٪ عما فى الصنف رتجرز . كان متوسط فترة التخزين ٤٠ يوماً . هذا .. مع العلم بأن الزيادة فى القدرة التخزينية لم تكن مصاحبة بزيادة مبدئية (أى عند بداية التخزين) فى صلابة الثمار ، وإنما كانت مصاحبة بنقص فى معدل فقد الثمار التامة النضج لصلابتها أثناء التخزين ، مقارنة بمعدل النقص فى صلابة الثمار العادية .

ج - لم تؤثر الطفرة فى pH الثمار ، أو نسبة المواد الصلبة الذائبة بها ، أو على المدة من الإزهار لحين وصول الثمرة إلى مرحلة النضج الأخضر ؛ إلا أن الطفرة أبطأت وصول الثمار - بعد ذلك - إلى مرحلة اكتمال النضج .

د - توقفت درجة التلوين التى وصلت إليها الثمار أثناء التخزين على مرحلة النضج التى قطعت عندها ؛ علماً بأن مرحلة بداية التلوين كانت هى الحد الأدنى الذى يجب أن تقطف عنده الثمار ؛ لئى تكمل نضجها بعد ذلك .

هـ - قلّ إنتاج الإيثيلين فى الثمار المقطوفة بمقدار ٢٥ ٪ عما فى الصنف رتجرز . وأثرت مرحلة نضج الثمار عند قطفها فى مدى إنتاجها للإيثيلين بعد ذلك .

وقد تمكنت Mutschler من إدخال الجين alc فى صنف الطماطم New Yorker ، وأنتجت سلالة التربية 111 Cornell التى تميزت بكل صفات الصنف التجارى ، غير أن ثمارها كانت أكثر صلابة وأبطأ نضجاً ، وأبهت لوناً من الداخل بسبب هذا الجين . وقد توقف مدى تأثير الجين alc فى لون الثمار على الخلفية الوراثية للنبات الذى يوجد به هذا الجين ؛ حيث تراوح اللون بين الردىء والمتوسط (كما فى 111 Cornell) والطبيعى تقريباً .

ولا تعرف وسيلة للتنبؤ بلون الثمار قبل إجراء التلقيحات ، إلا أن الدراسة أوضحت أن هذا الجين يؤدي مع الجين المسئول عن الكثف الأخضر في الثمار غير الناضجة إلى أن تصبح أكتاف الثمار صفراء زاهية عند النضج دون أن تكتسب لوناً أحمر . ولهذا اقترح إدخال الجين alc في الأصناف التي تحتوى على الجين u المسئول عن لون الثمار الأخضر المتجانس ، وخاصة أنه وجد ارتباط قدره ٢٠ وحدة عبور بين الجينين Alc ، و U .

هذا .. ويمكن انتخاب النباتات الأصلية في الجين alc باختبار القدرة التخزينية لثمارها بعد أن تنضج طبيعياً على النبات . كما يمكن تمييز النباتات الخليفة في الجين ، لأن ثمارها تتحمل التخزين على درجة ٢٠°م لمدة تزيد بنحو ٥٠ ٪ على المدة التي تبقى خلالها الثمار العادية مخزنة بحالة جيدة . وإذا قطعت ثمار النباتات الأصلية في الطفرة - وهي خضراء ناضجة - فإنها لا تتلون أبداً بصورة طبيعية ؛ حيث لا يزيد تلوينها عن اللون البرتقالي المصفر . وبرغم أنه يمكن الاستفادة من هذه الخاصية في انتخاب النباتات المتتحية الأصلية مبكراً .. إلا أنه لا ينصح باتباع هذه الطريقة ؛ لأنها لا تسمح بانتخاب التراكيب الوراثية التي يكون لون ثمارها الداخلي جيداً .

ه - الطفرة " النضج الأخضر " Green Ripe :

يتحكم في هذه الطفرة الجين السائد Gr الذي جاء ذكره لأول مرة في عام ١٩٥٢ . وهو جين يؤدي إلى عدم تحلل الكلوروفيل في الثمار الناضجة . وقد عزلت الطفرة من كيميرا ثمرية ظهرت فيها مقاطع خضراء وأخرى حمراء . وليست هذه الطفرة أليلية لأي من الجينات rin ، أو nor ، أو Nr .

وقد وجد Jarret وآخرون (١٩٨٤) أن ثمار النباتات الحاملة لهذا الجين يظهر بها الكلايمكتك ، وتنتج كميات متزايدة من الإيثيلين بعد الحصاد ، ولكن مع تأخر كبير ؛ حيث يبلغ أقصى إنتاج للإيثيلين بعد بداية الزيادة بنحو ٢٠ يوماً . كذلك .. فإن نشاط إنزيم الـ Polygalacturonase يزيد مع تقدم الثمار في العمر ، إلا أنه لا يصل إلى أكثر من ٣ - ٥ ٪ من نشاط الإنزيم في الصنف رتجرز ؛ وعليه .. فإن الثمار الحاملة لهذا الجين تظل صلبة لفترة طويلة بعد الحصاد . وقد تبين أن تأثير الجين على كل من معدل إنتاج الإيثيلين ونشاط الإنزيم سائد سيادة تامة .

التربية للصلاحيية للتعليب

تتطلب تعبئة ثمار الطماطم كاملة فى العلب إزالة جلد الثمرة دون الإضرار بها . وتؤدى هذه العملية إلى تلف نسبة كبيرة من الثمار ؛ ففى كاليفورنيا .. تتلف أربع ثمار مقابل كل ثمرة يتم سلخ جلدھا بصورة جيدة تصلح معها للتعليب ؛ لذا .. فإن التربية لسهولة سلخ جلد الثمرة من الأهمية بمكان فى تلك الصناعة (عن Stevens ١٩٧٩) .

ويعتبر صنف الطماطم موريتا Murrietta من أصلى صناف الطماطم للتعليب ؛ لسهولة سلخ جلد ثماره .

الارتباطات بين صفات الجودة وبعض الصفات النباتية الهامة

يوضح جدول (٢-٤) الارتباطات التى وجدت بين بعض صفات الجودة ، وبعض الصفات النباتية الهامة (Radwan وآخرون ١٩٧٩) .

جدول (٢-٤) : الارتباطات بين صفات الجودة وبعض الصفات النباتية الأخرى .

الصفات المرتبطة	نوع الارتباط	الصفة
المحصول المبكر ، والمحتوى المرتفع من كل من فيتامين ج ، والحموضة المعايرة .	موجب	النمو المحدود
حجم الثمرة ، ونسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية بها .	موجب	النمو غير المحدود
محتوى الثمار من فيتامين ج .	سالب	قوة النمو الخضرى
وزن الثمرة ، وعدد الثمار بالنبات .	موجب	المحصول الكلى
المحصول المبكر ، ومحتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية .	سالب	المحصول الكلى
عدد الثمار بالنبات ، ومحتواها من الحموضة المعايرة .	موجب	المحصول المبكر
محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية .	موجب	الحموضة المعايرة
حجم الثمرة .	سالب	المواد الصلبة الذائبة الكلية
محتوى الثمار من فيتامين ج .	موجب	نسبة السكريات
حجم الثمرة وعدد حجراتها .	سالب	الحموضة المعايرة
حجم الثمرة ، وعدد حجراتها ، ونسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية بها .	سالب	صلابة الثمرة
سمك الجدر الثمرى .	موجب	صلابة الثمرة
عدد الحجرات بالثمرة .	موجب	وزن الثمرة
محتوى الثمرة من فيتامين ج ، والحموضة المعايرة .	سالب	وزن الثمرة

وليزيد من التفاصيل عن التربية لصفات الجودة فى الطماطم .. يراجع Porter (١٩٦٠) ، Stevens (١٩٨٦) .

التربية لمقاومة العيوب الفسيولوجية

تقتصر المناقشة فى هذا الجزء على التربية لمقاومة العيوب التى تظهر على الثمار ، ويكون مردها إلى أسباب فسيولوجية . أما التربية لمقاومة الظواهر الوراثية غير الطبيعية ، والأفات بأنواعها المختلفة .. فإنها تناقش فى الجزء التالى ، والفصل الرابع على التوالى .

التربية لمقاومة تشققات الثمار

تختلف أصناف الطماطم - كثيراً - فى قابلية ثمارها للتشقق . ومن بين الأصناف المنتشرة فى الزراعة محلياً .. تعد الأصناف يوسى ٨٢ ، وبيتو ٨٦ ، ويوسى ٩٧ - ٣ أكثرها مقاومة ، والصنف فى إف إن ٨ أشدها قابلية للإصابة بالتشقق الدائرى . هذا .. بينما توجد أصناف أخرى شديدة القابلية للإصابة بالتشقق العمودى ، ولا تزرع محلياً ؛ مثل : بيريز صننى بروك إيرليانا Burpee's Sunnybrook Earliana ، وبنك سوبريم كليمير Pink Supreme Climber .

تتطلب التربية لمقاومة تشققات الثمار تعريض النباتات أو الثمار لظروف مهيئة لظهور التشققات فى الأصناف أو السلالات القابلة للإصابة ، ثم تقدير درجة الإصابة حسب شدة الأعراض .

وتختبر قابلية الأصناف للإصابة بالتشقق بوسائل مباشرة ، وأخرى غير مباشرة كما يلى :

١ - رى الحقول رياً غزيراً أثناء مرحلة النضج الأحمر للثمار ؛ حيث يؤدى هذا الإجراء إلى إحداث تقلقات كثيرة وتشققات عمودية فى الثمار التى لديها الاستعداد لذلك . ويفيد الرى بالرش ، خاصة فى هذا الشأن .

٢ - أمكن استبعاد مختلف العوامل البيئية المؤثرة فى التشقق ؛ باختبار معملى تعرض فيه الثمار - وهى فى بداية مرحلة التلون - لتفريغ جزئى وهى مغمورة فى الماء ، مع