الفصل الرابع

تحسين الجودة التغذوية للفواكه والخضراوات المصنَّعة: الطماطم كحالة أو نموذج

Improving the Nutritional Quality of Processed Fruits and Vegetables: the Case of Tomatoes

كارلو ليوني، استازيون اسبيريمينتال بير آي إندوستريا ديللي كونسيرفي أليمينتاري، بارما
Carlo Leoni, Stazione Sperimentale per I, Industria delle Conserve Alimentari, Parma

(٤,١) مقدمة: دور الفواكه والخضراوات المصنَّعة في الغذاء العصري

Introduction: Role of Processed Fruits and Vegetables in the Modern Diet

الفكرة الأساسية التي يمكن أن يتفق عليها جميع العلماء التغذويين هي أن زيادة استهلاك مختلف أنواع الفواكه والخضراوات سيساعد في تحسين صحة معظم المجتمعات البشرية. ومن المعروف أن الغذاء (الذي يمثله غذاء سكان البحر الأبيض المتوسط كأفضل مثال (Mediterranean diet) يعتبر مفيدا للصحة، خاصة فيما يتعلق بمنع تطور الأمراض المزمنة التحللية التنكسية (chronic degenerative diseases)[٢,١]. الطماطم من أكثر الفواكه والخضراوات استخداما واستهلاكا في غذاء البحر الأبيض المتوسط. لذا، يبدو أن الطماطم مهمة بصفة خاصة من ناحية الصحة العامة إذ إنها تستهلك بكميات كبيرة وأنها غنية بكثير من المركبات التي يعتقد أنها توفر وقاية من أو تقلل مخاطر الإصابة بالأمراض المزمنة التنكسية.

تحتوي منتجات الخضروات بما فيها الطماطم كثيرا من المواد التي قد تكون مفيدة صحيا، وتوفر وقاية من أمراض معينة ترتبط بالعمليات التأكسدية. ولهذه المواد وظائف مختلفة، مثل كسح الجذور(الشوارد) الحرة(free radical scavengers) ومطفيات (إخماد) الأكسجين الأحادي(singlet oxygen quenchers) ومخلبات المعادن (metal chelants) ومثبطات الإنزيمات(inhibitors of enzymes) التي لها دور في تكوين الأنواع النشطة من الأكسجين[٣]. وقد أثبتت الدراسات الإبيدميولوجية (الوبائية) أن استهلاك الطماطم يوفر آثارا وقائية ضد بعض أنواع السرطانات وأمراض القلب الإسكيمية [أمراض تعويق سريان الدم في شرايين القلب(ischaemic heart diseases)]. وقد عُزِيَ هذا الأثر الواقي أساسا للنشاط المضاد للأكسدة لبعض مكونات الطماطم.

الكاروتينويدات من أوائل المركبات التي جذبت اهتمام العلماء بالآثار الصحية للفواكه والخضراوات ، والطماطم غنية بشكل خاص بواحد من هذه المركبات وهو اللايكوبين(lycopene). الطماطم هي المصدر الغذائي الرئيس للايكوبين، وهو الكاروتينويد النموذجي ذو اللون الأحمر(typically red-coloured carotenoid). وأيضا، توجد كاروتينويدات أخرى مثل كاروتينات بيتا (β–) وجاما (γ–) وكابا (ε–) وكذلك يتواجد الليوتين(lutein) والبايتوئين(phytoene) والفايتوفلوين(phytofluene)، ولكن بتركيزات أقل. كما يتواجد فيتامينا ج وهـ في البذور[٤]. وزيادة على ذلك، هناك اهتمام متزايد بمركبات أخرى موجودة في الطماطم مثل الفولات (folates) والفينولات، بالرغم من عدم وجود دراسات بشرية كافية لتقدير تأثيرات الفينولات على صحة الإنسان، بصفة خاصة. تعتبر الطماطم مصدرا مهما لحمض الأسكوربيك (فيتامين ج) الذي له تأثيرات مضادة للأكسدة وله تأثيرات تغذوية معروفة جيدا. وتحتوي الطماطم مثل الخضروات الأخرى على عدد من مركبات الفينولات العديدة التي لها تأثير مضاد للأكسدة[٥]. وأخيراً، تتواجد

التوكوفيرولات(tocopherols) في الطماطم أيضاً، بالرغم من وجودها بتركيزات منخفضة[٦]. إن التركيب المضاد للأكسدة للطماطم معقد وغني، ويجب أن تؤخذ المعايير المثالية للتصنيع وتقنيات التخزين في الاعتبار، للمحافظة على المخزون الكلي المضاد للأكسدة والمحافظة على خصائصه الوظيفية (functional properties).

(٤,٢) منتجات الطماطم المصنَّعة
Processed Tomato Products

من المهم أن نُذكِّر بأن الكميات الأكبر من الطماطم تؤكل في شكل منتجات مصنعة. ويمكن تصنيع الطماطم بسهولة بأشكال منتجات تستهلك بكميات كبيرة. وأثناء هذا التصنيع، فإن المكونات الرئيسة تُحفَظ أو حتى تركَّز. وبسبب هذا الاستهلاك الواسع والكبير، تبدو الطماطم كأحد أهم الأغذية فيما يتعلق بالصحة.

تقدم هذه الاكتشافات معايير مثالية جديدة (غير تقليدية) (novel optimization criteria) وأهدافا لتصنيع الطماطم. ومن الواضح أن نقطة البداية المثالية (القياسية) للخصائص التغذوية للطماطم هي المادة الخام، ويجب إعطاء اهتمام كبير لتفادي أو تقليل الآثار الضارة التي تسببها تقنية التصنيع والتخزين للمنتجات المصنعة.

يُصنَع حوالي ٢٥-٣٠ مليون طن طماطم سنويا، والتي تمثل أكثر من ثلث الـ٧٠ مليون طن المنتجة سنويا. إن متوسط استهلاك الفرد سنويا يبلغ حوالي ٣,٥كيلوجرام (على أساس طماطم طازجة)، مع اختلافات أو فروقات تتراوح ما بين صفر كيلو استهلاك لدى بعض المجتمعات، و١٤-١٥كيلوجراماً لدي سكان الاتحاد الأوربي، وإلى ٣٠ كيلوجراماً في إيطاليا والولايات المتحدة الأمريكية.

تعتبر الطماطم الآن من أهم منتجات الخضروات المستخدمة في المنتجات المحفوظة صناعيا. الدول المنتجة للطماطم "تقليديا" هي الولايات المتحدة الأمريكية وإيطاليا واليونان وأسبانيا والبرتغال وفرنسا والتي يضاف إليها تدريجيا، تركيا وأقطار

شمال أفريقيا وإسرائيل وكندا والمكسيك وشيلي والبرازيل وحديثا أضيفت الصين والجمهوريات الجنوبية للاتحاد السوفيتي السابق واستراليا وتايلاند والهند وجنوب أفريقيا. ويوضح الجدول رقم (٤,١) أحدث الدراسات لحملات الإنتاج (production campaigns)، ومن الجدول يمكن ملاحظة أنه بالرغم من أن هذه البيانات لصناعة تنتج منتجات ذات قيمة مضافة منخفضة نسبياً، إلا أن الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد الأوربي وحدهما يصنعان ٧٠٪ من الإنتاج العالمي الكلي للطماطم.

ويمكن تحويل/تصنيع الطماطم إلى منتجات مختلفة مثل:

- *محفوظات الطماطم*(*tomato preserves*) [مثل طماطم كاملة مقشرة(whole peeled) tomatoes وعصير الطماطم(tomato juice) ولب الطماطم(tomato pulp) وهريس الطماطم (tomato puree) والطماطم المصفاة(strained tomatoes) والطماطم المقطعة شرائح(diced tomatoes) ومعجون الطماطم(tomato paste)]. مهما كانت خطوات التصنيع التقنية (technological flow sheet) في نهاية الأمر تعبأ كل هذه المنتجات في علب مغلفة بالقصدير(tinplate cans) وبرطمانات زجاجية (glass jars) وأكياس متعددة الطبقات (multilayer bags) ثم تثبت بالمعاملة الحرارية.
- *الطماطم المجففة*(*dried tomatoes*) [مسحوق طماطم(tomato powder) ورقائق الطماطم(tomato flakes) والطماطم المجففة كاملة أو أنصافاً أو شرائح(whole, halved and sliced dried tomatoes)]. تجفف هذه المنتجات(dehydrated) بتقنيات مختلفة، ويمثل النشاط المائي المنخفض العامل المثبت فيها(low water activity) ؛
- *الأغذية المعتمدة على الطماطم أو الأغذية المحتوية على طماطم*(*tomato-based foods or tomato-containing foods*) وهذه الأغذية هي التي تمثل فيها الطماطم أحد المكونات مثل[شوربة الطماطم(tomato soup) وصلصة الطماطم(tomato sauces)

وصلصة الشطة (chili sauce) والكاتشب (ketchup) وصلصة البلونيز (bolognaise sauce) إلخ..I. وفي هذه الحالة، يمكن إضافة كثير من المكونات الأخرى ليكتمل تصنيع المنتج، الذي يعلب ثم يعقم أو يثبت بالمعاملة الحرارية. إن تنوع الأغذية المحتوية على الطماطم يجعل من المستحيل تحديد خطوات عامة للتصنيع (general processing flow sheet). يمكن معاملة المنتجات حراريا أو حفظها مبردة أو تجميدها أو تجفيفها، كما يمكن تخزينها في ظروف أو حالات مختلفة، اعتمادا على ثباتيتها.

إضافة لذلك، تتطلب كثير من هذه المنتجات المذكورة سابقاً مزيدا من التصنيع المنزلي قبل استهلاكها، وذلك مثل الطبخ والخبز (baking) أو الترطيب(rehydration).

الجدول رقم (٤,١). كميات الطماطم المصنَّعة في البلدان الأهم من ناحية الاستخدام(آلاف الأطنان) منذ ١٩٧٥(*).

القطر	١٩٧٥	١٩٨٠	١٩٨٥	١٩٩٠	١٩٩٥	١٩٩٩
الولايات المتحدة	٧٧١٥	٥٦٤٦	٦٥٢٥	٩٣٠٧	١٠٢٣٥	١١٧٢٤
إيطاليا	١٥٧٥	٣٠٨٣	٣٧٨٥	٣٨٥٠	٣٥٣٥	٤٩٠٠
تركيا	٥٢٠	٦٠٠	١١٠٠	١٥٠٠	١٩٢٠	١٨٠٠
أسبانيا	٨٢٧	٤٩٩	٨١٩	١١٣٤	٩١٦	١٤٨٠
اليونان	٩٧٩	١٥٠٠	١١٨٠	١١٥٠	١١٧٨	١٢٠٠
البرازيل	❖	❖	❖	٦٠٠	٩٣٠	١١٠٠
البرتغال	٨٠٠	٤٥٤	٧١٦	٧٦٠	٨٣١	٩٩٦
الصين	❖	❖	❖	٤٢٠	٥٥٠	٩٠٠
شيلي	❖	٢٧٥	❖	٦٠٩	٨٢٢	٩٠٠
تونس	❖	❖	-	١٠٠	٤٣٥	٧٢٠
كندا	٣٥٠	٣٧٩	٤٧٦	٥٨٠	٥٢٤	٤٨٠
فرنسا	٢٨٠	٤١٦	٣٩٢	٣٤٠	٢٨١	٣٧٠
الأرجنتين	❖	❖	-	٢٦٧	١٩٠	٣٣٠
المكسيك	٢١٠	٢٢٠	٢٣٠	٣٦٥	٢٧٥	٣١٠
إسرائيل	١٦٣	١٦٦	٢٥٧	٣٠٠	٣١٥	٢٨٧
المجموع	❖	❖	❖	٢٢٨٢١	٢٢٩٣٧	٢٧٤٩٧
العالم	❖	❖	❖	٢٢٨٢١	٢٤٩٥٩	٢٩٥٩٢

(*) تم استبعاد بعض البيانات لعدم التأكد منها.

(٤,٣) الجودة التغذوية للطماطم المصنَّعة

Nutritional Quality of Processed Tomato

دائماً، اعتبرت الطماطم المصنَّعة، وخاصة معجون الطماطم، منتجات "فقيرة" ذات قيمة مضافة منخفضة يراد بها/منها أن تستخدم كمكون أساسي في منتجات أكثر تطورا (صلصة، كاتشب)، وذلك من أجل الاستخدامين: المنزلي والصناعي (domestic and manufacturing purposes). وتبدو هذه المنتجات شبه المصنعة (semi-processed products) كسلع تتحكم فيها الأسعار أكثر من أنها منتجات نهائية التصنيع (finished products) يمكن أن تحوز مكانة متقدمة في السوق من خلال خصائصها الداخلية(intrinsic qualities).

يواجه المستهلك اليوم عوامل اجتماعية- اقتصادية جديدة؛ ولذلك فإن العوامل الغذائية تتجه إلى دعم جودة الخدمة(service quality)(أو الراحة: قبول/رضا المستهلك convenience). يجب أن تلبي الخدمة، قبل كل شيء، متطلبات أنظمة الحياة الحديثة، ولكن أيضا، يجب أن تضع في الاعتبار الاهتمام المتجدد بالشؤون الصحية والجوانب الغذائية مثل الخصائص التغذوية، وخاصة مجال النشاطات المضادة للأكسدة لبعض المكونات الدقيقة(microcomponents) وعلى وجه الخصوص اللايكوبين. تعتبر منتجات الطماطم أغذية مهمة من الناحية الحسية، ولها عوامل جودة جيدة وتأثيرات إيجابية فيما يتعلق بالوقاية ضد معظم الأمراض المهمة الشائعة في العالم الحديث.

(٤,٤) المكونات الكبرى

Macrocomponents

تساهم الطماطم الطازجة ومنتجاتها المصنعة - نتيجة لاستهلاكها الواسع - مساهمة كبيرة في تغذية الإنسان، وذلك بسبب تركيزات وتوافر كثير من العناصر الغذائية في هذه المنتجات. توضح جداول محتويات الأغذية أن الطماطم الناضجة

(ripe tomato) (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) تحتوي على ٩٣-٩٥٪ ماء ومستويات منخفضة من الجوامد.

تحتوي الطماطم، عادة، على حوالي ٥,٥-٩,٥٪ جوامد كلية (total solids)، منها حوالي ١٪ جلد(قشرة) وبذور (seeds). تتفاوت نسبة الجوامد في الطماطم في مدى واسع، وذلك لعدة أسباب، مثل الصنف وطبيعة التربة وخاصة كمية الري والأمطار أثناء النمو وموسم الحصاد[٧].

يتم تبخير كثير من منتجات الطماطم، مثل لب ومعجون الطماطم، حتى يتم الحصول على نسبة جوامد محددة، ويختلف الناتج لكل طن من الطماطم باختلاف محتوى الطماطم الخام المستخدمة في تصنيع هذه المنتجات. في عصير الطماطم يتفاوت الجزء من الجوامد غير الذائبة و التي تشتمل على [السيليلوز (cellulose) واللجنين (lignin) والمواد البكتية (pectic substances) من ١٥٪ إلى ٢٠٪ من الجوامد الكلية[٨].

تتكون الجوامد الذائبة في جزئها الأساسي من السكريات الحرة (free sugars). والسكريات الحرة في الطماطم غالبيتها سكريات مختزلة (reducing sugars)[٩]. تعتبر كمية السكروز الموجودة في الطماطم كمية بسيطة جدا يمكن تجاهلها من ناحية الأغراض العملية[١٠]. والسكروز نادرا ما يتعدى ٠,١٪ على أساس الوزن الطازج. تتكون السكريات المختزلة التي تمثل ما يتراوح بين ٥٠- ٦٥٪ من جوامد الطماطم، أساسا، من الجلوكوز والفروكتوز. وقد وجد أن محتوى الطماطم الكلي من السكريات يتراوح بين ٢,١٩ ٪ و٣,٥٥٪[١١]. وقد ذكر ليوني[٨] (Leoni) أنه، وبصفة عامة، يوجد الفروكتوز أكثر من الجلوكوز (نسبة ٥٤/٤٦). وتكون السكريات العديدة في الطماطم حوالي ٠,٧٪ من عصير الطماطم. ويمثل البكتين والجلاكتانات العربية

(arabinogalactans) حوالي ٥٠٪ والزايلانات(xylans) والزايلانات العربية حوالي ٢٨٪ والسيليلوز حوالي ٢٥٪[٩].

يعتبر حمض الستريك بصفة عامة هو الحمض الأساسي المكون للحموضة في الطماطم، ودائماً تقدر الحوامض الحرة كمونوهايدرات ستريك (citric monohydrate). وقد ذكر بعض الباحثين وجود حمض الماليك (malic acid) بكميات كبيرة غالبا ما تفوق كميات حمض الستريك، كما ذكروا وجود آثار لأحماض التارتريك(tartaric) والسكسينينك (succininc) والأسيتيك [الخليك، (acetic)] والأوكساليك (oxalic). نشر ميلادي وآخرون (Miladi et al.)[٩] تحاليل كروموتوغرافية تم فيها فصل ثمانية أحماض عضوية من عصير الطماطم. وقد وجد أن حمض الماليك يمثل ثاني حمض عضوي رئيس في العصير الطازج، بينما وجد حمض البيرروليدون كاربوكسيليك (pyrrolidone carboxylic acid) كثاني حمض عضوي في عصير الطماطم المصنع. يؤدي تصنيع عصير الطماطم إلى زيادة الأحماض الكلية. وقد وجد أن حمض الخليك ازداد بنسبة ٣٢,١٪ ومن الواضح أن هذه الزيادة سببها أكسدة الألديهايدات والكحولات أثناء التصنيع وإزالة أمينات الأحماض الأمينية، مثل تكسير (تحلل) الألانين(alanine) عبر حمض البيروفيك(pyruvic acid)، كما لوحظت أيضا زيادة في حمضي السيتريك والماليك بعد التصنيع. وقد أشار كريان[١٢](Crean) إلى أن السكريات قد تتحلل عند التسخين في وجود الأحماض لتعطي حمض خليك وحمض لاكتيك وحمض فيوماريك وأحماض الجلايكوليك (glycolic acid).

يوجد تسعة عشر حمضاً أمينياً في عصير الطماطم الطازجة. وقد ذكر ميلادي وآخرون [٩] أن حمض الجلوتاميك (glutamic acid) يمثل ما يصل إلى ٤٨,٤٥٪ من الوزن الكلي للأحماض الأمينية في عصير الطماطم الطازجة. ويأتي حمض الأسبارتيك

(aspartic acid) في المرتبة الثانية من ناحية التركيز، والحمض الأميني الأقل تركيزا هو حمض البرولين(proline). يؤدي تصنيع عصير الطماطم على درجة حرارة ١٠٤° س لمدة ٢٠ دقيقة إلى زيادة كبيرة في الأحماض الأمينية الحرة نتيجة للدنترة والتحلل الجزئي للبروتينات. و تحدث الزيادة الأكبر في الأحماض الأمينية : حمض الجلوتاميك وحمض الأسبارتيك والألانين والثيريونين (threonine). يختفي الأسباراجين (asparagines) والجلوتامين (glutamine) أثناء التصنيع، وذلك نتيجة لفقد أميد الأمونيا [ammonia amide (NH_3)] لتكوين حمضي الجلوتاميك والأسبارتيك، والتي يعزى إليها جزئيا، زيادة الأمونيا في العصير المعلب. وقد يكون ذلك أيضا بسبب إزالة أمينات الجلوتامين والأسباراجين وتكوّن حمض البيرروليدون كاربوكسيليك.

(٤,٥) المكونات الدقيقة ذات الأهمية التغذوية: المعادن

Microcomponents of Nutritional Interest:minerals

يعتبر الحديد من المعادن المهمة الموجودة في الطماطم، و ذلك فيما يتعلق بتوفير الاحتياجات الغذائية الكافية. يوفر كأس عصير من الطماطم حوالي ٢,٠ملجرام حديد في الحالة المختزلة ؛ (reduced ferrous state). هذا التركيز مهم، وذلك بسبب أنه يكافئ ١٠-٢٠٪ من الاحتياجات الغذائية اليومية الموصى بها (RDA) وأنه أيضاً يُسْتَهلك في منتج يوفر حمض الأسكوربيك أيضا، حيث إن هذا الحمض يساعد في الاحتفاظ بالحديد في حالته المختزلة الضرورية لامتصاص الحديد[١٣].

(٤,٦) المكونات الدقيقة: مضادات الأكسدة والفيتامينات

Microcomponents: Antioxidants and Vitamins

الطماطم الناضجة غنية نسبيا بمضادات الأكسدة: فيتامين ج (١٦٠-٢٤٠مليجرام/كيلوجرام)، واللايكوبين (٣٠-٢٠٠مليجرام/كيلوجرام)،

والكاروتينات طليعة فيتامين أ(provitamin A carotenes) (٦-٩مليجرامات/كيلوجرام)، والمركبات الفينولية ؛ الفلافونويدات (٥-٥٠ملجرامات/كيلوجرام) ؛ والأحماض الفينولية (١٠-٥٠مليجرامات/كيلوجرام)[١٤]. و أيضاً، توجد العناصر التالية بكميات صغيرة: فيتامين هـ (٥-٢٠مليجرامات/كيلوجرام) وآثار معادن مثل النحاس(٠,١-٠,٩مليجرام/كيلوجرام)، والمانجنيز(١-١,٥مليجرام/كيلوجرام) والزنك(١-٢,٤مليجرام/كيلوجرام)، وتوجد هذه العناصر في كثير من الإنزيمات المضادة للأكسدة. وفي كثير من الأحيان، لا تتم الإشارة إلى صنف الطماطم، والقيم المذكورة سابقاً لتركيزات متوسطة لمكونات الطماطم الموجودة في الأسواق المحلية.

تحتوي الطماطم الناضجة الحمراء على حوالي كل نشاط فيتامين ج في شكل حمض أسكوربيك مختزل. وقد ذكر أن حمض الديهايدروأسكوربيك dehydroascorbic (acid) يمثل ١-١,٥٪ من حمض الأسكوربيك الكلي في الطماطم[١٥،١٦]. يبلغ تركيز حمض الأسكوربيك في الطماطم الناضجة الطازجة حوالي ٢٥مليجراماً/١٠٠جراماً وعليه، فإن حبة طماطم صغيرة تمد الشخص البالغ بحوالي ٤٠٪ من الاحتياجات الغذائية اليومية الموصى بها (RDA) البالغة ٦٠ مليجراماً وحوالي ثلثي احتياجات الأطفال البالغة ٤٠ مليجراماً. يزود كأس عصير من الطماطم بحوالي ٣٥ مليجرام حمض أسكوربيك أي حوالي ٦٠٪ من الـRDA للبالغين و٨٥٪ من الـ RDA للأطفال.

تعتبر الطماطم مصدرا جيدا لفيتامين أ الموجود في صورة كاروتين، أيضا. تحتوي الطماطم الناضجة الطازجة وعصير الطماطم على ١٠٠٠ وحدة دولية[international units (IU)] من فيتامين أ في كل ١٠٠ جرام. أعطى بوكر وآخرون[١٧] (Booker et al.) قيمة وهي ١١٥٠ وحدة دولية لفيتامين أ/١٠٠جرام. وعلى أساس هذه القيم يجب أن توفر حبة طماطم صغيرة أو كأس من عصير الطماطم حوالي ٢٠٪ أو أكثر من

الاحتياجات الغذائية اليومية الموصى بها للبالغين، والبالغة ٥٠٠٠وحدة دولية. ومن الواضح إذاً، أنه فيما يتعلق بمتوسط الاستهلاك، تساهم الطماطم مساهمة كبيرة ومهمة جدا في المتطلبات الغذائية البشرية من فيتامين أ. وأيضًا، تساهم الطماطم بكميات بسيطة من فيتامينات ب المركبة (B complex vitamins): الثايمين (thiamine) والنياسين (niacin) والرايبوفلافين (riboflavin). إن محتوى الطماطم من الثايمين الذي نشر في كثير من الدراسات والتي أشار إليها ليوني[٨] يتراوح ما بين ١٦ و١٢٠ملجرام لكل ١٠٠جرام طماطم طازجة وعصير طماطم. وعلى هذا الأساس، فإن حبة طماطم صغيرة تحتوي فقط على حوالي عشر الاحتياجات الغذائية اليومية الموصى بها للبالغ الذكر. وقد أشارت نفس المصادر إلى أن محتوي الطماطم من الريبوفلافين والنياسين منخفض نوعا ما (٢٠-٥٠ملجراماً/١٠٠جرام للريبوفلافين و١ ملجرام/١٠٠جرام للنياسين). وعلى أساس هذه القيم، فمن الواضح أن الطماطم تساهم مساهمة بسيطة في احتياجات الرجل البالغ من الريبوفلافين والبالغة ١,٧ملجرام ومن النياسين البالغة ٢٠ملجراماً[١١]. الصنف والظروف البيئية مثل التعرض لأشعة الشمس مهمة، أيضاً. ومن الناحية العملية، فإن مرحلة النضج ليست بتلك الدرجة من الأهمية؛ وذلك لأن الطماطم عادة ما تعلب أو تستهلك، إلا عندما تكون في الحالة الناضجة فقط، وبسبب كل ذلك يبدو أن تأثير طريقة الإنضاج يعتبر تأثيرا بسيطا.

(٤,٧) المكونات الدقيقة: اللايكوبين والكاروتينات الأخرى

Microcomponents: Lycopene and Other Carotenes

يتغير لون الطماطم أثناء النضج من اللون الأخضر النموذجي للكلوروفيل، إلى اللون الوردي-البرتقالي(pink-orange) إلى اللون الأحمر الزاهي(bright red)، وذلك نتيجة لتطور الكاروتونويدات. هذه البوليينات(polyenes)، وبصفة خاصة التتراتيربينات

(tetraterpenes)، التي تتكون من تكثف يبدأ من الرأس إلى الذيل (head-to-tail condensation) (مع رابطة-١,٤ ، 1,4-bond) لوحدات أيسوبرينية(isoprenic units) متعددة: وهي مقسمة إلى زانثوفيلات (xanthophylls) وهي كاروتينويدات وكاروتينات تحتوي على أكسجين وتتكون بشكل كامل من ذرات هيدروجين وكربون. وهي تتكون من سلسلة طويلة من الروابط الزوجية(long chain of double-bonds) معظمها مقترنة (conjugated). وهذه السلاسل هي المسؤولة عن امتصاصها النموذجي للضوء في المنطقة المرئية (visible region). تختفي الكلوروفيلات أثناء النضج، تدريجيا، وتصبح غير قابلة للكشف، وذلك بعد ٧ أيام من مرحلة التحول [breaker(turning) stage]، ويتغير لون الطماطم تبعا لذلك من اللون الأخضر النموذجي للكلوروفيل، إلى اللون الوردي-البرتقالي إلى اللون الأحمر الزاهي، وذلك نتيجة لتطور الكاروتونويدات. يرتفع محتوى الطماطم عند مرحلة التحول من اللايكوبين بدرجة كبيرة وقد يصل إلى ٨٠-١٠٠ملجرام/كيلوجرام مادة طازجة عند مرحلة الاحمرار[١٨،١٩].

ومن الكاروتيونويدات التي تتكون في الطماطم اللايكوبين ذو اللون الأحمر، وهو آخر ما يتكون، ويزداد تكوُّنه بصفة خاصة بعد مرحلة التحول(تحول اللون من الأخضر إلى اللون الوردي) للثمرة. وتشير الاستعراضات الأدبية(literature) المبكرة إلى أن اللايكوبين قد وجد، فقط، في السلالات(strains) الحمراء[٢٠]. وحتى الآن، يعرف القليل عن تأثير الممارسات الزراعية وعوامل التربة/المناخ على محتوى الطماطم من نشاط الأكسدة. من الواضح، وعلى أي حال، أن عوامل مثل الماء والتسميد ودرجة الحرارة والضوء لها آثار على مستوى الكاروتينويدات في الطماطم، مثل ما للصنف ودرجة النضج وتاريخ الحصاد ونمو الفاكهة وتخزين ما بعد الحصاد[٢١]. وعلى سبيل

المثال، يثبط تكون اللايكوبين على حوالي ٣٠-٣٢°م، بينما يحفز تكون اللايكوبين على حوالي ١٦إلى ٢١ م.

توجد الكاروتينات الأخرى [الذائبة في الماء والذائبة في الدهون (hydrosolubles and lyposolubles)] بتركيزات أقل من تركيزات اللايكوبين الذي يصل في الطماطم الناضجة إلى ٨٥٪ من الكاروتينويدات الكلية[٨]. يرتفع مستوى اللايكوبين في داخل الفاكهة وخاصة في الجزء الخارجي لخلايا الميزوكارب (mesocarp 's cells)، وهنا يتكون ويتجمع في حويصلات (vesicles) والناشئة أصلا من تحول-تهدم الكلوروبلاستيدات والتي تكّون مع جزيئات الكاروتينويدات ما يعرف بمعقدات الحصاد-الضوء-light) harvesting complexes(LHC). تحتوي هذه المعقدات على سلاسل بروتينات مرتبطة بالأغشية كارهة للماء (sequences of hydrophobic membrane-linked proteins)، والتي تحتوي بدورها على جزيئات صبغية (pigment molecules) متخثرة (coagulated) في شكل بلورات متمددة شبيهة بالإبر (elongated needle-shaped crystals). صنف فويت وفويت[٢٢](Voet and Voet) ، ولافال-مارتن[٢٣](Laval-Martin) كروموبلاستيدات chromoplasts الطماطم إلى نوعين، الأول عبارة عن كروموبلاستيدات كروية (globulous chromoplasts) تحتوي أساسا على بيتا كاروتين (β-carotene) موجودة في الجزء الهلامي للبيريكارب (pericarp)، والثاني هو الكروموبلاستيدات الأخرى الموجودة في الجزء الخارجي للبيريكارب والتي تحتوي على صفائح كبيرة الحجم من اللايكوبين(voluminous sheets of lycopene). درس بن-شاوال ونفتالي[٢٤] (Ben-Shaul and Naftali) تطور صفائح اللايكوبين هذه وتركيبها الدقيق(ultrastructure) وأطلق عليها اسم الكريستالويدات، أي البلورات المتخثرة أو المتجلطة (crystalloids or coagula or clots).

ومن بين العوامل المؤثرة على التصنيع الحيوي (biosynthesis) لهذه المركبات بالإضافة إلى درجة الحرارة (المشار لها سابقا)، درجة النضج والضوء؛ وبصفة خاصة يحفز الضوء تحويل الفيتوئين(phytoene) إلى لايكوبين والبيتا كاروتين. واللايكوبين مثله مثل كل الكاروتينويدات مادة لا قطبية حساسة للضوء (an apolar photosensitive substance). في الممارسة العملية، نجد أن اللايكوبين في المعلق المائي (aqueous suspension) ثابت عند درجات الحرارة العالية والأكسدة، بينما يكون في محاليل المذيبات العضوية(organic solvents) حساسا جدا لكليهما.

في الأبحاث التي أجراها ساندي وآخرون[٢٥](Sandei et al.) تم تقييم أصناف طماطم عديدة مصنعة تجاريا، وذلك لمقارنة محتواها من اللايكوبين في المادة الطازجة (الجدول رقم ٤,٢). وقد تفاوت المدى بين ٢,٠ و٣,٤ جرام لايكوبين/كيلوجرام مادة جافة [١٠٠-١٧٠ملجرام لايكوبين/كيلوجرام فاكهة طازجة بقيمة ٥° بركس(5^0Brix). اللايكوبين–ترانس الكلي All-*trans* هو المتجازئ (النظير)السائد(predominant isomer) في الطماطم ومنتجاتها(حوالي ٩٥٪)[٢٦].

الجدول رقم (٤,٢). محتوى اللايكوبين في الفواكه الطازجة لأصناف عديدة من الطماطم المصنعة.

الصنفCultivar	شركة البذور Seed company	شكل الفاكهة Fruit shape	محتوى اللايكوبين ملجرام/كيلوجرام مادة جافة
DR 10747	De Ruiter	شبيه الخشبة الطويلةBlocky long	٢٨٣١
Nun 1365	Nunhems	مربع مكور Square round	٢١٣١
To o426	Peotec	شكل البيضة Egg	٢٣٩٥
Forum	Peto ital	شكل البيضة	٢٠٩٣
Perfectpeel	Peto ital	مربع مكور	٢١٥٤
PS 1617	Peto ital	شكل البيضة	٣٤٥٧
Nema Crimson	United Genetics	مربع مكور	٢٠٤٣

(٤,٨) سلوك العناصر التغذوية أثناء التصنيع: الفيتامينات
Behaviour of Nutrients During Processing

تحتوى منتجات الطماطم المصنعة بدون تدعيم/إغناء (fortification) كمية من فيتاميني ج وأ تقل بدرجة بسيطة أو أنها تساوي محتوى الطماطم الطازجة التي تم الحصول على هذه الفيتامينات منها. لقد لاقى أمر المحافظة على مستويات عالية من حمض الأسكوربيك في المنتجات أثناء التصنيع اهتماما بالغا من تقنيي الأغذية. يتحطم حمض الأسكوربيك أثناء تصنيع عصير الطماطم ويرجع ذلك أساسا إلى الأكسدة(إنزيمية وغير إنزيمية). يعتمد معدل الأكسدة على الأُكسجين الذائب وكمية الإنزيم والنحاس الذائب ودرجة حرارة العصير. وكلما طال زمن حفظ عصير الطماطم في أحوال مثالية للأكسدة، كلما قل حمض الأسكوربيك المحتفظ به بعد التصنيع.

استعرض كليفكورن (Clifcorn) وبيترسون (Peterson) مدى الاحتفاظ بحمض الأسكوربيك أثناء تصنيع عصير الطماطم[٢٧]. وقد أفادا بأن متوسط هذا الاحتفاظ بلغ ٦٣-٧٠٪ من خلال ثلاثة مسوحات منفصلة لمصانع مختلفة، وأنه في بعض هذه المصانع تحقق هذا الاحتفاظ بقيمة عالية بلغت ٩٤٪. وقد شددا على أنه في المصانع ذات النسبة العالية، كان الوقت المستغرق في التعليب قصيرا(٢-٣ دقائق) كما أنه تم الحد من العوامل المساعدة على سرعة الأكسدة.

تعتبر درجة الحرارة التي تتعرض لها منتجات الطماطم مثل عصير الطماطم وفي وجود الهواء أهم عامل في سرعة تحطيم حمض الأسكوربيك ؛ وقد وجد أن معدل تحطيم حمض الأسكوربيك يرتفع مع ارتفاع درجة الحرارة في وجود الهواء. لذا، فمن المهم أن تصل درجة حرارة العصير المطلوبة بأسرع ما يمكن وأن يبقى العصير علي درجة حرارة عالية لوقت قصير قدر الإمكان. أوضح بحث جويرانت وآخرين (Guerrant *et al.*) الذي

ذكره جوالد[١١] (Gould)، أن نسبة الاحتفاظ بحمض الأسكوربيك قد بلغت ٩٢٪ بعد ١٥ ثانية تسخين أولي قبل الاستخلاص على ٥٧°م. انخفضت هذه النسبة إلى ٥٤٪ بعد ٣٥ دقيقة تسخين أولي وعلى ٨٨°م. تم اقتراح الاستخلاص على البارد على ٤٩°م، ولكن بحوثًا لاحقة أوضحت أن نسبة الاحتفاظ تعادل ما هو موجود في عمليات الانتظار الساخن– البارد (hot- and cold-break processes)، إذا لم يحجز العصير على درجات حرارة عالية ويكون معرضا للهواء لفترات طويلة قبل الاستخلاص[٢٧]. عملية الانتظار الساخن (hot-break process) هي العملية التي يتم فيها استخلاص العصير بعد التسخين لأكثر من ٩٠°م لمع تثبيط الإنزيمات البيكتوليتية المحللة للبكتين (pectolytic enzymes)[. عملية الانتظار البارد(cold-break process) هي نفس العملية وتجرى على ٦٠–٧٠°م (ولكن بدون تثبيط للإنزيمات البيكتوليتية). أي عملية تصنيعية (unit operation) تدخل الهواء في العصير ستسرع من معدل أكسدة حمض الأسكوربيك. تمثل عمليات تركيز العصير مزيدا من المشاكل المتعلقة بالاحتفاظ بفيتامين ج.

أدى التسخين لأوقات طويلة والمصحوب بالتعرض للهواء، إلى بعض التحطيم لفيتامين أ. و يؤدي التسخين لأوقات طويلة أيضا، إلى قلة الاحتفاظ بفيتامينات ب المركبة. وقد ذكر كاميرون[٢٨] (Cameron) أنه تم الاحتفاظ بنسبة ٨٩٪من الثيامين و٩٧٪ من الريبوفلافين و٩٨٪ من النياسين.

(٤,٩) سلوك العناصر الغذائية أثناء التصنيع: الليكوبين

Behaviour of Nutrients During Processing: Lycopene

تمكن المعلومات والبيانات الواردة في الاستعراضات البحثية الأدبية العلمية (scientific literature) حول هدم اللايكوبين أثناء التصنيع العادي للطماطم، مثل التعقيم والتركيز بالتبخير والتجفيف، وأيضا تمكن المعلومات والبيانات حول تخزين

منتجات الطماطم، بالرغم من أنها غير ثابتة وموثقة وغير واضحة تماما- من الاستنتاجات والتعليقات النهائية العامة. تعتبر النتائج، وفي كثير من الأحيان، غير موثوقة ولايعتمد عليها، و يرجع ذلك إلى أن حالات التشغيل المستخدمة في الاختبارات إما أن تكون غير محددة جيدا أو أنها لا تقابل وإما تعكس تلك المستخدمة في المعاملات الصناعية.

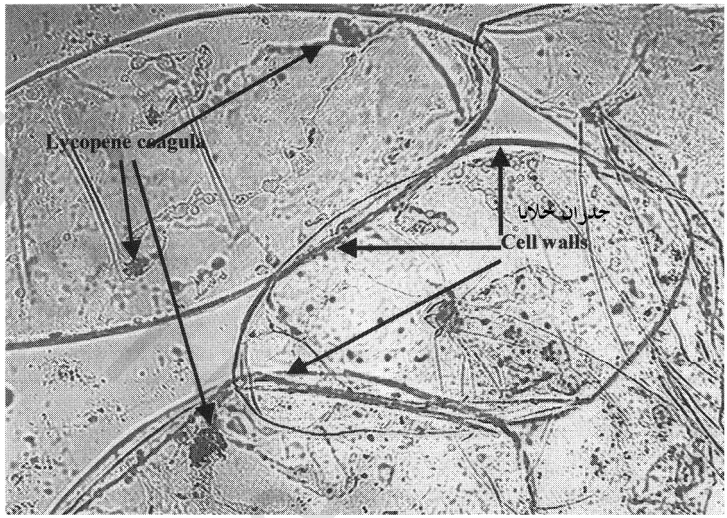
تفيد البيانات حسب ما يبدو بأن اللايكوبين يتحمل (ثابت) المعاملة الحرارية المستخدمة في تركيز الطماطم وطبخها، وكذلك يثبت أثناء تخزين الطماطم المصنعة. تقل ثباتية المنتجات المعرضة للمعاملات التي حطمت جدر الخلايا بها وبالتالي قللت الأثر الواقي والذي له علاقة بخثرة اللايكوبين (lycopene coagula) (الشكل رقم ٤,١)[٢٩]. قد يتسبب التعرض للأكسجين والحرارة العالية والنشاط المائي المنخفض في تحلل اللايكوبين. ويتفق الباحثون وبشكل كبير على أن هذا المركب ثابت فيما يتعلق بكل من التحلل(degradation) ومعدل التناظر (isomerisation)، في عمليات الإنتاج التجاري. ولا يتسبب حتى التجفيف الهوائي، وهو معاملة قاسية حقا فيما يتعلق بالإجهاد التأكسدي، في حدوث فواقد كبيرة في اللايكوبين[٣٠-٣٢]. وقد ذكرت بعض هذه الدراسات فواقد لايكوبين كبيرة وكذلك تناظراً بالغاً في منتجات الطماطم المعاملة حراريا؛ والسبب المحتمل لهذه النتائج المخالفة لغيرها من البيانات قد يكون اختلاف طرق التحليل والإجراءات المستخدمة. وقد أثبت كثير من الباحثين أن اللايكوبين غير ثابت للتناظر والأكسدة عندما يذوب في المذيبات العضوية.

وضع القانون المتفق عليه (Fair Concerted Action 97-3233) تقييما للاستعراضات البحثية الأدبية المنشورة والتي يبدو أنها تشير إلى أن اللايكوبين ثابت نسبيا أثناء المعاملة الحرارية وأن له ثباتاً بدرجة مقبولة أثناء التخزين ومع انخفاض بسيط

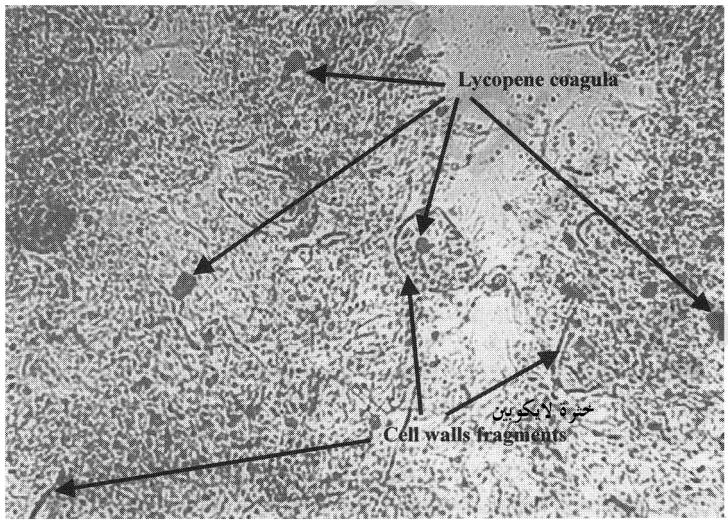
تحت ظروف الأكسدة الشديدة مثل التجفيف بالهواء الساخن (hot-air drying) وتغير في اللون بسيط (slight discoloration) أثناء التجميد السريع[٢٩]. وعلى أي حال، فقد قادت الأبحاث الكثيرة إلى استنتاجات متعارضة(contradictory conculosions) حول الأثر الهدمي البالغ المفترض للتخزين، ربما يكون ذلك بسبب حقيقة أن اللايكوبين كثيرا ما يقاس في منتجات الطماطم في المرحلة الثانية(second- stage tomato products)، مع نسب زيوت/دهون عالية(high oil/fat percentages)[اصلصات (sauces)] والتي تعمل على إذابة جزئية للايكوبين وبالتالي تسهيل تفاعلاته بدرجة عالية وتحلله وهدمه.

لا توجد معلومات حول كيفية تأثير العمليات الحرارية غير التقليدية (non-traditional heating processes) مثل الميكروويف والمعاملات الأومية(ohmic treatments) وعمليات البسترة غير الحرارية(non-thermal pasteurization processes) التي تستخدم تقنيات الضغط العالي(high pressure technology) على محتوى اللايكوبين.

ولذا يبدو مثيرا للاهتمام أن تذكر نتائج ظروف التخزين على محتوى هريس الطماطم(tomato purees) من اللايكوبين المتحصل عليه بمختلف التقنيات، وذلك بتلخيص التجارب التي أجراها تامبيوريني وآخرون[٣٣] (Tamburini et al.) والذين استخدموا معملاً نموذجياً (pilot plant). أعدت عينات هريس الطماطم أولا، باستخلاص العصير وفقا للتقنية التقليدية مع استخدام مختلف درجات الحرارة للاستخلاص [على درجة حرارة الجو(at ambient temperature)، ورمز لهذه السلسلة بالرمز إف (series marked F)؛ وعلى ٦٠ْم أي الاستخلاص على البارد، ورمز لهذه السلسلة بالرمز سي (series marked C)؛ وعلى ٩٠ م، أي الاستخلاص على الساخن، ورمز لهذه السلسلة بالرمز إتش (series marked H)] وحجم ثقب لهرس اللب (pulpper hole size) [(Ø ١٠/٨ملم، ورمز لهذه السلسلة بالرمز ٨ series)



(أ)



(ب)

الشكل رقم (٤,١). صور مجهرية لعينة طماطم طازجة (أ) وعينة عصير طماطم (ب). إعادة إنتاج بموافقة وأذن من فولكر بوهم (Volker Bohm) معهد التغذية Friedrich Schiller جامعة جينا Jena.

marked 8 ؛ و١٠/١٣ ملم ورمز لهذه السلسلة بالرمز ١٣ series marked 13)]، ومن ثم تم التركيز تحت التفريغ (vacuum-cocentrating) للعصير إلى ٨° بركس (8^0 Brix)

وأخيرا بالتعبئة الساخنة (hot filling) للعصير في علب معدنية(حديد مطلي بالقصدير) معاملة (lacquered tinplate cans). تم تعريض العينات المتحصل عليها لمختلف ظروف التخزين وتم مراقبة ومتابعة محتوى الهريس من اللايكوبين خلال فترة ١٢ شهرا. وبهذه الطريقة فقد تم الحصول على ستة أنواع لهريس الطماطم لها خصائص فيزيائية مختلفة (اتساق في القوام واللون والتحبب consistency, color and granulometry). يلخص الجدولان رقما (٤,٣ و ٤,٤) كل النتائج ؛ وتمثل قيم محتوى اللايكوبين متوسطات مختلف ظروف التخزين(درجات الحرارة) والتأثيرات المختلفة لمختلف معاملات استخلاص العصير. وبصفة عامة وكما هو واضح في الرسم البياني(graphically)، فإن الحفظ الأفضل للايكوبين كان في المنتجات المعاملة بالاستخلاص على الساخن(hot break-treated product) حيث لا يبدو حدوث أثر تحببي واق (granulometry induced protective effect)، على الأقل في الظروف المختبرة. وكما توضح البيانات، فإنه لا توجد فروق بسبب اختلاف التقنيات المستخدمة.

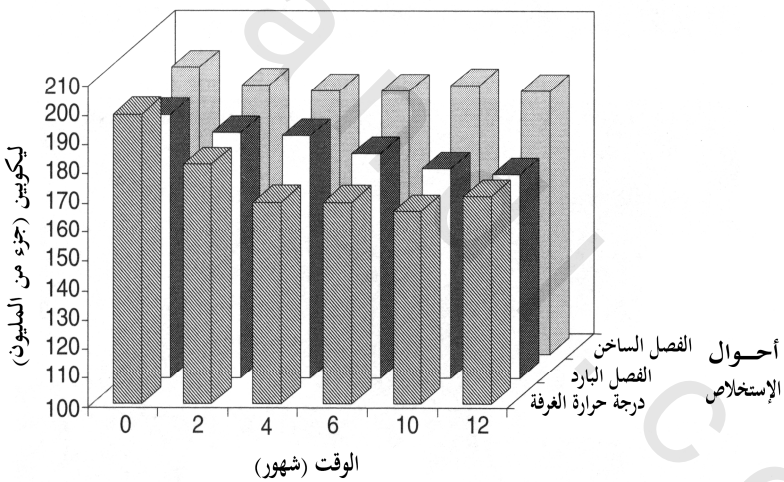
الجدول رقم (٤,٣). الخصائص الفيزيوكيميائية لهريس الطماطم المتحصل عليه تحت ظروف استخلاص مختلفة.

التحاليل	العينـــــات					
	إف٨ F8	سي٨ C8	إتش٨ H8	إف١٣ F13	سي١٣ C13	إتش١٣ H13
بركسْ Brix°	٨,٢٠	٨,٢٠	٨,٣٣	٨,٢٠	٨,١٧	٧,٩٨
إل(L)	٢٥,٦٧	٢٥,٧٥	٢٦,٤٠	٢٤,٧٣	٢٤,٧٢	٢٥,٣٧
أ (a)	٣١,٩٠	٣١,٩٤	٣١,٤٨	٣٠,٠٤	٣١,٣٧	٣١,٤٠
ب (b)	١٤,٣٩	١٤,٧٦	١٥,١٣	١٤,٠٥	١٤,٠٤	١٤,٣٦
أ/ب (a/b)	٢,٢٢	٢,١٧	٢,٠٨	٢,١٤	٢,٣٦	٢,١٨
ليكوبين، ملجرام/كيلوجرام	٢٠١	١٩٢	١٩٢	١٩٦	١٨٨	٢٠٤

openkandil.com

الجدول رقم (٤,٤). اختلاف محتوى العينات من اللايكوبين عبر الوقت (كل العينات).

فترة الحفظ(شهور)	اللايكوبين ± انحراف معياري (ملجرام/كيلوجرام)
٠	١,١ ±١٩٥,٥
٢	١,١ ±١٨٨,٠
٤	١,١ ±١٨٠,٧
٦	١,١ ±١٧٧,٤
١٠	١,١ ±١٧٦,٦
١٢	١,١ ±١٧٦,٩



الشكل رقم (٤,٢). سلوك اللايكوبين خلال ١٢ شهرا من التخزين، كدالة لظروف استخلاص العصير .

يحدث انخفاض بسيط في محتوى اللايكوبين أثناء التخزين كما هو موضح في الشكل رقم (٤,٢)، ويبدو أن ذلك الانخفاض يرتبط بنوع المعاملة الحرارية المستخدمة في استخلاص العصير. يبدو من فحص البيانات والمعلومات/البيانات المتحصل عليها

أن اللايكوبين ثابت بدرجة كبيرة للمعاملات الحرارية، كما توضح هذه البيانات متوسط قيم فروقات محتوى كل العينات من اللايكوبين خلال المدة الزمنية. وعلى أي حال، يكشف التحليل التفصيلي للتغيرات التي تحدث خلال هذه المدة في العينات المحضرة تحت ظروف درجات حرارة مختلفة(درجة حرارة الجو والاستخلاص على البارد والاستخلاص على الساخن)، أن عملية الحفظ على الساخن، بالرغم من أنها فعليا تتضمن السلق (blanching) على درجات حرارة عالية (أكثر من ٩٠°م) لعدد من الثواني (dozens of seconds) والتي قد تسبب انخفاضا كبيرا في محتوى اللايكوبين، إلا أنه فعليا تقل مستويات اللايكوبين بدرجة محدودة، فقط. ويبدو أن هذه الطريقة تحفظ الصبغة خلال الزمن بدرجة أفضل مما تفعله عملية الاستخلاص على البارد أو الاستخلاص على درجة حرارة الغرفة. في الغالب، تبقى محتويات اللايكوبين في العينات التي ثبطت إنزيميا بعملية الاستخلاص على الساخن (٩٠°م، العينات إتش٨ وإتش١٣) بلا تغيير حتى بعد ١٢ شهرا من التخزين، بينما تشبه التغيرات البسيطة في محتوى اللايكوبين في العينات المعاملة بالاستخلاص على البارد (سي٨ وسي١٣) التغيرات التي تحدث في العينات التي لم تعامل حراريا (إف٨ وإف٣).

تقلل تقنية استخلاص العصير على الساخن المحتوى الابتدائي للايكوبين، بسبب التأثير الحراري الشديد، ولكن بترك تركيب خلايا الطماطم باقيا على حاله، فإن هذا يحافظ على اللايكوبين بفعالية، عبر الوقت، ضد التفاعلات التي تسبب تحطيمه. ويختلف هذا الأمر عما يحدث مع تقنيات استخلاص العصير الأخرى(على درجة حرارة الغرفة والاستخلاص على البارد)، وذلك بسبب عدم وجود الأثر الواقي الذي تسببه التفاعلات البيكتوليتية، المحللة للبكتين (pectolytic reactions)، ويلاحظ أن محتوى اللايكوبين يقل بنسبة ٨-١٥٪ بعد ٤-٦ شهور من التخزين.

لا تسبب التأثيرات الأخرى التي حللت [قطر الثقوب في جهاز الهرس (diameter of the pulper holes) ودرجة حرارة التخزين] اختلافات تقنية معنوية ذات أهمية ، في محتوى اللايكوبين. وتقودنا النتائج المنشورة حتى الآن إلى استنتاج أن اللايكوبين يبقى خلال النسيج الأصلي المحب للماء وأن معظمه خلال الخلية الكاملة ؛ لذا فإنه ثابت جداً. وعلى أي حال ، فبسبب تفاعلاته أو نشاطه المنخفض ، فإنه من المحتمل أن يظهر انخفاضا في التوافر الحيوي ؛ ولذا فإنه عمليا قد لا يكون فعالا في تأثيره المضاد للأكسدة.

وقد أشارت دراسة كاباسي وآخرين[٣٢](Cabassi et al.) لتأثير عمليات تصنيع بودرة الطماطم على محتوى اللايكوبين واللون إلى حدوث فقد متوسط بنسبة ٥٪ في محتوى اللايكوبين الكلي والذي يمكن أن يعزى إلى ظاهرتي التناظر والأكسدة. أوضحت مقارنة لمحتوى اللايكوبين عند استخدام مواد تعبئة وتغليف مرنة مختلفة ، أن معظم حفظ اللايكوبين قد تم بالتغليف المفرغ في أكياس ألمنيوم/بوليثين (AL/polythene pouches). وتم الحصول على نتائج جيدة باستخدام التعبئة بالنيتروجين (nitrogen packaging) في أطباق بوليمر (polymer trays) من [بولي إثايلين(polyethylene) وبوليفينايل أسيتات/خلات (polyvinylacetate)] مغلقة بمادة بولي إيثلين تيريفيثالات (polyethylene terephthalate). في الأغلفة المحتوية على هواء(وعليه تكون محتوية على أكسجين) ، كان الفقد بالتأكيد أعلى(٢٢-٢٥٪). وأظهر وقت التخزين تأثيرا كبيرا انعكس في متوسط انخفاض بنسبة ١٣٪ في اللايكوبين الكلي في العينات أثناء الشهر الأول للتخزين. وعلى كل حال ، يجب ملاحظة أن هذه القيمة المتوسطة تعكس انخفاضا متفاوتا ، فهي في التعبئة تحت التفريغ والتعبئة بالنيتروجين كانت ٢ ٪ مقارنة بالتعبئة في وجود هواء (٢٤٪). يفيد الأثر الزائد والأكثر وضوحا أثناء الشهر الأول من

تخزين البودرة، أن بعض اللايكوبين ربما الذي يوجد على السطح المعرض للهواء (on the air-exposed surface)، يكون أكثر حساسية لفعل المؤكسدات (oxidants) مقارنة باللايكوبين الموجود داخل الحبيبات(granules) نفسها.

(٤,١٠) التوافر الحيوي للايكوبين

Bioavailability of lycopene

يجب التفريق بين محتوى اللايكوبين والتوافر الحيوي له. الدراسات المذكورة سابقاً غير مكتملة ؛ لأنها قدرت محتوى اللايكوبين فقط ولم تقدر توافره الحيوي، الذي هو أكثر أهمية من ناحية القيمة أو الجودة التغذوية للمنتج. عليه، فإن موضوع البحث الأكثر استحثاثا فيما يتعلق باللايكوبين، ربما هو تقييم التوافر الحيوي الفعلي للإنسان في الأشكال التي يوجد بها في منتجات الطماطم المصنعة[٣٤].

بالرغم من وجود عدد من الدراسات المقارنة تعنى بالتوافر الحيوي للايكوبين في منتجات الطماطم، إلا أنه لا توجد طرق مبرهنة(مثبتة الكفاءة) للتقييم الكمي للتوافر الحيوي للكاروتينويدات، وحتى التوافر الحيوي للبيتا (β) كاروتين الذي تكرر بحثه أكثر من غيره. وقد أجريت دراسات قليلة حول التوافر الحيوي للايكوبين في غذاء الإنسان. وتشير بعض هذه الدراسات إلى أن امتصاص اللايكوبين يكون بدرجة أكبر من عصير الطماطم المعامل حراريا مقارنة بغير المعامل، وتشير غيرها إلى أن الامتصاص من معجون الطماطم كان أكثر مما في الطماطم الطازجة.

وقد أثبت بصورة جلية أن الحالة الفيزيائية والمعاملات التصنيعية التي مر بها غذاء ما، لها تأثير بالغ على توافر هذه المركبات للامتصاص. ويشير هذا إلى أن تمزيق نسيج الغذاء والمعاملة الحرارية التي مر بها الغذاء خلال تقنية التصنيع قد يكونا أهم عاملين مؤثرين على التوافر الحيوي. ومن المعروف أيضاً، أن التوافر الحيوي

للكاروتينويدات يتأثر بدرجة بالغة بمحتوى الغذاء العام من الدهون، وذلك لأن الدهون ضرورية لاستخلاص الكاروتينويدات من الكتلة المائية للغذاء (aqueous bulk of the food) ولتكوين الميسيليا [مستحلبات (micelles)] والتي بواسطتها تمتص الكاروتينويدات من بعد بالخلايا الداخلية (enterocytes) ونقلها إلى الأنسجة (بواسطة ليبوبروتينات البلازما (plasma lipoproteins). الكاروتينويدات مركبات محبة للدهون تمتص امتصاصا سالبا (passively absorbed liphophilic compounds)، لذا فإن توافرها الحيوي يتأثر بهذه العوامل التي تؤثر على نقلها الكتلي(mass transfer) من الغذاء إلى داخل الميسيليا التي تسهل امتصاصها في الأمعاء[٣٥]. ومن المثير للاهتمام أنه يمكن تحسين الامتصاص بطبخ الغذاء وتجنيسه (homogenizing the food)، وبذلك يتم تكسير تركيب الخلية، ما دام الطبخ يتم في وجود الزيوت أو الدهون.

ما دام اللايكوبين باقيا في النسيج المائي، والأكثر كذلك، ما بقي داخل الخلايا غير المحطمة، فسيظل ثابتا جدا، ولكن ذا تفاعلات ضعيفة. لذا، يكون توافره الحيوي قليلا كما أن نشاطه المضاد للأكسدة غالبا ما يكون صفرا. في المقابل، فإن ذوبانه العالي (high solubility) في الوسط الدهني(lipid medium) (مثلا في منتجات مكونة بها زيوت(formulated with oil) يجعله متفاعلا بدرجة كبيرة كما يجعله متوافرا حيويا بدرجة كاملة. ويكون تمثيله الغذائي بدرجة أفضل إذا طبخت الأغذية وجنست بحيث يتم تمزيق الخلايا، والأكثر كذلك إذا حدث ذلك في وجود زيوت أو دهون. وعلى أي حال، فإن هذا التأثير يضاده الهدم السريع للقوة المضادة للأكسدة للايكوبين، والذي لا يمكن تفاديه. عندما يذوب اللايكوبين في نسيج دهني (lipophilic matrix)، يكون له تفاعلات بالغة وتوافر حيوي أكثر، عليه يمكّنه ذلك من أداء نشاطه المضاد للأكسدة. وعلى أي حال، يعني هذا أيضاً، أن هذه التفاعلية الشديدة تعني أنه غير محمي،

وبدرجة كبيرة، ضد تأثيرات الهدم والتحلل بسبب العوامل البيئية (الهواء ومكونات النسيج الحيوي ودرجة الحرارة).

(٤,١١) المراجـــع

References

(1) CORPET D E and GERBER M, 'Alimentation mediterraneenne et Sante. I - caracteristiques. Maladies cardio-vasculaires et autres affections', *Mid Nutr*, 1997 4 129--42.

(2) GERBER M and CORPET D E, 'Alimentation mediterraneenne et Sante. II - Cancers'. *Mid Nutr*, 19974, 143-54.

(3) DI MASCIO P, KAISER SAND SIES H, 'Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher', *Arch Biochem Biophys*, 1989274532-38.

(4) HART D J and SCOTT K J, 'Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK', *Food Chem*, 199554101-11.

(5) ROBARDS K and ANTOLOVITCH M, 'Analytical chemistry of fruit bioflavonoids. A review', *Analyst*, 1970122 11-34.

(6) ABUSHITA A A, HEBSHI E A, DAOUD H G and BIACS P A, 'Determination of antioxidant vitamins in tomatoes', *Food Chem*, 199760 (2) 207-12.

(7) SAYWELL L G and CRUESS W v, *The composition of Canning Tomatoes*, College of Agriculture, Agricultural Experimental Station Bulletin 545, University of California, 1932, cited by Gould WAll

(8) LEONI C, *I Derivati Industriali del Pomodoro*, Parma, Stazione Sperimentale per l'lndustria delle conserve alimentari, 1993.

(9) MILADI S, GOULD W A and CLEMENTS R L, 'Heath processing effect on starch, sugars, proteins, amino acids of tomato juice', *Food Technol*, 19692393.

(10) GOOSE G P and BINSTEAD R, *Tomato Paste, Puree, Juice and Powder*, London, Food Trade Press, 1964.

(11) GOULD W A, *Tomato Production, Processing and Technology*, 3rd edition, Baltimore, CTI Publications, 1992.

(12) CREAN D E, 'Acid components of fruit and vegetables. 1 Production of acid by thermal processing'. *J Food Technol*, 1966 1 55.

(13) National Academy of Science-National Research Council (1968) *Recommended Dietary Allowances, 7h Edition. Food Nutrition Board Publication number* 1694. Washington, National Academy of Science, 1968, cited by Gould WA.ll

(14) DAVIS J N and HOBSON G E, 'The constituents of tomato fruit - The influence of environment, nutrition and genotype', *CRC Crit Rev Food Sci Nutr*, 1981 14 (5) 205-81.

(15) BAUERFEIND J D and PINKERT D M, 'Food processing with added ascorbic acid', *Adv Food Res*, 1970 18219-27.

(16) BOLCATO B, 'Preparazione di concentrati di pomodoro in relazione al mantenimento del contenuto di vitamin a C', *Boll Ind Ital Cons Alimentari*, 1936 11 89-97.

(17) BOOKER L E, HARTZLER R and MARSH R L, *A Table of the Vitamin Content of foods*, US Department of Agriculture Bur. Home Econ., 1940, cited in Gould WAll

(18) GIULIANO G, BARLEY G E and SCOLNIK P A, 'Regulation of carotenoid biosynthesis during tomato development', *Plant Cell*, 1993 5 379-87.

(19) FRASER P D, TRUESDALE M R, BIRD C R, SCHUCH wand BRAMLEY P M, 'Carotenoid biosynthesis during tomato fruit development', *Plant Physiol,* 1994 105405-13.
(20) ZSCHEILE F P and PORTER J W, 'Analytical methods for carotenes of *Lycopersicon* species and strains', *Anal Chern,* 1947 19 147.
(21) SIBS H and STAHL W, 'Lycopene: Antioxidant and biological effects and its bioavailability in the human', *Proc Soc Exp Biol Med,* 1998218 121-24.
(22) VOET D and VOET J G, *Biochimica,* Bologna, Zanichelli, 1991.
(23) LAVAL-MARTIN D, 'La maturation du fruit de tomate "cerise". Mise en evidence, par cryodecapage de l'evolution des chloroplastes en deux types de chromoplastes', *Protoplasma,* 19748233-59.
(24) BEN-SHAUL Y and NAFTALI Y, 'The development and ultrastructure oflycopene bodies in chromoplasts of *Lycopersicon esculentum', Protoplasma,* 1969 67 333-44.
(25) SANDEl L, SIVIERO P, ZANOTTI C and CABASSI A, 'Valutazione del contenuto di licopene im ibridi di pomodoro dichiarati high pigment', *L'Informatore Agrario,* 200258 (3) 59-63.
(26) CLINTON S K, EMENHISER C, SCHWARTZ S J, BOSTWICK D G, WILLIAMS A W, MOORE B J and ERDMAN J W, *'Cis-trans* lycopene isomers, carotenoids, and retinol in the human prostate', *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev,* 19965823-33.
(27) CLIFCORN L E and PETERSON G T, *The Retention of Vitamin* C *in Tomato Juice,* Research Department Bulletin no. 12, Continental Can Co., 1947.
(28) CAMERON E J, *Retention of Nutrients During Canning,* Washington, National Food Processors Association, 1955.
(29) LEONI C, BERTHOLIN G, GIOVANELLI G and VAN BOEKEL T, in *The White Book on Antioxidants in Tomatoes and Tomato Products and their Health Benefits,* eds Grolier P, Leoni C, Gerber M and Bilton R, Avignon, AMITOM, 2001, 2-47.
(30) LOVRIC T, SABLEK Z and BOSKOVIC M, *'Cis-trans* isomerisation of lycopene and colour stability of foam-mat dried tomato powder during storage', *J Sci Food Agric,* 197021 641-47.
(31) ZANONI B, PERI C, NANI R and LAVELLI V, 'Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying', *Food Res Int,* 199831395-401.
(32) CABASSI A, SANDEl L and LEONI C, 'Effects of industrial operations and storage conditions on colour and carotenoids of tomato powders', *Ind Conserve,* 2001 76299-313.
(33) TAMBURINI R, SANDEl L, ALDINI A, DE SIO F and LEONI C, 'Effect of storage conditions on lycopene content in tomato purees obtained with different processing techniques', *Ind Conserve,* 199974341-57.
(34) FAULKS R, SOUTHON S, BOHM V and PORRINI M, in *The White Book on Antioxidants in Tomatoes and Tomato Products and their Health Benefits,* eds Grolier P, Leoni C, Gerber M and Bilton R, Avignon, AMITOM, 2001,48-73.
(35) PARKER R S, 'Bioavailability of carotenoids', *Eur J Clin Nutr,* 1997 51 *(Suppl* 1) S86-S90.