الفصل الثامن عشر

استخدام تقنية التفريغ لتحسين الخضراوات والفواكه المصنَّعة

The Use of Vacum Technology to Improve Processed Fruit and Vegetables

أر. سوريل. جامعة ليون

R.Saurel. University of Lyon

(١٨,١) المقدمة: دور تقنية التفريغ

Introduction: The Rote of Vacuum Technology

إنه لمن الثابت أن المعاملات التصنيعية للفواكه والخضراوات والمصممة لحفظها في أشكال مختلفة (طازجة أو مجمدة أو مبسترة أو مجففة) لها أثر على خواص الجودة الحسية مثل القوام واللون والنكهة. ولتقليل المشاكل بسبب تدهور اللون بعد جمع المحصول أو أثناء التصنيع ، فهناك خيارات من الآتي :

- اختيار/انتقاء أصناف مواد خام لها قدرة أكبر على المقاومة.
- إضافة مواد مضافة تصحيحية في الإعداد الأخير.
- استخدام أقل ما يمكـــن من المعامـــلات الفيزيائية أو تقنيات مبتكرة جديدة.

وإحدى هذه التقنيات الحديثة والتي تساهم في حفظ الخواص الأصلية للفواكه والخضراوات هي "تقنية التفريغ"(vacuum technology) ، والتي تعرف أيضاً التخلل

بالتفريغ(vacuum infusion)، أو التشرب بالتفريغ/التشرب، التشبع التفريغي (vacuum impregnation).

تعتبر تقنية التفريغ معاملة أولية للفواكه والخضراوات المصنعة، وتؤدي إلى تحسين خواصها بإلإدخال النشط لمكونات وظيفية في تركيب المنتج (active incorporation of functional ingridients). عادة ما يستخدم التشرب السلبي (passive impregnation) بالغمر العادي للمنتجات النباتية في محلول، في إنتاج منتجات كحولية من الفواكه أو فواكه ملبسة بالسكر(candied fruits). وقد يكون اختراق المواد الحافظة ومواد الترطيب (humectants agents) للمنتجات الجافة، بالنقع، أمرا مطلوباً. وعلى أية حال، تستغرق عمليات التصنيع لهذه المعاملات أوقاتا طويلة، تمتد من بضع ساعات إلى أيام عديدة، وتحكم ظواهر انتقال الكتلة(mass transport phenomena) بشكل أساسي، بالانتشار الجزيئي(molecular diffusion) للمركبات الموجودة في المحلول المائي. وفي المقابل، تعتمد تقنية النقع/الحقن بالتفريغ/المفرغ أساساً، على النقل/الانتقال الهيدروديناميكي السريع للكتلة ويشتمل على وضع المنتج الغذائي تحت التفريغ قبل إضافة محلول التشريب (impregnation solution). يسمح هذا وخلال ثوانٍ عديدة بإخراج الهواء الموجود أصلاً في مسامات الفواكه والخضراوات وإحلاله بسائل التشريب، نتيجة لوجود فارق ضغط موجب (positive pressure differential) ناتج من استعادة أحوال الجو الطبيعية الأساسي (atmospheric conditions). يبدو أن هذه المعاملة موائمة للمنتجات المسامية ويمكن استخدامها في الفواكه والخضراوات الكاملة أو المقطعة.

تم استخدام تقنية التفريغ منذ وقت طويل في معاملة مواد صناعية مختلفة مثل الخشب(wood) والمعادن(metals) إلخ. في الماضي، لم يدرس استخدام تقنية التفريغ أو

التشريب بالتفريغ في قطاع الفواكه والخضراوات. وتم ذلك حديثاً، وذلك لكفاءة هذه التقنية في تحسين الخواص الحسية للأغذية، وفي تصميم المنتجات المصنعة بالحد الأدنى للتصنيع.

في الجزء الأول من هذا الفصل، سيتم وصف نمذجة (modelling) انتقال الكتلة أثناء المعاملة بالتفريغ والتعديلات التالية لخواص المنتجات التركيبية والفيزيائية. وفي الجزء الثاني سيتم تسليط الضوء على الاستخدامات المختلفة والمعروفة والتي تسمح بتحسين الجودة في المنتجات الحالية و/ أو تمديد فترة صلاحيتها (extension of their shelf-life).

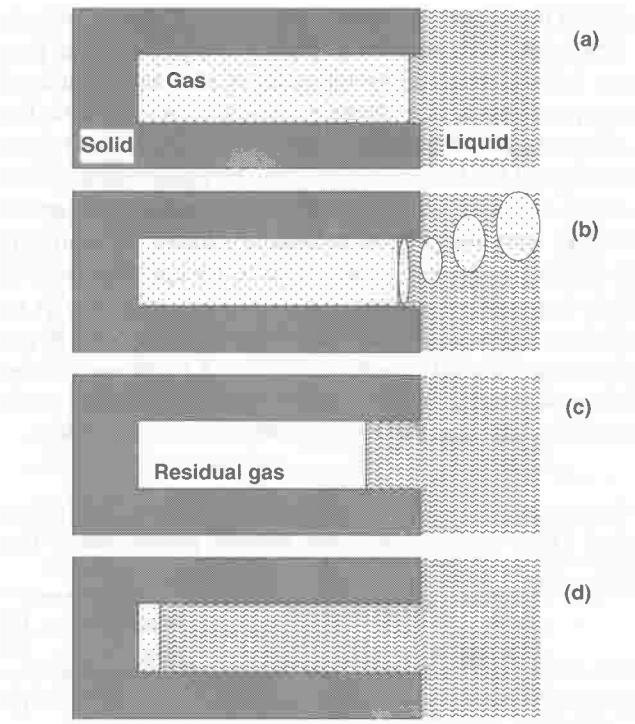
(١٨,٢) الأسس: نقل/انتقال الكتلة وسلوك المنتج
Principles: Mass Transfer and Product Behavior

(١٨,٢,١) انتقال الكتلة Mass Transfer

بصفة عامة، يوجد الوصف الكامل والشامل لظاهرة انتقال الكتلة التي تحدث أثناء التشريب بالتفريغ، في الدراسات التي تبحث في تبادل الكتلة في التجفيف الأسموزي لقطع الفواكه المغمورة في محاليل مركزة(concentrated solutions). بالإمكان المزاوجة بين هاتين التقنيتين، استخدام تقنية التفريغ وتقنية الغمر لمدة طويلة للمنتجات النباتية في محاليل أسموزية(hypertonic Solutions) (Shi and Fito, 1994; Shi et al; 1995). وبدون تجاوز لحقل التجفيف الأسموزي تحديدا، يبدو مهما جدا أن نركز أو نضع خطاً تحت العلاقة الوثيقة التي قد توجد بين هاتين التقنيتين. في عمليات الغمر هذه، يُسرع استخدام قوى التفريغ من اختراق المحاليل المائية مقارنة مع عمليات الانتشار الجزيئي البطيئة(slow molecular diffustion) الغالبة/السائدة في العمليات الأسموزية.

عندما يستخدم النبض التفريغي (vacuum pulse)، فإن الغازات المحجوزة/المحصورة تتمدد وتُزال جزئياً من نسيج الغذاء (food matrix). وبعد استعادة الضغط الجوي ينتج فرق/تفاوت موجب في الضغط والذي يسمح باختراق السائل للمسامات والتجاويف الخالية في التركيب(النسيج) حتى يتم توازن بين الضغط الداخلي والخارجي. يعتمد الوقت المستغرق للوصول للتفريغ على كفاءة نظام التفريغ (المضخة (pump)، الحجم المغلق للجهاز (closed volume of apparatus)، ...إلخ)، وفقط في أحسن حال، يستغرق ثواني عديدة. وفي معظم الحالات تظل المنتجات تحت التفريغ لدقائق معدودة للتأكد من الاستخلاص الجيد للغازات الداخلية، ولكن ربما تكون هذه الخطوة غير ضرورية إذا تمت إزالة الغاز(degassing) خلال هبوط الضغط (pressure drop). في نهاية المعاملة وبصفة عامة، يتحقق تحرير الضغط حالا وفوراً.

أعطى فيتو وباستور (١٩٩٤) ((Fito and Pastor (1994)) وفيتو ١٩٩٤ وصفاً واضحاً لظاهرة انتقال الكتلة الملاحظة في تقنية التفريغ. وقد رمز إلى انتقال/ نقل الكتلة الذي يحدث خلال المعاملة بالتفريغ "بالميكانيكية الهيدروديناميكية (hydrodynamic mechanism (HDM)". وصفت الفراغات بين الخلوية في المنتجات النباتية عامة، "بالمسام الأسطوانية الأولية (elementary cylindrical pores)"والمملؤة بغاز مثالي يخضع لضغط(في حالة انضغاط) متساوي الحرارة (undergoing isothermal compression) (الشكل رقم ١٨,١).



الشكل رقم (١٨,١). المراحل الأساسية أثناء التشريب بالتفريغ لغذاء مسامي مغمور في سائل. الحالة في مسام مثالي أولي (مأخوذ من فيتو، ١٩٩٤) (a): الأثر الشعري تحت الضغط العادي، (b): إزالة الغاز تحت ظروف التفريغ، (c): الأثر الشعري تحت الضغط المنخفض، (d): HDM الميكانيكية الهيدروديناميكية على الضغط العادي المستعاد.

يتم اختراق المحلول للمسام الصلبة المتماسكة المثالية (ideal rigid pores) في مرحلتين. الأولى، تمتلئ المسام بفعل الخاصية الشعرية في الجزء الأول من المعاملة والتي تقابل/تماثل الغمر في الجو العادي (atmospheric immersion) واستخدام التفريغ. الثانية، عند استعادة الضغط العادي، تسبب قوة الدفع الناتجة، سريان/تدفق السائل في المسام. تساوي كمية السائل الخارجية المنقولة بحجم الفراغ المسامي الموجود في تركيب الغذاء

تقريباً. وقد تمت نمذجة الجزء الحجمي للعينة المتشربة (impregnated sample volume fraction (X)) والذي يقاس عادة، بالطريقة الوزنية(gravimetric method)، وفقا للميكانيكية الهيدروديناميكية ومعادلة هاجن بويسيويلي (Hagen Poiseuille equation). والـX هي دالة لمسامية المنتج الفعالة للمنتج (product effective product porosity (ε_e)) ومعدل الضغط الظاهر($r= P_2/ P_1$)؛ وP_1 هي الضغط التفريغي المستخدم وP_2 هي الضغط الجوي المستعاد). عليه، أسس/أفاد فيتو وزملاؤه أن التعبير البسيط(الصياغة البسيطة) لجزء الحجم المملؤ بسائل في منتج فواكه أو خضراوات بعد التشريب بالتفريغ هو:

$$X= \varepsilon_e (1- 1/ r) \qquad (١٨,١)$$

لم يؤخذ الضغط الشعري بالحسبان في هذا التعبير المبسط، ويبدو أنه قليل ويمكن إهماله فيما يتعلق بالقوة الدافعة /الواقعة على النظام عندما يتم إنجاز العمل بكفاءة على ضغط منخفض بدرجة كافية (أقل من ٦٠٠ ملم بار (mbar) وفقا لفيتو ١٩٩٤). ويعبر عن المسامية الفعالة سابقاً، بأنها نسبة مئوية من حجم العينة المملوء ابتداءً بالغاز (Calbo and Sommer, 1987)، ولكن تم تعريفها بمزيد من الدقة، بجزء حجم العينة المتاح للميكانيكية الهيدروديناميكية (HDM)، وعليه عليه، تم تقدير هذا القياس من طريقة تجريبية(experimental procedure) بحساب ميل دالة خطية (slope of linear function) معطاة/خرجت من منحنى الـX مقابل الـ 1-1/r (Fito, 1994; Del Valle *et al.*, 1998). في حالة الفواكه والخضراوات، وجد أن قيم مساميتها متفاوتة بشكل كبير اعتماداً على المواد الخام، وعلى سبيل المثال، يبلغ متوسط قيم الـ ε_e ٠,٢٠ للتفاح و٠,٠٥ للمشمش. ويمكن أن نُفسِّر اختلافات المسامية هذه، الاختلافات الملاحظة في زيادة الوزن/الوزن المكتسب والمقاسة في قطع الفواكه والخضراوات بعد التشريب بالتفريغ، الخطوة التي تم إجراؤها تحت ظروف تجريبية مشابهة (الجدول رقم ١٨,١)،

زيادة على ذلك، ستعتمد المسامية ليس فقط على نوع الفاكهة أو الخضار، ولكن تعتمد أيضاً، على الأصناف ونضجها (Del Valle *et al.*; 1998; Sousa *et al.*; 1998).

الجدول رقم (١٨,١). زيادة وزن الفواكه والخضراوات المختلفة بعد التشريب بالتفريغ في الماء على ٢٠°م (٥٠ ملم بار، ١ دقيقة) وبعض قيم المسامية الفعالة من مصادر مختلفة.

المنتج	الشكل السمك تي (t) القطر دي (d)	الزيادة في الوزن (٪)	المسامية الفعالة
التفاح، جراني سميث	شرائح دي= ٣سم، تي= ٠,٥سم	٣٢	٠,١٨- ٠,٢٥ [٢-٤]
الموز	شرائح دي= ٢,٥سم، تي= ٠,٥سم	١٧	٠,٨- ٠,٣١ [١,٤، ٥]
الكرز	كامل	١	-
قشور الحمضيات	شرائح (دي= ٣سم)	٥٧	-
الكيوي	شرائح (دي = ٤سم، تي = ٠,٥سم	٢	٠,٠٠٥ [٣]
المانجو	شرائح (دي = ٤سم، تي = ٠,٥سم)	٩	٠,٠٣- ٠,١٥ [١,٣]
الكمثرى	شرائح (دي = ٣سم، تي = ٠,٥سم)	٢٤	٠,١٤ [١]
الأناناس	شرائح (دي = ٣سم، تي = ٠,٥سم)	٥	٠,٠٥ [١]
الفراولة	أنصاف	١٠	٠,٠٣- ٠,١١ [٣,٤]
برعم المشروم	شرائح (دي =٠,٥سم)	٦٦	-
الجزر	شرائح (دي = ٢,٥سم، تي = ٠,٥سم)	٦	-
الهندباء	أوراق	١٩	-

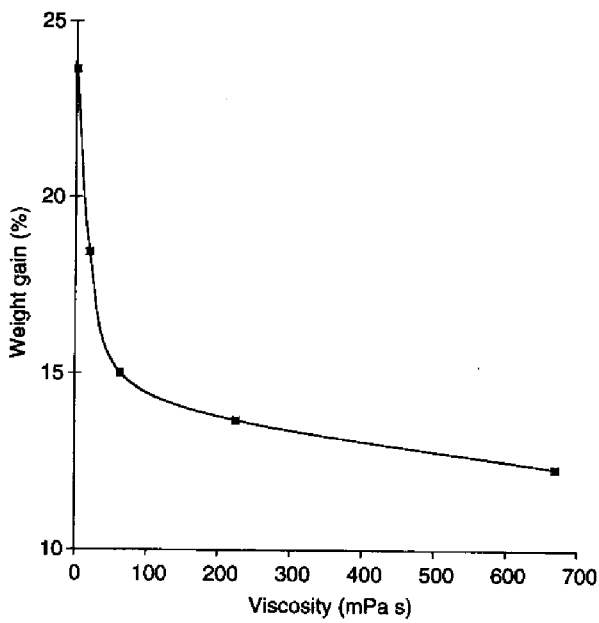
تابع الجدول رقم (١٨,١).

المنتج	الشكل السمك= t، القطر= d	الزيادة في الوزن (%)	المسامية الفعالة
الكوسة	شرائح (دي=٤ سم، تي = ٠,٥سم)	٤٣	-
الباذنجان	شرائح (دي= ٥سم، تي = ٠,٥سم)	١٨٠	-
البصل	شرائح (دي= ٣سم، تي = ٠,٥سم)	١٠	-
البطاطس	شرائح (دي= ٤سم، تي = ٠,٥سم)	٣	-
الفلفل الأحمر	شرائح (دي ٢سم، تي = ٠,٥سم	١٣	-
السبانخ	أوراق	٤٣	-
اللفت	شرائح (دي= ٤سم، تي = ٠,٥سم)	٥	-
الحبق	أوراق	٥٨	-
النعناع	أوراق	٥٠	-

Fito (1994), Delballe *et al.*, (1998), Salvatori *et al.*, (1998), Fito *et al.*, (1996), Sousa *et al.*, (1998)

لم تستخدم المعادلة رقم (١٨,١) المشتقة من نظرية السريان الشعري في حالة ترشيح السوائل غير النيوتينية (Infiltration of non-Newtonian liquids) أو المحاليل عالية اللزوجة(high viscosity solution). ويوضح الشكل رقم (١٨,٢) النتائج المتحصل عليها في/من مختبرنا (المؤلف) والتي تُظْهِر أثر لزوجة المحلول-المعدل باستخدام البكتين المضاف إليه الميثايل (methyllated (LM) pectin) على زيادة وزن شرائح التفاح المختار

كنموذج للفواكه بعد معاملة التفريغ. يوضح النقص في قيم زيادة الوزن مع اللزوجة، بأن نقل/أو انتقال الكتلة الهيدروديناميكي كان محدوداً وقد لا يمكن التنبوء به من النموذج السابق. وحتى إذا كان الضغط التفريغي هو الذي يمثل عامل التحكم الأساسي للعملية، تعتبر تركيبات وتركيزات المحاليل المائية المستخدمة متغيرات فعالة هامة تعدل إدخال امتصاص السائل في الفواكه والخضراوات المسامية. ويبدو أن أثر اللزوجة (كما أشير لها سابقاً) والتفاعل بين المحاليل الأسموزية والمنتجات النباتية (الظواهر المزدوجة للأسموزية والميكانيكية الهيدروديناميكية (HDM) كما نوقش سابقاً وفي الأجزاء من ١٨,٣ إلى ١٨,٧ هي العوامل الأساسية الفعلية التي تتحكم في هذه العملية.



الشكل رقم (١٨,٢). أثر اللزوجة على زيادة وزن شرائح تفاح (القطر: ٢٠ملم والسمك: ٨ملم) بعد الحقن/التشريب بالتفريغ على ٢٠°م، في الماء ومحاليل بكتينية مختلفة. ظروف المعاملة التفريغية هي ٥٠ ملم بار لدقيقة و١٥ ثانية.

لم تدرس العوامل الأخرى التي تعتمد عليها عملية التفريغ بطريقة منهجية ؛ والعوامل هي : درجة حرارة محلول التشريب ، والوقت لإنجاز التفريغ ، ووقت حفظ (المنتج) على التفريغ والوقت اللازم لاستعادة الضغط الجوي. لم يوجد في الاستعراضات الأدبية أن لوقت إنجاز التفريغ أو لوقت استعادة الضغط الجوي أي أثر هام ، بينما لم يكن للوقت الذي يبقى فيه (المنتج) في تفريغ من بعد/أكثر من دقائق معدودة (دقيقتين وفقا لاقتراح فيتو وباستور ، ١٩٩٤ ، 2 min suggested by Fito and Pastor, 1994) ، أي عواقب على نقل الآلية الهايدروديناميكية. توضح المعلومات القليلة الموجودة المتعلقة بدرجة الحرارة. بحدوث مجرد/ فقط اختلاف بسيط في معدل نقل الكتلة(Hoover and Miller, 1975). في التطبيق العملي ، تعتبر ظروف درجة الحرارة محدودة عندما يقرب الوصول لنقطة الغليان تحت التفريغ ، وعلى سبيل المثال ، قرب ٤٦ °م للماء على ١٠٠ مليبار (loo mbar). وأخيراً ، فقد تم افتراض وبالتأكيد ، أن لتأثير درجة الحرارة على لزوجة السائل أو لدانة نسيج الغذاء(food matrix plasticity) دوراً في تقنية التفريغ.

(١٨,٢,٢) تعديلات للخصائص التركيبية والفيزيائية

Modifications to Structural and Physical Properties

أشار كثير من الباحثين (Fito *et al.*, 1996, Soura *et al.*, 1998, Salvatori *et al.*, 1998) إلى أن الآلية الهايدروديناميكية(HDM) قد تكون مصحوبة بتشويه نسيج الغذاء(deformation of the food matrix) والذي يؤثر بدوره على الامتصاص النهائي للسوائل وبالتالي يؤثر على خصائص المنتج بعد المعاملة. أولاً/ في البداية ، تتوافق ظاهرة التشويه مع تمدد حجم الهواء الداخلي المحبوس داخل المنتج عند إزالة الغاز (degassing) عند حدوث التفريغ ، وثانياً ، تتوافق مع حدوث انكماش جزئي (a partial retraction) في حجم المسام والناتج من استرخاء التركيب عند الرجوع للضغط الجوي.

وكدالة للخصائص الفيزيوإلاستيكية (الخصائص اللزوجية/المرونية المطاطية، (viscoelastic)) للتركيب الداخلي ولقوى التماسك/الالتصاق (cohesive forces) في النسيج الخلوي النباتي، قد تسبب ظاهرة التشويه- الاسترخاء (deformation-relaxation phenomenon) آثارا غير عكسية(irreversible effects) والتي تشتمل في بعض الحالات فقدا للصلابة ناتجا من الهشاشة(embrittlement) أو التمزق في نقاط اتصال الجدران الخلوية والمحتمل أن يصاحبها فقد في العصير (الخلوي). بصورة عامة، ترتبط هذه الظاهرة مع قوى الضغط الدافعة (pressure driving forces) وربما مع مرور وقت التشغيل، تؤدي إلى زيادة قيم مسامية فعالة وكما تحسن كمية السائل الذي يتشربه المنتج مع تأثير تدهوري محدود بدرجة متوسطة متمثل في قلة في الصلابة (firmness).

لاحظ مونتادا وآخرون ٩٩٨ (Muntada *et al.*, 1998) من الصور المجهرية لفاكهة الكيوي قبل وبعد معاملتها بالتفريغ مع محاليل الجلوكوز، أن حجم خلايا النسيج النباتي المتشرب وترتيبها قد تم حفظها حتى إذا تمزقت الجدران الخلوية. ويتوافق هذا مع عمل سابق لبولن وهوكسول (١٩٨٧)(Bolin and Huxsoll, 1987) في التفاح والذي (العمل) كشف أن التشرب بالتفريغ أحدث تمزق عدد لا يستهان به من الخلايا. وسيتم التركيز من بعد هنا، على إمكانية منع تحطيم تركيب الغذاء بإعادة تقوية(reinforcement) تركيب الجدار الخلوي بالكالسيوم أو بتقوية الجدار بمركبات الجلي(gelling agents) والمواد المذابة الأخرى(other solutes)، والتي ربما تعطي قوام المنتجات المصنعة مزيدا من التحسين. وتصبح إزالة اللبس الذي يشوب أمر هذه التقنية أمرا واضحا عندما يتم الأخذ في الاعتبار كلاً من الصور المجهرية والآثار السلبية لظاهرة التشوية- الاسترخاء: ربما يُعوض الفقد المعقول في التمامية كنتيجة

للمعاملة بالتفريغ، وبمقدار كبير، بالدور النشط/الفعال للمواد الذائبة المنقولة (transferred solutes).

وكنتيجة للمركبات الوظيفية (functional agents) الداخلة في تقنية التفريغ، فبالإمكان تغيير الخصائص الفيزيوكيميائية للفواكه والخضراوات. ويبدو عمل مارتينيز- منزو وآخرين (١٩٩٨ أ) (Martinez-Monzo *et al.*, 1998a) ليكون بمثابة مثال، مع إمكانية تطوير واعد في ما قبل المعاملة والتي تحور في التركيب الابتدائي للفواكه المسامية وتجعلها أكثر مقاومة للتحطيم بسبب عملية التجميد والتسييح (freezing-thawing process). تشريب قطع التفاح بمانعات التثليج(cryoprotectant) (المواد الذائبة منخفضة الوزن الجزيئي(slow molecular weight solutes)) أو بمثبتات التثليج (cryostabilisers) (المواد الذائبة عالية الوزن الجزيئي (high molecular weight solutes) قبل التجميد، لم يعدل درجات الحرارة الزجاجية (glass transition temperatures) المقاسة، بصورة معنوية، ولكن عند استخدام سوائل مانعات تثليج مركزة، تحقق انخفاض ملحوظ في الماء القابل للتجميد(freezable water). يجب أن يسهم النقص في محتوى الماء القابل للتجميد في تقليل التحطيم الناتج من البلورات الثلجية نتيجة لنقص جزئها الحجمي. بعد التشرب بعصير العنب المعدل (modified grape must) والذي تم اختياره كمادة ذائبة منخفضة الوزن الجزيئي، فقد كشف الفحص الدقيق تحت تبريد بالمجهر الإليكتروني(cryo-scanning electron microscopy observations) للتركيب الخلوي للتفاح، أن تكوين البلورات الثلجية كان متساويا في فراغ ما بين الخلايا وداخل الحويصلات (vacuoles) مع عدم ملاحظة اضطراب واضح في الخلية (الحجم والشكل والترتيب الداخلي). ومع مثبتات التثليج مثل البكتين المضاف إليه الميثايل(high methylated (HM) pectin)، أولاً: لم يكن اختراق المحلول البكتيني اللزج

تاما/مكتملاً تاركاً فراغات داخل الخلايا فارغة. وثانياً، لوحظ وجود فرق بين البلورات الثلجية في فراغات ما بين الخلايا وداخلها، على التوالي. وبالرغم من كل ذلك، ربما يعمل وجود البكتين على زيادة الثباتية الناتجة لتحوير البلورات الثلجية في فراغات ما بين الخلايا وإعادة تقوية التركيب بجسور ما بين الخلايا المتكونة من جل السكريات العديدة(polysaccharide gel).

أشار مارتينيز- مونزو وآخرون (٢٠٠٠) (Martines-Monzo *et al.*, 2000) بعد الأخذ في الاعتبار التغيرات في الخصائص الحرارية (thermal properties) والتي تشمل التوصيل الحراري (thermal conductivity) والانتشارية الحرارية (thermal diffusivity) والحرارة النوعية(specific heat)، إلى أن معاملة التشريب بالتفريغ والمستخدمة في التفاح، ربما ترفع التوصيل الحراري بدرجة كبيرة (ما يصل إلى ٢٤٪)، تم تبرير هذه النتيجة باستبدال الغازات الداخلية بالسائل في مسام الفواكه والذي (الاستبدال) يقلل المقاومة الحرارية المرتبطة عادة، بالجزء الفارغ. وبالتالي، تكون الزيادة في التوصيل الحراري متناسبة مع التركيب المسامي للفاكهة وكمية السائل المنقول والضغط الأسموزي للسائل. لم تتغير الحرارة النوعية في حالة السوائل المتواترة/متساوية التواتر (لها ضغط اسموزي عادي، (Isotonic solution)، بينما زادت الانتشارية الحرارية (٢-٤٪ أعلى).

إضافة إلى ذلك، عند زيادة تركيز سائل التشريب حتى أصبح عالي التوتر (تركيز أسموزي عالٍ (hypertonic))، فقد قلت معنوية زيادة قيم التوصيل والانتشار الحراري؛ لأن الجزء المائي مال لأن يكون منخفضاً في المنتج. أما التركيزات العالية، فقد أدت إلى حدوث انخفاض في قيم التوصيل والانتشار الحراري والحرارة النوعية إلى قيم أقل من القيم الابتدائية. وأخيراً، أسس مارتينيز-مونزو وآخرون (٢٠٠٠)

معادلات للتنبؤ بالمعاملات الحرارية للمنتجات المشربة. قدرت القياسات الحرارية المقاسة للتفاح وبدقة معقولة، بمعادلات. ويمكن أن تعدل النماذج المقترحة لتوافق أغذية أخرى، كما يمكن استخدامها لتقييم الفوائد الكامنة المحتملة لفعالية نقل الحرارة عند استخدام معاملات التفريغ قبل التصنيع الحراري.

(١٨,٣) التطبيقات/الاستخدامات
Applications

تم اقتراح استخدام تقنية التفريغ كمعاملة تسبق التصنيع/ما قبل التصنيع (pretreatment) في عمليات تصنيعية وتطبيقات إنتاجية عديدة: تخزين ما بعد الحصاد والفواكه أو الخضراوات المجمدة والمنتجات المسلوقة والمعلبة والمجففة أسموزياً وغير ذلك. الدور الأساسي لتقنية التفريغ والذي تم استغلاله هو تحوير تركيب الغذاء من أجل تحسين قوة وصلابة المنتجات بعد معاملة فيزيائية للحفظ و/أو أثناء التخزين. تم وصف التطبيقات/الاستخدمات الأساسية أدناه اعتماداً على ما بعد المعاملات المعتادة المختلفة. ولإعطاء نظرة/فكرة شاملة عن هذه التقنية فإن الجدول رقم (١٨,٢) يعرض قائمة بالتطبيقات/الاستخدمات المنشورة، مشتملة على المواد الخام المدروسة والمركبات الوظيفية المستخدمة في محاليل التشريب وظروف تشغيل تقنية التفريغ بالإضافة إلى معاملة التثبيت (stablising treatment) بعد خطوة التفريغ، والاستخدام النهائي المستهدف.

الجدول رقم (١٨,٢). التطبيقات الأساسية لتقنية التشرب بالتفريغ في الفواكه والخضروات على نطاق تجاري.

التطبيق	تركيب المحلول	المعاملة بالتفريغ	التحسن في الجودة	المراجع
ما بعد الحصاد	كلوريد كالسيوم (٤-١٠% وزن/ حجم)	١٥-٨٧ كيلو باسكال، ١-٢ دقيقة	تقليل الاحمرار اللاذع والتحطم الداخلي	Scott and Wills (1977, 1979)
القفاح	كلوريد كالسيوم (٢-٤%)		الصلابة، محتوى حمض الأسكوربيك، تأخير الهرم	Poovaaiah (1986)
	جلايكوسيدات فلافونيدية وأحماض فينولية مختلفة	١ر٥ كيلو باسكال، ٢ر٥ دقيقة	الصلابة	Lidster et al; (1986)
الأفوكادو	كلوريد كالسيوم (1 M)	٣٣-٥٠ كيلو باسكال، ٥ دقائق	تأخير النضج	Wills and Sifivatan Pa (1988)
الليمون	البوترسين أو كلوريد الكالسيوم (nmmr)، جيرلين (PPM 10)	٢٧ كيلو باسكال، ٨ دقائق	الصلابة، تأخير التغير في اللون خلال النضج	Valero et al; 1988a, 1988b)
المانجو	كلوريد كالسيوم (٤-٨% وزن/ حجم)	٣٣ كيلو باسكال	تأخير النضج	Termazi and Willis (1981)
الفراولة	كلوريد كالسيوم وأمينات عديدة مختلفة (1-100mm)	١٧ كيلو باسكال، ٨ دقائق	الصلابة	Panappa et al; (1993)
الطماطم	كلوريد كالسيوم (٦-٢٠% وزن/ حجم)، وأيونات معدنية ثنائية التكافؤ: Mn, Co, Mg	٦٠-٨٠ كيلو باسكال، ٤ر٥ دقيقة	تأخير النضج	Wills and Tilmazi (1979)
السلق/ التعليب				
المشمش	كلوريد الكالسيوم، كلوريد المجنيزيوم، سترات أومالات البوتاسيوم	أقل من ٧٥ كيلو باسكال، ١ ساعة	الصلابة	French et al. (1989)
المشروم	الماء	٣ر٠ كيلو باسكال، ٥ دقائق	الإنتاجية	McArdle et al. (1974)
المشروم	صمغ الزانثان (٥ر٠-١%)	٧٥ كيلو باسكال، ٣٠ دقيقة	الإنتاجية، القوام	Gormley and Walshe (1986)

تابع الجدول رقم (٢-١٨).

التطبيق	تركيب المحلول	المعاملة بالتفريغ	التحسن في الجودة	المراجع
المشروم	بروتينات بياض البيض (٥٪ حجم/ وزن)	١ر٣ كيلو باسكال، ٣ دقائق	الإنتاجية	Demeaux et al (1988)
الخوخ	مستخلص البكتين ميثيل استريز من الحمضيات مع كلوريد كالسيوم	٨٥ كيلو باسكال، ٥ر٠-٢ ساعة	الصلابة	Taveri et al. (1991)
الفراولة	لاكتات الكالسيوم (١-٢٪)	١٧ كيلو باسكال، ٨ دقائق	الإنتاجية، الصلابة	Main et al (1986)
اللفت	الماء	١٠ كيلو باسكال، ١٥ دقيقة	الصلابة	Moreira et al (1994)
التجميد				
التفاح	البكتين، اللجينيت، الجلاتين	١٠ كيلو باسكال، ٥ر٠ دقيقة	القوام	Martringe et al. (1999)
الفراولة	البكتين، اللجنيت	١٣ كيلو باسكال، ٣-٥ دقيقة	التعقد في الوزن واللون خلال التسييح	Barton (1951)
	لاتات كالسيوم (١-٢٪)	١٧ كيلو باسكال، ٨ دقائق	الصلابة	Main et al. (1986)
التجفيف الأسموزي للفواكه	السكريات	تفريغ مستمر أو متقطع	معدل التجفيف	(انظر المتن (النص))
تقشير الفواكه الحمضية البرتقال والجريب فروت	البكتينيزات والسبيليزات	حتى ٨ كيلو باسكال	الوقت المطلوب لإزالة القشور بسهولة، مظهر الفاكهة	Pretel et al. (1979) Rouhaua and Mannheim (1994), Soffer and Monnheim (1994)
الترطيب				
البقوليات الجافة	الماء	١٧-٢٠ كيلو باسكال، ٥ دقائق	المظهر بعد التعليب	Sastry et al. (1985)
التسخين بالمقاومة للكهرباء				
البطاطس	كلوريد الصوديوم (٣٪)	٤٠-٤٥ كيلو باسكال، ٥ دقائق دورات	التوصيل الكهربائي	Wang and Sastry (1993)
المنتجات المقطعة الطازجة				
البطاطس والتفاح	أسكوربات الصوديوم، أسكوربات الكالسيوم، كلوريد الكالسيوم	١٧-٩٩ كيلو باسكال، ٥ر٠-٢ دقيقة	تثبيط الاسمرار	Sapers et al. (1990)

* قيم الضغط المطلق التفريغي حولت إلى وحدات كيلو باسكال، تعود الأوقات إلى أوقات المحافظة على التفريغ

(١٨,٤) تخزين ما بعد الحصاد
Post-Havvest Storage

تم استخدام تغطيس/غمر الفواكه في محاليل الحفظ المائية التي تم تحسينها باستخدام التفريغ لإطالة فترة حفظ ما بعد الحصاد لمنتجات عديدة : التفاح (Scott and Wills, 1977, 1979, lidster *et al.*, 1986) والليمون (Valero *et al.*, 1998a, 1998b) والأفاكادو (Wills and Sirivatanapa 1998) والمانجو(Tirmazi and Wills 1981) والطماطم (Wills and Tirmazi 1979) والفراولة(Ponappa *et al.*, 1993). عادة ما تكون المركبات المستخدمة في محاليل التشريب هي أملاح الكالسيوم (والغالب فيها هو كلوريد الكالسيوم) وكثير من الهرمونات النباتية (أمينات عديدةpolyamines). يبدو أن التشريب بالتفريغ يستخدم كبديل لعملية التشرب بالضغط(pressure infiltration process) (Poovaiah, 1986, Wang *et al.*, 1993). بصورة عامة، تعود فائدة استخدام الكالسيوم لقدرة الكاتيون على التفاعل مع الأغشية والجدران الخلوية، بالإضافة إلى دوره المنظم على المستوى الأيضي. ووفقا لبوفاييه (١٩٨٦) ، فإن للآثار النافعة لتعزيز/إغناء الفواكه الكاملة بالكالسيوم بعد الحصاد أسبابا عديدة. **أولاً**: يلعب الكالسيوم دوراً خاصاً في المحافظة على تركيب جدران خلايا الفواكه وأعضاء التخزين الأخرى بالتفاعل مع حمض البكتيك(pectic acid) في جدران الخلية لتكوين بكتات كالسيوم(calcium pectate). ولهذا، فإن وجود الكالسيوم المتشرب يمكّن من المحافظة على تماسك جدران الخلية وصلابة الفاكهة أثناء التخزين و/ أو النضج، بل يزيدها. **ثانياً**: يتفاعل الكالسيوم مع الغشاء الخلوي بتعديل تركيبه والقيام بدور منظم لنفاذية هذا الغشاء وانتقال بعض المواد المضمنة التي لها دور في عمليات نضج وشيخوخة المنتج. **ثالثاً**: تعتمد كثير من التفاعلات الإنزيمية (مثل: فسفرة البيبتيدات العديدة بالبروتين كاينيز (e.g. polypeptide phospornlation by protein kinases) على الكالسيوم.

يعمل الكالسيوم بنجاح من خلال هذا الفعل الثلاثي، على تأخير الشيخوخة كما يعمل في السيطرة على الاعتلالات الفسيولوجية أثناء تخزين الفواكه والخضراوات. وعلى سبيل المثال: مكن استخدام تخلل الكالسيوم بالتفريغ لكثير من أصناف التفاح (الجرافينستين والكوكس أورانج بيبين (Gravenstein, Cox s Orange Pippin)، من خفض نسبة (إلى أقل من ٧٪) أعداد الفواكه المتأثرة بظاهرة النواة المرة(bitter pit) غير المرغوبة بعد تخزين استمر لثلاثة أسابيع على ٢٠°م(Scott and Wills, 1977). ووفقاً لهذين الباحثين، فإن ظاهرة النواة المرة هي اعتلال فسيولوجي في التفاح يؤثر بصورة أساسية على نهاية كأس زهرة(calyx) الفاكهة، وهو اعتلال مهم بصفة خاصة في بعض الأصناف المعينة المحددة التي تزرع في أستراليا(Australia) ونيوزيلاند(New Zealand) وأفريقيا الجنوبية(South Africa)، للتصدير. وبالمقارنة، فإن نسبة منتجات التفاح المتلفة غير المعاملة تصل إلى ٣٣-٥٢٪ في بعض الحالات. وبالإضافة لذلك، فقد قل التحلل الداخلي وبالمثل قل إعتلال النواة المرة للأصناف المختلفة من التفاح، والملاحظان خلال ١٢-١٥ أسبوعاً من التخزين على درجة حرارة منخفضة (بين -١°م و٥°م) وبدرجة معنوية بالمعاملة بالكالسيوم تحت تفريغ(Scott and Wills, 1979). وزيادة على ذلك، فقد وجد بوفاييه (١٩٨٦)(Poovaiah) أن صلابة تفاح الجولدن دليشص(الذهبي اللذيذ، Golden Delcious) المخزن لخمسة عشر أسبوعاً على صفر °م قد تحسنت بعد التشريب بالتفريغ في محلول كلوريد كالسيوم٣-٤٪. وفي نفس الوقت، تحسن محتوى حمض الأسكوربيك وتم تعزيزه بمقدار الضعف بينما قل إنتاج غاز ثاني أُكسيد الكربون وابتعاث الإثايلين. أيضاً لاحظ تيرمازي وويلس (١٩٨١) (Tirmazi and Wills 1981) الزيادة في محتوى حمض الأسكوربيك في المانجو، بينما ترافق ذلك مع تأخر نضجها لما يفوق الأسبوع على درجة حرارة الجو العادي. تم تأخير نضج صنفين من

الأفوكادو (الفيويرتي والهاس Fuerte and Hass) من يوم إلى أربعة أيام أثناء التخزين على درجة حرارة ٢٠°م بخطوة تفريغ في محلول كلوريد كالسيوم ٤٪ (ويلس وسيريفاتانابا ١٩٨٨) (Wills and Sirivatanapa, 1988). عليه وهكذا، فقد يمكِّن التأخير في النضج والشيخوخة من المحافظة على كثير من المنتجات لأطول فترة ممكنة في سلسلة التوزيع وحتى على درجة حرارة الجو العادي، ولهذا الأمر أهمية خاصة في معظم الدول النامية حيث يقل استخدام التبريد أو لا يتوافر بالمرة.

قد يلعب التخلل تحت تفريغ لأمينات عديدة (vacuum infilteration of polyamines) وهي جزيئات مشحونة بشحنات موجبة (positively charged molecules) نفس دور الكالسيوم في تأخير تليين/تطرية وشيخوخة المنتجات النباتية ويرجع هذا لمقدرة الأمينات العديدة على ربط الجدران الخلوية أو تثبيت الغشاء، وكذلك دوره غير المباشر في العمليات الفسيولوجية. أوضح بونابا وآخرون (١٩٩٣) (Ponappa *et al.*, 1993) وبجلاء ووضوح، الدور المشابه لهذه المركبات وقد قارنوا أثر التشريب بالكالسيوم مع أمينات عديدة متنوعة في حفظ شرائح الفراولة الطازجة. ومن خلال هذه الأمينات العديدة المستخدمة في هذا العمل، اتضح أن للاسبيرميدين(spermidine) والاسبيرمين(spermine) أثراً أكبر من أثر البيوتريسين(putrescine)، ويبدو أنهما فاعلان بنفس فعالية الكالسيوم في المحافظة على صلابة الفواكه بعد التخزين لمدة أربعة وتسعة أيام على حرارة ٢٠°م و١°م، على التوالي. زاد الترشيح التفريغي للبيوتريسين (فاليرو وآخرون ١٩٩٨a)(Valero *et al.*, 1998a) أو الجيبيريلين (gibberellin) (فاليرو وآخرون، ١٩٩٨b) من صلابة الليمون الكامل المحفوظ على ١٥°م وفي نفس الوقت أخر تغيرات لون الفواكه المقطوفة وهي غير ناضجة(unripe picked fruits).

وأخيراً أبرزت/كشفت أبحاث ليدإستر وآخرون (١٩٨٦) (Lidster *et al.*, 1986) قدرة التشريب تحت تفريغ في محاليل محتوية على جلايكوسيدات فلافونويدية ((flavonoid glycosides)، الكيويرسيتين(quercetin)) وحمض الفينوليك (حمض الكلوروجينيك) في تثبيط تطرية ثمار تفاح الاسبارتان والجولدن دليشص المحفوظة على حرارة ٢٠°م وصفر°م. وأساساً، تم تفسير هذا الأثر بخصائص تثبيط هذه المركبات للبيتا-جلاكتوسايديز (β-galactosidase).

(١٨,٥) المعاملة الحرارية: السلق والتعليب
Heat Greatment: Blanching and Canning

المعاملات الحرارية هي المسؤولة عن (هي المسبب) دنترة الأنسجة الخلوية غير العكسية، والتي تحدث في الفواكه والخضراوات مؤدية إلى تليينها/تطريتها وفقدان عصيرها. عليه، فقد استخدمت تقنية التشريب بالتفريغ قبل المعاملة الحرارية مثل السلق(Blanching) والبسترة(pasteurising) والتعليب(canning)، بهدف الحد من التحطيم الحراري للمنتج. ومما يثير الدهشة والاهتمام وبصفة خاصة، أن نلحظ معاملة المشروم البرعمي(button mushrooms) (McArdle *et al.*, 1974; Gormley and Walshe, 1986 Demeaux *et al.*, 1988) ومعاملة الفراولة(Main *et al.*, 1986) ومعاملة المشمش (French *et al.*, 1989) ومعاملة اللفت (Moreira *et al.*, 1994).

أبان مكاردل وآخرون (١٩٧٤) (McArdle *et al.*, 1974)، أن التشريب بالتفريغ للمشروم بالماء فقط، قبل السلق والتعليب حسّن من ناتج وزن المنتج النهائي. وقد يتم أيضاً، تحسن حفظ الماء، بالتشريب الابتدائي في مادة غروية (hydrocolloid) مثل صمغ الزنثان(xanthan gum) (Gormley and Walshe, 1986). قلل التشريب بالزانثان انكماش المشروم أثناء دورة السلق/التعليب، وبالتالي، قلل نقص وزن المنتج. وزيادة على

ذلك، فقد أدت المعاملة الأولية بالزانثان إلى قوام مشروم معلب أقل صلابة وأكثر قبولا. أشار ديمكس وآخرون (١٩٨٨) (Demeaux *et al.*, 1988) إلى أن استخدام المواد الجلي (gelling agents) مثل بروتينات بياض البيض(egg white) يكون أكثر فعالية من استخدام صمغ الزانثان والذي لا يتجلتن، وذلك فيما يتعلق بتقليل فاقد/نقص وزن المشروم المعلب.

تم تحسين صلابة شرائح اللفت المثبتة بالسلق (على ٩٧°م، لمدة ٣ دقائق) وبالتحميض المضطرد(consecutive acidification) (غمر لمدة ٢٢٠ دقيقة في محلول حمض الأسيتيك على درجات حرارة مختلفة ثابتة: ٢٠، ٥٠، ٧٠ و٩٠°م) فقط، باستخدام المعاملة الأولية التفريغية للتشريب بالماء والذي لعب دورا وقائيا اتضح من التغير المتمثل في انتفاخ الخلية(Moreira *et al.*, 1994).

حسن التشريب بلاكتات الكالسيوم(calcium lactate infusion) من قوام الفراولة الطازجة الكاملة أو المقطعة شرائح، كما قلل من فقدها للوزن والذي تم قياسه بعد التعليب(Main *et al.*, 1986)، ويرجع هذا لوجود الكالسيوم الذي عمل على تقوية تركيب جدار الخلية بتكوينه للبكتات(pectates) (انظر إلى ما أشير إليه سابقاً). أيضاً، لاحظ فرنش وآخرون (١٩٨٩) (French *et al.*, 1989) هذا التحسين للقوام باستخدام التشريب بالكالسيوم في المشمس المعلب (صنف باترسون Patterson cultivar) حتى في وجود تأثير تخليبي(chelator effect) لسترات خارجية أو داخلية والتي قد تعمل على الحد من فعالية الكالسيوم، وخاصة في الفواكه الأقل نضجا لأنها شديدة الحموضة.

وجد أن للتشريب بالتفريغ للبكتين ميثايل استريز الخارجي (exogenous pectinmethylesterase (PME)) في الفواكه، فعالية في زيادة صلابة الأغذية المصنعة حرارياً. البكتين ميثايل استريز الخارجي إنزيم مربوط بجدران خلايا الفواكه

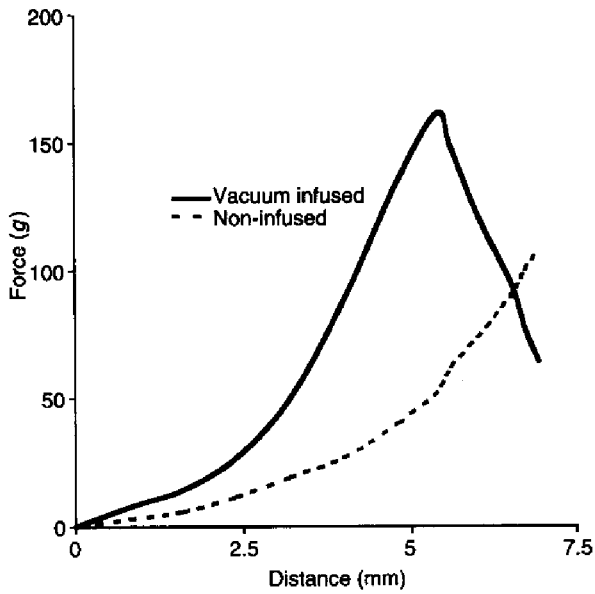
والخضراوات ، ويعمل على نزع/ إزالة استر البكتين (de-esterifies pectin). في نضج الفواكه ما بعد الحصاد ، يسبق نشاط البكتين ميثايل استريز الخارجي(PME) إزالة البلمرة (depolymerisation) بواسطة البولي جالاكتيورينيز(polygalacturonase) مسببا تطرية الفواكه. تم الافتراض النظري بأن البكتين ميثايل استريز الخارجيPME يعمل على زيادة صلابة الفواكه والخضراوات بإزالة ميثايل(demethylation) البكتين الداخلي ملحوقا بخلب الكاتيونات ثنائية التكافؤ chelation of divalent cations بمجاميع حمض الكاربوكسيل المؤينة ionised carboxylic acid groups على سلاسل حمض البكتيك القريبة(Suutarinen *et al.*, 1999). في وجود الكالسيوم ، يكون الأثر المؤدي لزيادة الصلابة متناسباً مع نشاط البكتين ميثايل استريز الخارجي(PME) قبل المعاملة الحرارية و يمكن تقويته باستخدام التشريب بالتفريغ بالبكتين ميثايل استريز الخارجي. في الخوخ المسلوق (على ٩٥°م لمدة ٣٠ ثانية) أو المسلوق-المعلب(blanched-canned) (على ١٠٤°م لمدة ١٢ دقيقة)، أدى التشريب بالتفريغ مع البكتين ميثايل استريز (المأخوذ من الحمضيات) والكالسيوم ، إلى زيادة صلابة هذه المنتجات المصنعة حراريا بما قد يصل إلى أربعة أضعاف تقريباً ، مقارنة بما حدث للعينات المرجعية التي لم يتم تشريبها(Javeri *et al.*, 1991).

(١٨,٦) التجميد
Freezing

تسبب دورات التجميد والتسييح للفواكه والخضراوات تحطيماً بالغاً للتركيب الخلوي والذي يعني دنترة الأغشية وتمزق الجدران الخلوية وبالتالي تقود إلى نقص في الامتلاء (turgor) والتماسك/الصلابة (rigidity). بصورة عامة ، ينتج هذا نضحا (إفرازا عصيريا عند إزالة الثلج من المنتج defrosting of the product. ذكر بارتون (١٩٥١)

(Barton, 1951) بأن خلط السكر ومركبات الجلي مع الفواكه الطازجة ومن ثم معاملتها بالتفريغ كخطوة تالية، أعطت منتجات مجمدة ومسيحة بخصائص حسية أفضل. وفي حالة شرائح الفراولة والتي اقترحها المؤلف، فإن استخدام البكتين والألجينات (alginate) قبل التجميد مكن من المحافظة على شكلها ووزنها ولونها بدرجة أكبر مقارنة بالتي لم تعامل وخاصة بالـ HM pectin. وبالإضافة لذلك، فقد أفاد ماين وآخرون (Main *et al.*, 1986)(١٩٨٦)، أن المعاملة الأولية بالتشريب بالكالسيوم للفراولة الكاملة أو المقطعة شرائح، قد حسنت مقاومة الفاكهة للتمزق(shear) بدرجة بسيطة. تم تفسير ضعف فعالية الكالسيوم في تحسين الصلابة، بعدم كفاية عملية إزالة الميثايل(demethylation) من البكتين الداخلي في الفاكهة لتكوين البكتات. عندما اتُّبعت دورة التجميد-التسييح (freezing-defrosting cycle) بمعاملة حرارية، أصبح التأثير على القوام أقوى وأفضل نتيجة لزيادة نشاط نزع الميثايل أثناء ارتفاع درجة الحرارة. اقترح سيركو (Cierco, 1994)(١٩٩٤) معاملة أولية بالتشريب بالتفريغ للفواكه في محاليل محتوية على مركبات جل كطريقة حديثة لتحسين جودة الفراولة المجمدة. باستخدام هذه الطريقة، حصل المؤلف على فراولة مجمدة-مسيحة حافظت على مظهر ومذاق الفراولة الطازجة، حتى بعد التخزين لعدة سنوات على -٢٠°م. وحديثاً، وضح ماترنج وآخرون، ١٩٩٩ (Martinge *et al.*, 1994) إمكانية استخدام مركبات جل غروية (هيدروكلودية، غروية ,hydrocolloids) (مثل الجيلاتين والبكتين والألجينات والنشا) عن طريق استخدام التفريغ لقطع التفاح الطازج قبل التجميد. إذا كان أخذ/امتصاص مركب الجل كافياً، فسيلاحظ الأثر التركيبي على المنتج عند تسييحه. وتم عرض مثال لتحوير القوام هذا، في الشكل رقم (١٨,٣). يبدو أن قابلية العينات المشربة بالجيلاتين للتقطيع (cuttability)- والمعرفة بأنها: القوة اللازمة لقطع مكعب تفاح سمكه سنتيمتر

واحد مقاس بجهاز قياس القوام المستخدم فيه سكين (texture analyser equiped with a blade)، تظهر سلوكا مشابها للسلوك الذي يبديه الجل الهيدروكلويدي البسيط. وحقاً أو فعلاً، أظهرت قطع التفاح المعاملة بالجيلاتين قبل التجميد وبوضوح قوة جل أكبر (ميل المنحنى أكثر انحداراً). ومن ثم، فقد أظهرت العينات المشربة قابلية للقطع تشابه قابلية الجل للقطع (توجد نقطة انكسار/انفصال(breaking point قبل نهاية القياس) والتي كانت مختلفة تماماً عن حالة العينة المرجعية، التي تقابل قيمة قوة الجل لها، السحق المستمر (continous crushing)، فقط. شرح ماترينج وآخرون (١٩٩٩) هذه الظاهرة بتكوين فراغات بين الخلايا مملوءة بالجل (gell-filled intercellular spaces) تسود التركيب الملين للتفاح مزال الثلج/ المسيح.



الشكل رقم (١٨,٣). بيانات تحليل قوام مكعبات تفاح ١سم^3 مجمدة–مسيحة، متشربة بالجيلاتين، وغير متشربة والتي تبين قوة القطع مقابل مسافة القطع.

(١٨,٧) التجفيف الأسموزي والتطبيقات الأخرى
Osmotic Dehydration and Other Applications

ناقشت مجموعة فيتو وآخرون غيرهم وبشكل منتظم، الاستخدام المتزامن (simultaneous application) للتفريغ في الفواكه أثناء كامل عملية التجفيف الأسموزي (entire osmotic dehydration process)، أو في الدقائق الأولى من المعاملة أو أثناء الدورات المنبضة المعتادة/النظامية (regular pulsed cycles). تعامل مع/أو درس هؤلاء الباحثين وبصورة أساسية، حركيات انتقال الكتلة ومعدلات التجفيف الأسموزي بالتفريغ(فيتو، ١٩٩٤ فيتو وباستور، ١٩٩٤ ؛ شاي وفيتو ١٩٩٤ ؛ وشاي وآخرون ١٩٩٥، باندا س- أمبروسيو وآخرون ١٩٩٦ ؛ راستوجي وراجهافارو، ١٩٩٦ ؛ كاسترو وآخرون، مارتينيز- منزو وآخرون ١٩٩٨b) (Fito, 1994; Fito and Pastor, 1994; Shi and Fito, 1994; Shi *et al.*, 1995, Panades-Ambrosio *et al.*, 1996; Rastogi and Raghavaro, 1996; Castro *et al.*, 1997; Martinez-Monzo *et al.*, 1998b)، مع تعديلات تركيبية دقيقة(microstructural modifications) (بارات وآخرون ١٩٩٩، ٢٠٠٠، (Barat *et al.*, 1999, 2000)) ومع تغيرات في المحتوى وفسيوكيميائية (composition and physiochemical changes) (شافر وآخرون ٢٠٠٠، مورينو وآخرون ٢٠٠٠، شيرالت وآخرون ٢٠٠١) (Chafer *et al.*, 2000; Moreno *et al.*, 2000; Chiralt *et al.*, 2001).

ظهر/نتج من هذه الدراسات المختلفة أن لاستخدام التفريغ أثناء المعاملة الأسموزية له أثراً بارزاً، وذلك بسبب أن المنتج مسامي. يسرع التفريغ من تحويل المذابات نحو نسيج المنتج(matrix) بمفعول قسري واختراق مبكر (forced and early penetrationof the solustion) للمحلول ؛ وفوق كل اعتبار، فإن هذا مدعم للاستخلاص المائي، حيث إن جزيئات الماء قد تهاجر بمزيد من السهولة في

مسام/فتحات/ ما بين الخلايا المملوءة بالسائل، مما يؤدي إلى فقد مائي كبير. وبصورة عامة يوصى بالتجفيف الأسموزي التفريغي النبضي (pulsed vacuum osmotic dehydration)نظراً لمميزاته الاقتصادية والتحسين /المقنع في نقل/انتقال الكتلة (satisfactory mass transfer improvement).

لا يوجد اختلاف معنوي في تغير حجم الفواكه عند مستوى الرؤية المجردة (بالعين، (macroscopic))، بين الضغط الجوي والتجفيف الأسموزي التفريغي بسبب تأثير التجفيف، ولم يكن تشويه الخلية وانكماش جدرانها مهمَّيْن في معاملة التفريغ وذلك لغياب الغاز في تركيب الغذاء.

في البحوث الواردة في القائمة أعلاه، تم تفسير/إرجاع تحسينات جودة الفواكه المعاملة بالتجفيف الاسموزي، والملاحظة (pH والنشاط المائي والثباتية واللون والقوام، إلخ) أساساً، للأثر الوقائي للمذابات المشربة أو بالنقص العام الكبير في محتوى المنتجات من الماء).

في الاستعراضات الأدبية، تم اقتراح استخدامات تقنية تفريغ أخرى مهمة:

- إمهاء إدخال ماء أو تفريغي(vacuum hydration) للبقوليات الجافة (ساستري وآخرون، ١٩٨٥)(Sastry *et al.*, 1985). قللت المعاملة الأولية بالإمهاء التفريغي من حدوث أو تعاظم تشقق (انفلاق) المنتج المعلب كما أسرعت بامتصاص الماء.
- الترشيح التفريغي لملح الطعام في قطع البطاطس قبل التسخين الأومي (وانج ساستري، ١٩٩٣) (Wang and Sastry, 1993). هذه الفلترة فعالة بصورة خاصة مع الجسيمات التي سمكها أقل من ١سم، فقد عدلت التوصيل الكهربي للمنتج، بدرجة معنوية.

- تصميم مؤشر حيوي (bioindicator) لفحص فعالية معاملات التعقيم الحراري المستمرة، لجسيمات السائل الغذائي (ساستري وآخرون ١٩٨٨) (Sastry *et al.*, 1988). تم عمل المؤشر الحيوي من قطع المشروم المشربة بالتفرغ بمحلول الالجينات وجراثيم *الباسلس ستيرثيرموفلس* (*B. stearothermophius*). كما تم تثبيت الجراثيم البكتيرية بتكوين جل الالجينات بعد الغمر في حمام الكالسيوم.
- استخدام التفريغ كمثبط للتلون البني (browning inhibitors) لقطع التفاح والبطاطس (سابرس وآخرون، ١٩٩٠) (Sapers *et al.*, 1990). تم استخدام الأسكوربات أو الإروثوربات كمثبطات لإطالة ثباتية لون أو مظهر المنتجات المقطعة الطازجة والمخزنة على ٤°م.

(١٨,٨) الاتجاهات المستقبلية
Future Trends

أدناه، تم عرض ثلاثة أفكار كتطبيقات/استخدامات مهمة جدا أو كحقول بحث جديدة:

١- تمت دراسة التشريب التفريغي للمذابات قبل أو أثناء التجفيف الأسموزي، جيداً، ولكن لم يتم اقتراح معالجة مباشرة باستخدام تقنية التفريغ قبل معاملات التجفيف الأخرى (التجفيف بالحمل الحراري(convective)- وبالتفريغ- أو التجفيد (freeze-drying)). وقد يحسن هذا من جودة المنتجات المجففة بتعديل تركيبها الكيميائي وخصائصها الحرارية/الطبيعية (Thermophysical)، بينما يتم تعديل حركيات التجفيف.

٢- تمت الإشارة إلى التشريب التفريغي للإنزيمات في تركيب الفواكه والخضراوات في معرض ارتباطه بتصميم الغذاء المعدل إنزيمياً (بيكر وويكر،

١٩٩٦)(Baker and Wicker, 1996)، ولكن لم يتم استغلاله بدرجة كافية. قاد وأدى التعديل/التحوير الإنزيمي للخصائص الداخلية للفاكهة أو الخضراوات الكاملة/السليمة بالتشريب التفريغي إلى عمليات نقل/ تفاعلات مثيرة للاهتمام في هندسة النسيج الغذائي. يبدو أن تطبيقات/استخدامات التشريب التفريغي الإنزيمي كثيرة، وتعتمد على النشاط التخصصي المحدد والوظيفي للإنزيم: التقشير والتصليب (firming) أو النظرية (softening) وتوليد رائحة طيارة(volatile aroma) من طلائع جلايكوسيدية(glycosidic precursors) وإزالة النكهات/الروائح غير المرغوبة (off-flavors) وتحليل/هدم المركبات غير القابلة للهضم أو السامة (degradation of non-digestible or toxic compounds) وغير ذلك. درست بعض التطبيقات/الاستخدامات، وأساساً تلك المتضمنة تعديل التركيب، بنجاح و/أو بلغت هذه الاستخدامات مرحلة التطور التجاري. وكما جاء في الوصف في القسم ١٨.٥، فإن التحسن في صلابة الفواكه باستخدام البكتين ميثايل استريز الخارجي قد تم تعزيزه عندما تم التشريب تحت التفريغ. والاستخدام الأكثر تطوراً هو استخدام البيكتينيزات (pectinases) والسيليوليزات(cellulases) المشربة لتحسين تقشير الفواكه الحامضية (روهانا ومانهيم، ١٩٩٤، سوفر ومانهيم، ١٩٩٤، بريتل وآخرون، ١٩٩٧) (Rouhana and Mannheim, 1994; Soffer and Mannheim, 1994; Pretel et al., 1997).

٣- ربما يؤخذ في الاعتبار إمكانية إغناء/تعزيز أو تصنيع مركبات من قطع الفواكه والخضراوات بالمركبات التغذوية (nutritional compounds) أو المذابات الأخرى. وكما جاءت الإشارة سابقاً، فقد كان لاستخدام تقنية التفريغ في المواد الخام أهمية وحضور في إطالة فترة صلاحية أو مظهر المنتج الخام. ومع الأهداف التكميلية، فإن هذه المعاملة قد تساعد في تطوير منتجات طازجة جديدة(سلطات مقطعة طازجة

ومكونات جاهزة للاستخدام (ready-to-use igredients) في الفطائر أو الأطباق، ومنتجات غذائية شبه- طازجة، إلخ (dietary fresh-like products, etc)، وذلك بإدخال مكونات فسيولوجية نشطة، مخفضات النشاط المائي أو الـpH ومضادات ميكروبية (antimicrobial) وغير ذلك). اقترحت مجموعة فيتو صنع تركيبات قطع فواكه أو خضراوات طازجة وظيفية (formulation of fuctional fresh fruits or vegetable pieces) (وهنا، تعني كلمة وظيفة: دور معين أو محدد/تخصصي في التغذية)، مع أملاح كالسيوم وزنك وحديد مختلفة والتي قد تمثل نسبة من المتناول اليومي المحدد الموصى به (determined recommended daily intake) من هذه المعادن للاستهلاك البشري (فيتو وآخرون، ٢٠٠١) (Fito *et al.*, 2001).

تعتبر تقنية التفريغ تقنية واعدة في تصنيع كثير من الفواكه والخضراوات المصنعة التجارية. وعلى أية حال، لا يوجد تشريع محدد يتعلق بالمنتجات المبتكرة المشربة بالتفريغ ويجب توضيح وضعها التشريعي. بين البرنامج الأوروبي (the FAIR European program) المشار إليه في القسم ٩-١٨ التالي، أن المنتجات المشربة قد تعتبر في بعض الأحيان أغذية جديدة (novel foods) تتطلب اسماً تجارياً جديداً. وبصورة عامة، يجب أن تخضع هذه الأغذية الجديدة لاختبارات للتأكد من أنها غير ضارة (harmlessness) ومن ثباتيتها (stability) حتى تقبل رسمياً/نظامياً على المستوى الوطني أو الأوروبي.

(١٨,٩) مصادر إضافية للمعلومات والنصائح/ الإرشاد

Sources of Further Information and Advice

Department of Food Technology Director: Pr P Fito
Universidad Politecnica de Valencia PO Box 22012
46071 Valencia, Spain
Tel: +34 96 387 7360
Fax: +34 96 387 7369

Research Laboratory in Food Engineering (Dr R Saurel)
IUT A - University of Lyon 1
Rue Henri de Boissieu
01060 Bourg-en-Bresse, France
Tel: +33 (0)47445 52 52
Fax: +33 (0)47445 52 53

European AAIR project F-FE 253/97 'Texture of heat processed fruits'
Contact:
Leatherhead Food Research Association
(Dr S A Jones)
Randalls Road, Leatherhead
Surrey KT22 7RY, UK
Tel: +44 1372 376761
Fax: +44 1372 386228

European FAIR demonstration project CT 98 'Improvement of processed fruit and vegetable texture by using a new technology: vacuum infusion' *Co-ordinator:*
TMI International
(Mrs K C Chatellier)
20, Bd Eugene Oeruel1e
69432 Lyon cedex 03, France
Tel: +33 (0)4728404 82
Fax: +33 (0)4 72 84 04 85

(١٨,١٠) المراجـــع

Referemces

BAKER R A and WICKER L (1996) 'Current and potential applications of enzyme infusion in the food industry', *Trends Food Sci Technol,* 7 279-84.

BARAT J M, ALBORS A, CHIRALT A and FITO P (1999) 'Equilibrium of apple tissue in osmotic dehydration: microstructural changes', *Drying Technol,* **17** (7&8) 1375-86.

BARAT J M, CHIRALT A and FITO P (2000) 'Structural change kinetics in osmotic dehydration of apple tissue', *Proceedings of the 12th International Drying Symposium, IDS 2000,* paper number 416, Amsterdam, Elsevier Science, 9 pp.

BARTON R R (1951) 'Improving the quality of frozen premier strawberries' , *JAm Soc Hort Sci,* **58** 95-8.

BOLIN H R and HUXSOLL C C (1987) 'Scanning electron microscope/image analyser determination of dimensional postharvest changes in fruit cells', *J Food Sci,* **52** (6) 1649-50.

CALBO A G and SOMMER N F (1987) 'Intercellular volume and resistance to air flow of fruits and vegetables', *JAm Soc Hort Sci,* **112** (1) 131-4.

CASTRO D, TRETO O, FITO P, PANADES G, MUNEZ M, FERNANDEZ C and BARAT J M (1997) 'Deshidratacion osmotica de Pina a vacio pulsante. Estudio de las variables del proceso', *Alimentaria,* **282** 27-32.

CHAFER M, GONZALEZ-MARTINEZ C, ORTOLA M D, CHIRALT A and FITO P (2000) 'Osmotic dehydration of mandarin and orange peel by using rectified grape must', *Proceedings of the 12th International Drying Symposium, IDS 2000,* paper number 103, Amsterdam, Elsevier 11 pp.

CHIRALT A, MARTINEZ-NAVARETTE N, MARTINEZ-MONZO J, TALENS P, MORAGA G, AYALA A and FITO P (2001) 'Changes in mechanical properties throughout osmotic processes: cryoprotectant effect', *J Food Eng,* **49** 129-35.

CIERCO M (1994) Pre-freezing treatment of strawberries and their use as fresh strawberry, French patent application (in French), FR 94 13864. DEL VALLE J M, ARANGUIZ V and DIAZ L (1998) 'Volumetric procedure to assess infiltration kinetics and porosity of fruits by applying a vacuum pulse', *J Food Eng,* **38** 207-21.

DEMEAUX M, SONNERAT P and LORIENT D (1988) 'Localization and behaviour study of egg white proteins incorporated in cultivated mushrooms' (in French), *Sciences Aliments,* 8 269-83.

FITO P (1994) 'Modelling of vacuum osmotic dehydration of food', *J Food Eng,* **22** 313-28.

FITO P and PASTOR R (1994) 'Non-diffusional mechanisms occurring during vacuum osmotic dehydration', *J Food Eng,* **21** 513-19.

FITO P, ANDRES A, CHIRALT A and PARDO P (1996) 'Coupling of hydrodynamic mechanism and deformation-relaxation phenomena during vacuum treatments in solid porous food-liquid systems', *J Food Eng,* **27** 229-40.

FITO P, CHIRALT A, BETORET N, GRAS M, CHAFER M, MARTINEZ-MONZO J, ANDRES A and VIDAL D (2001) 'Vacuum impregnation and osmotic dehydration in matrix engineering: Application in functional fresh food development', *J Food Eng,* 49 175-83.

FRENCH D A, KADER A A and LABAVITCH J M (1989) 'Softening of canned apricots: a chelation hypothesis', *J Food Sci,* 54 (1) 86-9.

GORMLEY T R and WALSHE P E (1986), 'Shrinkage in canned mushrooms treated with xanthan gum as a pre-blanch soak treatment', *J Food Technol,* 21 67-74.

HOOVER M W and MILLER N C (1975) 'Factors influencing impregnation of apple slices and development of a continuous process', *J Food Sci,* 40 698-700.

JAVERI H, TOLEDO R and WICKER L (1991) 'Vacuum infusion of citrus pectinmethylesterase and calcium effects on firmness of peaches', *J Food Sci,* 56 (3) 739-42.

LIDSTER P D, DICK A J, DEMARCO A and MCRAE K B (1986) 'Application of flavonoid glycosides and phenolic acid to suppress firmness loss in apples', *JAm Soc Hortic Sci,* 111 (6) 892-6..

MAIN G L, MORRIS J R and WEHUNT E J (1986) 'Effects of pre-processing treatments on the firmness and quality characteristics of whole and sliced strawberries after freezing and thermal processing', *J Food Sci,* 51 (2) 391-4. MARTINEZ-MONZO J, MARTINEZ-NAVARETTE N, CHIRALT A and FITO P (1998a) 'Mechanical and structural changes in apple (var. Granny Smith) due to vacuum impregnation with cryoprotectants', *J Food Sci,* 63 (3) 499-503.

MARTINEZ-MONZO J, MARTINEZ-NAVARETTE N, CHIRALT A and FITO P (1998b) 'Osmotic dehydration of apple as affected by vacuum impregnation with HM pectin', *Proceedings of the 11th International Drying Symposium, IDS'98,* eds Akritidis C B, Marinos-Korris D and Saravacos G D, Halkidiki, Greece, Volume A, Thesaloniki, Ziti Editions, 836-43.

MARTINEZ-MONZO J, BARAT J M, GONZALEZ-MARTINEZ C, CHIRALT A and FITO P (2000) 'Changes in thermal properties of apple due to vacuum impregnation', *J Food Eng,* 43 213-18.

MATRINGE E, CHATELLIER J and SAUREL R (1999) 'Improvement of processed fruit and vegetable texture by using a new technology "vacuum infusion" " *Proceedings of the International Congress 'Improved traditional foods for the next century',* XII European Commission and Instituto de Agroquimica y Tecnologia de Alimentos, 28-29 October, Valencia, Spain, 164-7.

MCARDLE F J, KUHN G D and BEELMAN R B (1974) 'Influence of vacuum soaking on yield and quality of canned mushrooms', *J Food Sci,* 39 1026-8.

MOREIRA L A, RODRIGUES-OLIVEIRA F A, OLIVEIRA J C and SINGH R P (1994) 'Textural changes in vegetables during thermal processing. II Effects of acidification and selected pretreatments on texture of turnips', *J Food Proc Pres,* 18497-508.

MORENO J, CHIRALT A, ESCRICHE I and SERRA J A (2000) Effect of blanching/osmotic dehydration combined methods on quality and stability of minimally processed strawberries', *Food Res Internat,* 33 (7) 609-16.

MUNTADA V, GERSCHENSON L N, ALZAMORA S M and CASTRO M A (1998) 'Solute infusion effects on texture of minimally processed kiwifruit', *J Food Sci,* 63 (4) 616-20.

PANADES-AMBROSIO G, TRETO-CARDENAS O, FERNANDEZ-TORRES C, CASTRO D and MUNEZ DE VILLAVICENCIO M (1996) 'Pulse vacuum osmotic dehydration of guava', *Food Sci Technol Internat,* 2 301-6.

PONAPPA T, SCHEERENS J C and MILLER A R (1993) 'Vacuum infiltration of polyamines increases firmness of strawberry slices under various storage conditions', *J Food Sci,* 58 (2) 361-4.

POOVAIAH B W (1986) 'Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables', *Food Technol,* May 86-9.

PRETEL M T, LOZANO P, RIQUELME F and ROMOJARO F (1997) 'Pectic enzymes in fresh fruit processing: optimisation of enzymatic peeling of oranges', *Process Biochem,* 32 (1) 43-9.

RASTOGI N K and RAGHAVARO K S M S (1996) 'Kinetics of osmotic dehydration under vacuum', *Lebensm Wiss u Technol,***29** 669-72.

ROUHANA A and MANN HElM C H (1994) 'Optimisation of enzymatic peeling of grapefruit' , *Lebensm Wiss u Technol,***27** 103-7.

SALVATORI D, ANDRES A, CHIRALT A and FITO P (1998) 'The response of some properties of fruits to vacuum impregnation', *J Food Proc Eng,* **21** 59-73.

SAPERS G M, GARZA RELLA L and PILIZOTA V (1990) 'Application of browning inhibitors to cut apple and potato by vacuum and pressure infiltration', *J Food Sci,* **55** (4) 1049-53.

SASTRY S K, MCCAFFERTY F D, MURAKAMI E G and KUHN G D (1985) 'Effects of vacuum hydration on the incidence of splits in canned kidney beans *(Phaseolus vulgaris)', J Food Sci,* **50** 1501-2.

SASTRY S K, LI S F, PATEL P, KONANAYAKAM M, BAFNA P, DOORES S and BE ELMAN R B (1988) 'A bioindicator for verification of thermal processes for particulate foods', *J Food Sci,* **53** (5) 1528-36.

SCOTT K J and WILLS R B H (1977) 'Vacuum infiltration of calcium chloride: a method for reducing bitter pit and senescence of apples during storage at ambient temperatures', *Hortic Sci,* **12** (1) 71-2.

SCOTT K J and WILLS R B H (1979) 'Effects of vacuum and pressure infiltration of calcium chloride and storage temperature on the incidence of bitter pit and low temperature breakdown of apples', *Austral J Agric Res,* **30** 917-28.

SHI X Q and FITO P (1994) 'Mass transfer in vacuum osmotic dehydration of fruits: a mathematical model approach', *Lebensm Wiss u Technol,***27** 67-72.

SHI X Q, FITO P and CHIRALT A (1995) 'Influence of vacuum treatment on mass transfer during osmotic dehydration of fruits', *Food Res Internat,* **28** (5) 445-54.

SOFFER T and MANN HElM C H (1994) 'Optimisation of enzymatic peeling of oranges and pomelo', *Lebensm Wiss u Technol,***27** 245-8.

SOUSA R, SALVATORI D, ANDRES A and FITO P (1998) 'Note. Vacuum impregnation of banana *(Musa acuminata* cv. giant Cavendish)', *Food Sci Technol Internat,* 4 127-31.

SUUTARINEN J, HEISKA K and AUTIO K (1999) 'Light microscope and spatially resolved FT-IR micro spectrometer in the examination of the effect of CaClz and pectinmethylesterase (PME) treatments on the structure of strawberry tissues', *Proceedings of the International Congress 'Improved traditional foods for the next century',* XII European Commission and Instituto de Agroquimica y Tecnologia de Alimentos, 28-29 October, Valencia, Spain, 127-32.

TIRMAZI S I H and WILLS R B H (1981) 'Retardation of ripening of mangoes by post harvest application of calcium', *Tropical Agric,* **58** 137-41.

VALERO D, MARTINEZ-ROMERO D, SERRANO M and RIQUELME F (1998a) 'Influence of postharvest treatment with putrescine and calcium on endogenous polyamines, firmness, and abscissic acid in lemon (Citrus lemon L. Burm Cv. Vema)', *J Agric Food Chern,* **46** 2102-9.

VALERO D, MARTINEZ-ROMERO D, SERRANO M and RIQUELME F (1998b) 'Postharvest gibberellin and heat treatment effects on polyamines, abscisic acid and firmness in lemons', *J Food Sci,* **63** (4) 611-15.

WANG W C and SASTRY S K (1993) 'Salt diffusion into vegetable tissue as a pretreatment for ohmic heating: electrical conductivity profiles and vacuum infusion studies', *J Food Eng,* **20** 299-309.

WANG C Y, CONWAY W S, ABOTT J A, KRAMER G F and SAMS C E (1993) 'Postharvest infiltration of polyamines and calcium influences ethylene production and texture changes in Golden Delicious apples', *J Am Soc Hortic Sci,* **118** (6) 801-6.

WILLS R B H and SIRIVATANAPA S (1988) 'Evaluation of postharvest infiltration of calcium to delay the ripening of avocados' , *Austral J Exp Agric,* **28** 801-4.

WILLS R B H and TIRMAZI S I H (1979) 'Effect of calcium and other minerals on ripening of tomatoes', *Austral J Plant Physiol,* 6 221-7.