استخدام الأجهزة المتقدمة: النشوية (تدهور قوام الفواكه، القوام الطباشيري الخشن سهل التفتت)

Applying advanced instrumental methods: mealiness in fruit.

جي لا ميرتيان، كاثوليكي يونيفيرستات ليوفين، بي إي. فيرليندين، فلا ندرس سنتر، مركز تقنية ما بعد الحصاد وبي. إم ينكولاي، كانوليكي يونيفيرستات ليوفين.

Jl ammertyn, katholieke uneversiteit Leuven, B. E. Verlinden, Flanders Ceutre of Postharvest Technology and B. M. Nicolai, kath olieke uneversiteit Leuven.

(٩,١) مقدمة: تعريف التدهور في قوام الفاكهة

Introduction: Defining Mealiness in Fruit

تُوجَّه كثير من الجهود حالياً نحو زيادة استهلاك الفواكه لفوائدها الصحية. وتتأثر جاذبية الفواكه فيما يتعلق بالسلوك الشرائي (Purchasing behavior) للمستهلكين بالمظهر المرئي، ولكن الجودة الداخلية المتوقعة لا تقل أهمية. ويعتبر تدهور القوام صفة ممثلة لقياسات الجودة الداخلية المهمة، وتتميز هذه الخاصية بتدهور قوام الفاكهة أثناء التخزين غير المناسب، مما يؤدي إلى ليونة/ رخاوة، وجفاف وتدهور في قوام الفاكهة. وهذه الظاهرة مهمة بصفة خاصة في الفواكه، مثل التفاح والخوخ والنكتارين والطماطم التي

تتميز بأنها عصيرية عندما تكون طازجة. وفي هذا الفصل سيتم مناقشة التفاح فقط بشكل موسع.

يستخدم مصطلح تدهور القوام استخداماً شائعاً من قبل المستهلكين، ولكن لم يعرف تعريفاً جيداً في الاستعراضات الأدبية، إذ إن التعريف العام الشائع المفيد مطلوب، فقد تمت دراسة إدراك المستهلك لهذه الظاهرة (الصفة) في القسم (٩,٢). وسيؤسس هذا لكيفية معرفة المستهلكين لتدهور القوام، وعما إذا كان هناك إدراك عام لهذه الصفة عبر عدة دول أوروبية. تهتم أو تتحدث الأقسام من (٩,٣) إلى (٩,١١) عن التقنيات الجهازية لقياس هذه الظاهرة. وتتراوح هذه التقنيات بين التحاليل الهستولوجية (النسيجية histological) لهذه الظاهرة بواسطة المجهر الضوئي (light microscopy) والتحاليل الأكثر تطوراً، مثل انتشار الموجات فوق الصوتية (ultrasonic wave propagation) والتصوير بالرنين المغناطيسي (magnetic resonance mapping tomography). وسيعرض نموذج ديناميكي (dynamic model) في القسم (٩,١٢)؛ ليربط الخواص المرتبطة بالتدهور في القوام، مثل الهشاشة (crispiness) والصلابة (hardness) والعصيرية (juiciness) بالخواص الفسيولوجية، مثل حالة الماء. ولوصف تطورها كدالة وظيفة أو معامل للزمن (function of time). وسيتم هذا الفصل بالإشارة إلى بعض الاتجاهات اللاحقة في حقل هذه الأبحاث، مع مصادر معلومات إضافية ونصائح.

(٩,٢) التقييم الحسي وتوقعات المستهلك

Sensory Evaluation and Consumer's Expectations

بالرغم من الوعي بالقوام الذي يبدو حاضراً بمستوى وعي متدنٍّ (subconscious level)، إلا أن ذلك يلعب دوراً مهماً في تحديد شعور الناس نحو الأغذية. وكثيراً ما تغطي النكهة (flavor) على القوام عند مستوى الإدراك العادي، وببساطة، يأخذ الناس قوام الأغذية كأمر مُسلَّم به معتبرين أنه جزء أساسي من طبيعة

الغـذاء. ولا يـدرك النـاس أن قـوام الغـذاء يعتـبر خاصـية منفصـلة ومتميـزة. وينعكس شعورهم أو إدراكهم هذا في ضعف ومحدودية مقدرتهم في التعبير (verbalize) عندما يتحدثون تلقائياً عن القوام. يتزايد الإدراك والوعي بالقوام عندما تتعرض توقعاتهم للفشل (لا تلبي متطلباتهم) وتكون الارتباطات مع المواد غير الغذائية أو الإحساسات الفمية غير المبهجة (السيئة). لاحظ زكزيسنياك (١٩٧١) Szczesniak أن الجنس والمجموعة الاجتماعية/ الاقتصادية عوامل تؤثر على الوعي بالقوام. وبصفة عامة، النساء أكثر إدراكاً ووعياً بالقوام مقارنة بالرجال. والناس الأكثر تعليماً أكثر وعياً بالقوام ويُظهرون تفهماً أفضل لفكرة القوام، ذلك لعلمهم وتعلمهم الأفضل وخبراتهم في التعامل مع المفاهيم العامة وتطبيقهم لخلاصات الأفكار في الحالات المعيشية الحقيقية.

عرف التقييم الحسي كمعرفة علمية (scientific discipline) تستخدم لاستخراج قياس وتحليل وتفسير تفاعلات لخصائص الغذاء والمواد كما هي مدركة بخواص النظر (sight) والشم (smell) واللمس (touch) والسمع (hearing) (Andani, 2000). لخص بيورني ١٩٨٢ (Bourne) التقييم الحسي بالقول "لا يوجد جهاز تتوافر له صفات التطور (sophistication) والروعة (elegance) والحساسية (sensitivity) ومدى الحركة الآلية (range of mechanical motions) كالفم، أو يمكنه أن يغير، وبشكل فوري، سرعة ونمط المضغ استجابة للأحاسيس المدركة أثناء المضغة السابقة (previous chew). وقد وجد أن القوام هو صفة الغذاء التي تدرك بوضوح. ومعظم نتائج التقييم الحسي للتفاح التي نشرت اعتمدت على الاختبارات التفضيلية أو التفريقية (preference or difference testing)، والتي ترتبط بالبهجة والقبول، عوضاً عن اعتمادها على كثافة أو قوة خواص محددة (Lapsley, 1989).

ويمكن إجراء التحليل الحسي بمستويات مختلفة، ويؤدي أي مستوى إلى الخروج بمعلومات محددة حول خواص جودة الفواكه، مثل القوام والنكهة. توفر جماعة أو هيئة الاختبارات/ التحاليل الحسية (analytical sensory panel) المدربة في التحاليل الوصفية الحسية (descriptive sensory analysis) معلومات مفصلة حول الخواص الحسية للمنتج. في اختبارات المستهلك التفصيلية، تدرس إدراكات المستهلك للجودة الوصفية العامة (general descriptive quality perceptions of consumer). يمكن تفسير الطرق الشبكية المجموعية (repertory grid methods) كتقنية وسيطة (intermediary technique). وباستخدام نظرية توقعات المستهلك (consumer expectation theory)، يمكن جمع المعلومات حول ما يتوقعه المستهلك من المنتج، وكيف يؤثر هذا التوقع على قرار شرائه/ شرائها (للمنتج). يوفر كل من هذه الطرق إجابات لمختلف الأسئلة، كما سيتم توضيحه لاحقاً. لكل نوع من أنواع الاختبارات، سيناقش مثال في شبكة القوام والتدهور في مختلف أنواع التفاح.

(٩,٢,١) هيئة/ مجموعة التحليل (التحكيم) الحسي Analytical Sensory Panel

في أوائل السبعينيات طور سيفيلي وسزسزنيك (Civille and Szczensiak) أداة لوصف خواص قوام الأغذية وقياسها كمياً. ولم تكن هذه التقنية تقنية جهازية، ولكنها تضمنت مجموعة أشخاص مدربين على تقييم القوام. لخص نيكوت (Nicot, 1992) كل الجوانب العلمية التي يجب اعتبارها عندما نجري دراسة حسية (sensory study) بواسطة مجموعة مقيِّمين/محكِّمين مدربة. يعتمد تصميم التجربة (experimental design) على طبيعة المنتج والعوامل البيئية التي يجب التحكم فيها، أي السيطرة عليها، في الغرفة التي تجرى فيها الاختبارات والطريقة التي تحضر بها العينات لمجموعة التقييم وكيف يتم ترميزها (Williams and Carter, 1997, Durr, 1979). وهناك مشاكل كثيرة ترتبط بأخذ

عينات الفواكه ، مثل الاختلافات بين نفس نوع الفاكهة وبين فاكهة من نفس الدفعة (fruits of the same batch). ويزاد على ذلك ، قد تكون هناك اختلافات كبيرة بين الأشخاص الذين يُقيِّمون العينات (rate the samples). إن الاختلاف بين البشر والذي ينعكس ، على سبيل المثال ، في المعدات المتوافرة لهم لإجراء عملية المضغ (process of chewing) وفسيولوجيتهم العصبية (neurophysiology) لنقل المعلومات إلى أمخاخهم وقدرتهم على وصف خبراتهم وتجاربهم للباحث ، ويجب أن تؤخذ كل هذه العوامل في الاعتبار أو يعدل لها وتصحح أثناء تحليل البيانات. مصدر آخر للاختلاف هو استجابة المحكمين والطريقة المستخدمة من قبل الباحث لاستنباط وتسجيل الاستجابة. لا يمكن تفادي بعض الاختلافات الفردية ، بينما تكون أخرى تحت سيطرة القائمين بالتجربة ، بدرجة ما.

وفي نطاق أو إطار مشروع أوربي (Eu FAIR CT95- O352) درس تدهور قوام الفواكه ، دربت مجموعة تقييم في معهد أبحاث الأغذية (بردينج بإنجلترا). (Institute of Food Research Reading, Uk) وبالأياتا (بفالينسيا ، أسبانيا) IATA (Valencie, spain) لتقييم تدهور قوام التفاح (Nicolai *et al.*, 1999). وقد تم إحداث التحبب (تدهور القوام) بدرجات مختلفة ، بتخزين أصناف التفاح ؛ جراني اسميث (Grany Smith) والجولدن دليشص (Golden delicious) والأحمر (Late top Red) والكوكس جوناجولد (Cox Jonagold) والبوسكووب (Boskoop) في الهواء ورطوبة نسبية ٩٥٪ على ٢٠°م ، لمدد مختلفة. وقد عقدت حلقة نقاش (discussion session) لاختيار/ انتقاء أشخاص يقدرون على الوصف يمكنهم أن يصنفوا العينات. وبشكل ملحوظ ، لم يكن تدهور القوام أحد الأوصاف المستخدمة بواسطة هيئة المقيِّمين المدربة إذ إنها ليست بمصطلح يمكنهم استيعابه (فهمه/ إدراكه). وقد قيم مقدار أثر القشر على الإدراكات ،

أولاً. لإزالة القشرة بعض التأثير على الخواص المرتبطة بالمذاق، ولكن لا يبدو أن لهذه الإزالة تأثيراً على تدريج الخواص المرتبطة بالقوام. وقد تقرر إجراء المزيد من التقييم الحسي للعينات المقشرة. أفادت الدرجات الملاحظة لخواص القوام: لبي (pulpy) ومتحبب.(granular) ودقيقي (floury) وعصيري (Juicy) وصلب (hard) وهش (crispy) لمختلف الأصناف وبأحوال التخزين المختلفة، أن هذه الأوصاف قد استخدمت لوصف مختلف درجات تدهور القوام. وعليه، لم يدرك تدهور القوام كقياس أحادي الأبعاد (one dimensional parameter)، ولكن كمصطلح غطائي أو مظلي (umbrella term) والذي يحتوي داخله أوصاف الدقيقي والمتحبب. وجدت الخواص الأخيرة لتكون مرتبطة سلبياً بالخواص الأخرى مثل الصلابة والهشاشة والعصيرية (Nicolai *et al.* 1999).

(٩,٢,٢) أنماط تفضيلات المستهلك Consumer Preference Patterns

في مقابل مجموعة التحليل المدربة، كثيراً ما لا يملك المستهلكون مفردات تمكنهم من وصف ما يدركون بشكل علمي واقعي إيجابي (objectively) عند تقييمهم لخواص منتج ما، وعوضاً عن وصف إدراكهم بخواص المنتج المحددة، نتيجة لمحدودية المفردات/ المصطلحات لديهم، فإنهم يستخدمون مصطلحات معتمدة على المتعة أو اللذة (الاستمتاع بالمنتج وتلذذه) (hedonically based terms) مثل لذيذ (nice) وذي مذاق مستساغ (tasty) للتعبير عن أحاسيسهم، (Andani 2000).

درس أنداني (Andani, 2000) ما إذا كان المستهلكون يدركون تدهور قوام التفاح كخاصية جودة سالبة، وسواء كانت أنماط تفضيلاتهم تعتمد على التفاح الطازج أكثر من اعتمادها على التفاح المتدهور (mealy apple). أُعطي المشاركون ثلاثة أصناف من التفاح الكوكس والجوناجولد والبوسكووب، في ثلاث مراحل مختلفة من التدهور

(طازج وفي النقطة الوسطى (mid-point) ومتدهور (mealy)). وللحصول على هذه المراحل خُزِّ التفاح في ظروف مسببة للتدهور (mealiness inducing conditions) (٢٠°م و ± ٩٠٪ رطوبة نسبية) لمدة معينة اعتماداً على مستوى التدهور المطلوب. وقد طلب من كل من الـ ١٥٠ شخصاً تدريج التفاح في نموذج تدريج تذوقي من ٩ نقاط (٩ درجات (nine-point hedonic box)) على أساس تقبلهم له، وتتراوح هذه الدرجات بين غير مقبول بدرجة قصوى (dislike extremely) ومقبول بدرجة قصوى (like extremely)، ومن أجل تحليل ورؤية تركيب بيانات التفضيل، فقد استخدمت طريقة خريطة التفضيل (preference mapping methoddogy) (Carroll 1972, Greenhoff and MacFie, 1994) . توفر الطبيعة متعددة الأبعاد لتقنية خريطة التفضيل عدداً من المميزات التي تفوق التحليل الحسابي أحادي التغاير (univariate analysis algorithnas) أخذت المعلومات المبلغة من كل مشارك ولكل المنتجات المقيَّمة في الاعتبار، عند التحليل، ولم تؤخذ متوسطات للدرجات التي أعطيت للمنتجات من قبل المستهلكين، ولكن تم تمثيل كل فرد (كل تقييم فردي) في الخريطة (Earthy, 1996). وعليه، لم تفقد أي معلومات بسبب أخذ المتوسطات، وقد تم توضيح التوزيع الطبيعي للمستهلكين في الخريطة (McEwan, 1988/9).

اعتماداً على طريقة خريطة التفضيل هذه، لاحظ الباحث فصلاً عبر البعد التفضيلي الأول (first preference dinension) بين أصناف الجوناجولد والكوكس من جانب، وبين البوسكووب من جانب آخر، وكان لصنف البسكووب قبول متدنٍّ أو مستوى تفضيل متدن. وتفيد البيانات بأن التفضيل قد قاد إلى الرفض (عدم القبول dislike لصنف البسكووب أكثر مما لقبول صنفي الجاناجولد والكوكس. وقد اختيرت نفس عينات التفاح بواسطة مجموعة المحكِّمين المقيِّمين لتحديد خواص المنتج المحددة

التي تسبب توزع/تفرق أي اختلاف في تفضيل المستهلك (prefernce segmentation)). وقد وجد أن سبب عدم قبول صنف البسكووب هو النكهة المرة والحامضية وغير الناضجة (bitter acid and unripe flavor)، مما يفيد بأن هذا الرفض يرتبط أكثر بالنكهة من ارتباطه بالقوام، وبالرغم من أنه أقل توزيعاً في الأصناف (النكهة)، فإن أنماط تفضيل المستهلكين تعتمد أكثر على التفاح غير متدهور القوام، مما يشير إلى أن المستهلكين أدركوا أن تدهور القوام خاصية جودة سالبة. ذكر أنداني (Andani 2000) أن كثيراً من العينات متدهورة القوام، قد كان لها قوام متحبب (granuler texture) وعليه، فإن النتائج قد دعمت النظرية التي تقول بأن المستهلكين قد يدركون تدهور قوام التفاح كخاصية جودة سالبة، ويظهرون تفضيلاً وقبولاً بدرجة أكبر للفاكهة الطازجة مقارنة بقبولهم للمتدهورة. لنفس الأصناف الثلاث نظر جايجر وآخرون (١٩٩٨) (Jaeger *et al.*) إلى الاختلافات بسبب الثقافات (cross-cultural difference).

بيّن المستهلكون البريطانيون والدنماركيون ما يتعلق بتفضيل التفاح الطازج والتفاح القديم. وكانت أنماط تفضيل المستهلكين البريطانيين والدنماركيين متشابهة وعكست عدم وجود اختلافات بسبب الثقافات (Jaeger et *al.* 1998).

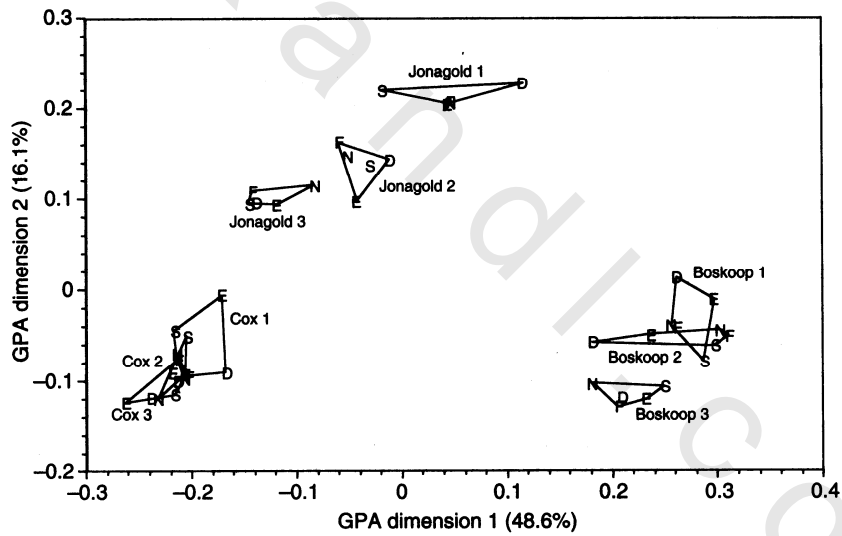
في دراسة للمستهلكين الأسبان القاطنين مدينة مدريد (Madrid)، وجد أن المستهلك، بصفة عامة، ينظر إلى تدهور القوام كخاصية سالبة (lopez et al 1996) وقد اعتبرت النكهة أكثر أهمية من المظهر. ويفضل الرجال التفاح الحلو بدرجة أكبر، بينما بصفة عامة، تفضل النساء الفاكهة الحامضية. وأيضاً، يفضل الصغار أكل الفواكه الحامضية.

(٩,٢,٣) الطريقة الشبكية المجموعية Repertory Grid Method

استكمالاً لإدراك المستهلكين، تستخدم هنا أيضاً تقنية أخرى لتقييم خواص المنتج، مثل تدهور قوام التفاح. تستخدم هذه التقنية لجمع معلومات المستهلكين/الاستهلاك حول المنتجات عند مستوى بين مجموعة التحكيم المدربة وتفضيلات المستهلك وحكمه القبولي (acceptability judgment) كان كيلي (kelly, 1990) هو أول من استخدم الطريقة الشبكية المجموعية. وقد اخترع أو طور كيلي هذه التقنية لتحديد الترتيب أو النظام الذي يستخدمه الناس لتشكيل إدراكهم وإحساسهم بالعالم الاجتماعي، طلب من الناس المشاركين أن يحددوا الكيفية التي يكون بها مستحثان متشابهين، ولكن مختلفين عن مستحث ثالث، ويتم تكرار العملية حتى لا يستطيع الشخص معرفة أي شيء جديد بالمرة. في عام ١٩٨١م استخدم أولسين Olsen لأول مرة، هذه التقنية في دراسة لتقبل الغذاء. وقد أضاف جزءاً ثانياً إلى الطريقة ؛ بالطلب من الشخص أن يحدد تدريجاً (scale) لقياس كمية كل نظام/ترتيب تم إدراكه/إحساسه في الشيء. وعليه، يستخدم كل شخص نظامه الخاص به وتدريجه لتقييم الأشياء.

أجريت دراسة الشبكية المجموعية لمستهلكين من أربعة أقطار مختلفة : بلجيكا (Belgium) والمملكة المتحدة (UK) وإسبانيا (Spain) والدنمارك (Denmark)، وبخمس لغات مختلفة (الهولندية (Dutch) والفرنسية (French) والإنجليزية (English) والإسبانية (Spanish) والدنماركية (Danish) (De Smedt, 2000; Andani 2000). أُعطي المشاركون تفاحاً (أصناف كوكس) و بسكووب جوناجولد وبثلاث درجات مختلفة من التدهور في القوام (غير متدهور وبحالة متوسطة(بين عدم التدهور والتدهور) ومتدهور). وحللت معلومات هذه الدراسة باستخدام التحليل البركاستي العام (GPA). وهذا التحليل عضو من أعضاء عائلة الطرق المهتمة بتحليل البيانات الناشئة أو المخرجة من عدة أفراد. والهدف، والغرض أن يتم التعرف على كيفية اختلاف الأفراد، وبالمثل

معرفة مدى اتفاقهم في إحساسهم وإدراكهم لنفس الظاهرة. تحليل الـ GPA تقنية إحصائية تجريبية تسمح للباحث أو تمكنه من الربط في فضاء متعدد التغاير (multivariate space) بين مختلف منظومات الخواص، أو التشكيلات المخرجة من قبل مختلف المستهلكين مع العينات المختبرة. وأيضاً، تتعامل هذه التقنية مع المشكلة /المشكلات الفردية لهيئة التحكيم الذين، قد يرفعون أو ينقصون بصفة دائمة درجات خاصية (خاصية جودة) ما (Dijbste huis and Gower, 1991) ويعطي الشكل رقم (٩,١) رسماً بيانياً لحل توفيقي جماعي Consensus solusion للـ GPA. يفصل البعد الأول تفاح



الشكل رقم (٩,١). الشكل الإجماعي لتحليل بروكوستس المعمم (GPA consensus) موضحا الفروقات بين مختلف مجموعات المستهلكين (تحليل بروكوستس المعمم GPA consensus بالتدريج متساوي موحد الخواص) لثلاثة أصناف تفاح (الكوكس والجوناجولد والبوسكووب) في ثلاث مراحل تحبب/تدهور قوام ١: طازج، ٢: مرحلة متوسط، ٣: متدهور القوام. المفتاح: D: دنماركي E إنجليزي و S :أسباني، وN: هولندي، و F: فرنسي. (المصدر: انداني، ٢٠٠٠).

البسكووب من الأصناف الأخرى ويسير من القاع الأيمن bottom right إلى القمة اليسرى (top left). يسير البعد الثاني من القمة اليمنى (top right) إلى القاع الأيسر (bottom left) يتماشى ويتوافق (aligns) جيداً مع درجة تدهور القوام. في الرسم البياني الاتفاقي (consensus plot) يمكن أن يرى توزيع متوسط العينات (distribtion of sample means) لكل مجموعة مستهلكين حول متوسط العينات العالمية. ويمكن استخلاص أنه لا توجد أي مجموعة مستهلكين واحدة تختلف اختلافاً معنوياً عن المجموعات الأخرى عند وصف إدراكهم للعينات ؛ إذ إن وضع المجموعات حول العينة محكم نوعاً ما (rather tight).

ومن هذه الدراسة يمكن استخلاص وجود اتفاق/إجماع بين مختلف مجموعات المستهلكين على الطريقة التي يدركون/يحسون بها تدهور القوام. وعلى أي حال، تختلف الطريقة التي يصف بها مختلف المستهلكين إدراكهم، اختلافاً كبيراً. يستخدم الفليميش (Flemish) (البلجيك الذين يتحدثون الهولندية (Dutch speaking Belgians) والوالونس (Walloons) البلجيك الذين يتحدثون الفرنسية (French speaking Belgians) والدانيس Danes والإسبانياردس (Spaniards) ترجمة لكلمة متدهور mealy. ومع هذا، لهم جميعاً خواصهم الخاصة بهم التي يستخدمونها لوصف تدهور القوام. وفي المقابل، لا يستخدم المستهلكون الإنجليز (English consumers) مصطلح متدهور mealy وليس هذا المصطلح بمصطلح مفهوم لديهم. ويصفون التدهور بالخشن (coarse) والأسفنجي (spongy) والجاف (dry) والمقرمش (crumbly). ولا يوجد فرق واضح بين المستهلكين الفليميش والوالون في بلجيكا فيما يتعلق بمقدرتهم على وضع أوصاف، وكلتا المجموعتين وضعت نفس العدد تقريباً من الأوصاف، يستخدم المستهلكون الفليميش تصنيف التدهور (mealiness category) بشكل أكثر اتساعاً من استخدام

الوالون له. وبصفة عامة ، يدرك المستهلكون من مختلف الأقطار الاختلافات بين العينات بشكل متساو، مما يعني أن هناك اتفاقاً/إجماعاً عبر كل الثقافات فيما يتعلق بإدراك تدهور القوام.

(٩,٢,٤) توقعات وقبول المستهلكين

Consumer Expectations and Acceptability

للمستهلكين توقعات مسبقة (prior expectations) تدعمها خبرات سابقة (previcus experiences) عن خواص جودة المنتجات (Deliza and MacFie, 1996). للفواكه، تعتمد هذه التوقعات، بدرجة كبيرة، على المظهر الخارجي والإدراك/الإحساس اليدوي للقوام (manual texture perception) والرائحة (aroma) (Christensen, 1983, Cardello and Segars, 1989) والذي قد يستخدمه المستهلك كمرشد للطزاجة (Freshness)، والنضج (Ripeness) والجودة والتنوع (Variety) (Rishardson-Harman *et al.* 1998). اقترحت نظريات توقعات مختلفة (different expectaion theories) في الاستعراضات الأدبية (Reliza and MacFie, 1996) وذلك لتحليل توقعات المستهلكين.

نظمت تجارب في كل من المملكة المتحدة (UK) وأسبانيا (Spain) لتقييم الظواهر الخارجية للتفاح التي تؤثر على الإحساس المتوقع بالخواص الحسية تقييماً كمياً (Andani, 2000, Nicolai *et al.*, 1999). الظواهر هي/ لون القشرة (skin colour) والكثافة (density) والقوام باللمس (texture to touch). أعطى المشاركون وزناً أكبر لما أحسوه في الفم عوضاً عن إحساسهم بالظواهر الخارجية للتفاح. ومن دراسات أخرى أيضاً، وجد أنه من غير الممكن تداول تفسير إحساس الأشخاص. وقد تم التأكيد أيضاً بواسطة دراسات الاستهلاك، أنه على الأقل في أسبانيا، يوجد، وبشكل واضح، سوق قطاعي (market segment) يفضل التفاح متدهور القوام.

درس أنداني (Andani 2000) العلاقة بين الجنس (gender) وأهمية قوام التفاح. وقد أفادت نتائجه بأن القوام أكثر أهمية لدى النساء (٩٢٪) مقارنة بإدراك الرجال لهذه الخاصية (٦١٪). وقد أفادت أكثر من ٩٩٪ من الإناث أن القوام مهم جداً مقارنة بـ ٤٩٪ من الذكور. ولم يحكم أي من الجنسين على عدم أهمية القوام أو أنه غير مهم جداً، مما يؤكد أهميته، وعليه تدهور القوام، عند المستهلك.

(٩,٣) الطرق الجهازية
Instrumental Methods

ترجع محاولات ربط القياسات الحسية(الافتراضية) بقياسات الأجهزة الفعلية الموضوعية (objective instrumental measurements)، إلى بدايات القرن. وقد رغب الباحثون دوماً في ربط ما يحسه الشخص من المتغيرات الفيزيائية التي يمكن قياسها بما يعرف بالطرق الفعلية الموضوعية (objective means) (Moskowitz 1983). ربط أو قارن سيزسيزيسنياك والكر (Szczesniak and IIiker 1988) وكاسيوت (Casutt 1994) الإدراك الحسي للعصيرية مع القياسات التجريبية. وقد وجدوا أن العصيرية خاصية متعددة العوامل (multifactorial) ترتبط إيجابياً بكمية العصير الموجودة في الغذاء. وترتبط العصيرية المدركة حسياً سلبياً مع التدهور في القوام. استخدم فايني (Finney 1971) الاختبارات الحسية والجهازية لتقييم صنف التفاح الدليشص الأحمر. وقد لاحظ فايني أن الصلابة الحسية ارتبطت بشكل أفضل مع صلابة ماجنيس تايلور (Magness-Tayler firmness) مما مع قياسات الصلابة الصوتية (sonic firmnesc measurement). وقد خلص ديياهل وهامان (Diehl and Hamann 1979) من دراساتهما الحسية والجهازية على التفاح الدليشص الأحمر، إلى أن الهشاشة الحسية (sersory crispiness) ترتبط مباشرة مع القيم المعاملية/المؤشرية (modulus values) من اختبارات الضغط أحادية المحور (uniaxial

(compression tests) واختبارات التمزق (torsion tests) بينما يرتبط التبلر/التحبب (graininess) وقياس تدهور القوام (mealiness) عكسياً بالقيم المعاملية وقوة القطع sheer stress عند فشل التمزق (failure in torsion). وبصفة عامة، التبلر/التحبب (graininess) قياس للقوام وله ارتباطات سلبية مع القياسات الحسية الأخرى التي تستخدم لوصف التفاح. وجد هاركر وآخرون (Harker *et al.* 1997) علاقة بيانية خطية (curvilinear relationship) بين الصلابة المحسوسة وقوة الشد/التوتر (tensile strength) وقوة الحزم/الثقب puncture strength وقوة القص (shear strength) لتفاح الرويال جالا (Royal Gala apples). حاول باوليتي وآخرون (Paoletti *et al.*, 1983) التفريق بين أصناف التفاح ومختلف مستويات الجودة وخواصها الميكانيكية (الآلية) وخواص قوامها بالطرق الحسية والجهازية والحسية التي أجريت. وقد وجدوا قيم ارتباط عالية بين معظم العوامل المقاسة حسياً وباستخدام الأجهزة.

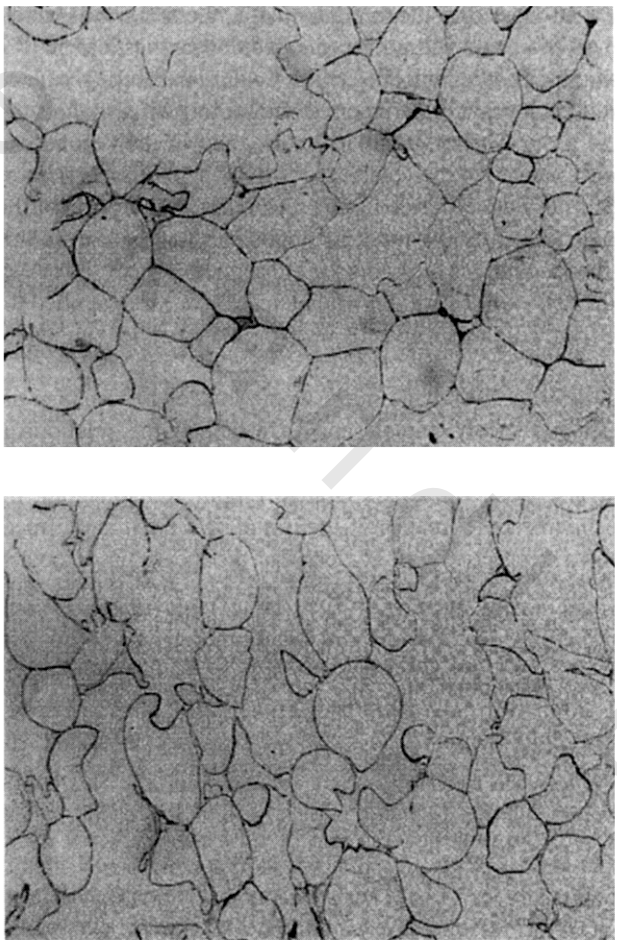
إن قدرات معظم التقنيات الجهازية على دراسة تدهور قوام التفاح ستناقش لاحقاً. أولاً ستقارن الصور المجهرية للنسيج متدهور القوام مع صور النسيج غير المتدهور. ومن بعد سيوصف اختبار الضغط المحصور (confined compression) كتقنية قياس محطمة لقياس تدهور القوام. في نهاية الأمر، ستقيم قدرات كثير من التقنيات غير المحطمة على قياس تدهور القوام: انتشار الموجات فوق الصوتية والتصوير وقياس الارتخاء بالرنين المغنطيسي (magnetic resonance relaxometry and imaging) ومطيافية الانعكاس الضوئي بالأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR reflectance spectoroscopy) وتحليل الرائحة (aroms aralysis) وتقنيات الاستجابة النبضية السمعية (acoustic impulse response technique) والمعاوقة الكهربائية (Electrical impedance).

(٩,٤) التصوير المجهري
Microscopic Imaging

من المقبول، بصفة عامة، أن تدهور القوام يرتبط بالقوة النسبية لجدران الخلايا مقارنة بما بالطبقة الوسطى (middle lamella) (Harker and Hallett, 1992) . إذا كانت جدران الخلايا أقوى من الطبقة الوسطى، فسينتج النسيج بين الخلايا، ولا يمكن تحرير محتويات الخلايا أثناء المضغ (mastication). إذا كانت جدران الخلايا أضعف من الطبقة الوسطى، فسيكون الإنتاج خلال الخلايا ونتيجة لذلك، يفرز محتوى السائل. في الحالة السابقة فإن الإحساس الإدراكي الحسي هو الشعور بالقوام الجاف الطباشيري chalky المحبب، وفي الحالة الثانية سيكون إحساساً بعصيرية المنتج. وقد ربطت التغيرات في قوة الشد لنسيج التفاح بالطريقة التي يتم بها الفصل بين الخلايا. أدى تطبيق اختبار الشد بعد التخزين المبرد للتفاح منخفض النضج إلى تمزق الخلايا الفردية في سطح الكسر (fracture surface) ومن بعد ذلك إفراز محتويات الخلايا وانهيار (تهدم) جدرانها. وعلى أي حال، عندما تجرى اختبارات الشد للفاكهة الأكثر نضجا والمخزنة مبردةً، فإن الخلايا المتقاربة تشد وتتفرق (pulled apart) تاركة خلايا غير محطمة على السطح.

صور دي اسميدت وآخرون (De Smedt *et al.*, 1998) صوراً مجهرية لرؤية الفرق بين التفاح الطازج والتفاح متدهور القوام، ولتأسيس العلاقات بين الاختبارات الآلية والملاحظات المجهرية لثلاثة أصناف بلجيكية تجارية مهمة: البسكووب والكوكس البرتقالي بايبين (Cox Orange Pippin) والجوناجولد في الشكل رقم (٩,٢ أ) و(٩,٢ب)، تم توضيح صور مجهرية ضوئية لأنسجة تفاح الجوناجولد الطازج والمتدهور القوام، على التوالي. ومن الواضح أن الأنسجة المحببة تحتوي مزيداً من الفراغات الهوائية (air voids) وترتبط خلاياها مع بعضها البعض ارتباطاً خفيفاً (loosely interconnected). للثلاثة أصناف، وجد أن في التفاح الطازج، تميل الخلايا للتكسر والتحلل عندما يتم

تعريضها لقوة، بينما في التفاح متدهور القوام، تميل الخلايا لتنفصل عوضاً عن أن تتكسر.



(أ)

(ب)

الشكل رقم (٩,٢) . صور مجهرية ضوئية لأنسجة تفاح جونا جولد طازج (أ) محبب (ب). تحتوي الأنسجة المحببة على فقاعات هواء أكثر والخلايا فاقدة الاتصال الداخلي.

(المصدر : دي اسميديت، ٢٠٠٠).

وباستخدام أربعة معايير قياسية لأشكال خلايا: المساحة (area) والمحيط (perimeter) وقياسي دائرتين (two roundness parameters)، استخدم دي أسميدت وآخرون ١٩٩٨م تقنية تحليل التفريق والمكون الأساسي (discriminant and principal component analysis) للتفريق بين التفاح الطازج ومتدهور القوام من أصناف البسكووب والكوكس البرتقالي بايبين، ولكن ليس بين التفاح الطازج ومتدهور القوام من صنف الجوناجولد. ويؤكد هذا، النتائج الحسية التي تشير إلى زيادة صعوبة أو عدم سهولة تدهور قوام صنف الجوناجولد مقارنة بما يحدث لصنف الكوكس.

(٩,٥) اختبار الضغط الحصري
Confined Compression Test

لقد حدد تدهور القوام بأنه قياس متعدد الأبعاد يجمع قلة الهشاشة (lack of erispiness) والصلابة والعصيرية (De Smedt, 2000). يمكن قياس الهشاشة من خلال اختبار التمزق بالقطع (Shear-rupture) أو اختبار قوة الشد، والصلابة والعصيرية من خلال اختبار الضغط الحصري (Barreiro *et al.*, 1998c). في الاختبار الأخير المذكور ضغطت عينة في مسبار أسطواني (cylindrical probe) وقيست قوة الكسر ومساحة العصير (juice area) للبقعة (spot) المتجمعة في ورقة الترشيح تحت المسبار. وبالاعتماد على القياسات الجهازية للهشاشة والصلابة والعصيرية، فقد طور/وضع باريرو وآخرون (Barreiro *et al.*, 1998c, 1998a) تدريجاً من تسع فئات لتدهور قوام التفاح الأحمر الفاخر (Top-Red apples). قَيّم دي أسميدت (De smedt 2000) هذا التدريج لمختلف أصناف التفاح (الجولدن/الذهبي والكوكس). وقد تم استنتاج أن التدريج مناسب فقط لتصنيف التفاح متدهور القوام تدهوراً شديداً أو غير المتدهور بالمرة. ويزاد على ذلك، لوحظ أن المستهلكين غير قادرين على تصنيف التفاح في تسع فئات؛

لذلك فقد وضع دي أسميدت (٢٠٠٠) نظام تصنيف من ثلاث فئات (طازج ومتوسط التدهور ومتدهور) رابطاً القياسات الحسية مع القياسات الجهازية التحطيمية الموضوعية للصلابة والعصيرية، وبهذا التصنيف، فقد نجح دي أسميدت (٢٠٠٠) في تصنيف ١٠ دفعات من ١٢ دفعة، وبشكل صحيح.

(٩,٦) انتشار الموجات فوق الصوتية
Ultrasonic Wave Propagation

خلال الخمسين سنة الماضية، استخدمت الموجات فوق الصوتية من وقت لآخر في الصناعة الغذائية. تنتج الموجات الصوتية (Sound wave) نتيجة للاهتزازات الميكانيكية (mechanical vibrations) لجزيئات وذرات مادة ما، حول مواقع توازنها (equilibrium positions). وبمجرد إزالة الاستحثات/التنبيه (excitation) تتفرق الطاقة المخزنة كموجات فوق صوتية وترجع الجزيئات إلى وضع توازنها. قد يدعم أي منتج غذائي له مرونة انتشار الموجات الصوتية (Galili *et al.*, 1993). قيم دي أسميدت (٢٠٠٠) إمكانية انتشار الموجات فوق الصوتية لقياس تدهور القوام. وقد أعطى اعتباراً لكل من سرعة/المرور (trarsmission velocily) والتوهين/تخفيض الموجات (attenuation) في قياس تدهور القوام. وبالرغم من أن انتشار الموجات فوق الصوتية أساساً ليس بتقنية محطمة، إلا أن التوهين حتى عند ٥٠كيلوهيرتز وجد كبيراً بما فيه الكفاية لإجراء قياسات عينات الفاكهة. استخدم دي أسميدت (٢٠٠٠) مهيأ زجاجياً (plexiglas adaptor) لتركيز الموجة والحصول على إشارة مدخلة عالية (higher input signal) كونه يحمل جهاز الموجات فوق الصوتية في ماكينة اختبار عامة (universal testing machine) تستخدم قوة ثابتة بالمسابير إلى العينات، وبهذه الطريقة يتم الحصول على قراءة توهين أكثر ثباتاً. وقد لوحظ تجريبياً أن الصوت يتفرق بسرعة من خلال

عينات قطرية (radial) فضلاً عن كونه من خلال عينات طولية (longtidinal). وقد أوضح قياس السرعة أثناء تخزين أربعة أسابيع ، أن هذه الخاصية المميزة انخفضت بشكل معنوي مع الوقت. وبالرغم من وجود قيم ارتباط متوسطة بين السرعة وإضعاف/توهين الصوت ، والخواص الحسية لتدهور القوام ، فقد خلص دي أسميدت (٢٠٠٠) إلى أن الموجات فوق الصوتية لا يمكن اعتبارها تقنية القياس الأكثر مناسبة لتقييم تدهور القوام.

إن السرعة ، وبدرجة أقل ، حجم الموجات فوق الصوتية ، يعتبران دالة لصلابة الفاكهة و يفسر هذا ، العلاقة التي وجدت بين تدهور القوام الحسي وقياسات الموجات فوق الصوتية ، حيث إن التفاح متدهور القوام ، وبصفة عامة ، لين أوطري.

(٩,٧) التصوير وقياس الاسترخاء بالرنين المغنطيسي النووي
Nuclear Magnetic Resonce Relaxometry and Imaging

قيم التصوير وقياس الاسترخاء بالرنين المغنطيسي النووي كتقنية لقياس تدهور القوام. استخدم باريرو وزملاؤه تقنيات الرنين المغنطيسي لتقييم تدهور قوام التفاح (Barreiro *et al.*, 1999) والخوخ (Barreiro *et al.*, 1998b) وتعتمد هذه التقنية على الخواص المغناطيسية لبعض الأنوية الذرية (atomic nuclei). عندما توضع جزيئات الأنوية ثنائية الاستقطاب المغنطيسية الطبيعية (natural magnetic dipoles nuclei) في حقل مغنطيسي (magnetic field) فإنها تعيد تنظيم نفسها في مسار على طول هذا الحقل. وبعد الاستحثاث/التنبيه ترجع هذه الجزيئات إلى موقعها التوازني (quilibrium postion). ويمكن توضيح المعدل الذي تحدث به هذه التوازنات بزمني استرخاء (relaxation times) (تي١ و تي٢ T_1 and T_2) وهما دالة لقوام المادة (Smith and Lange, 1998). وجد باريرو وآخرون ١٩٩٩م أن اختلافات قيم الـ تي٢ داخل تفاحة واحدة كانت أكبر مما بين

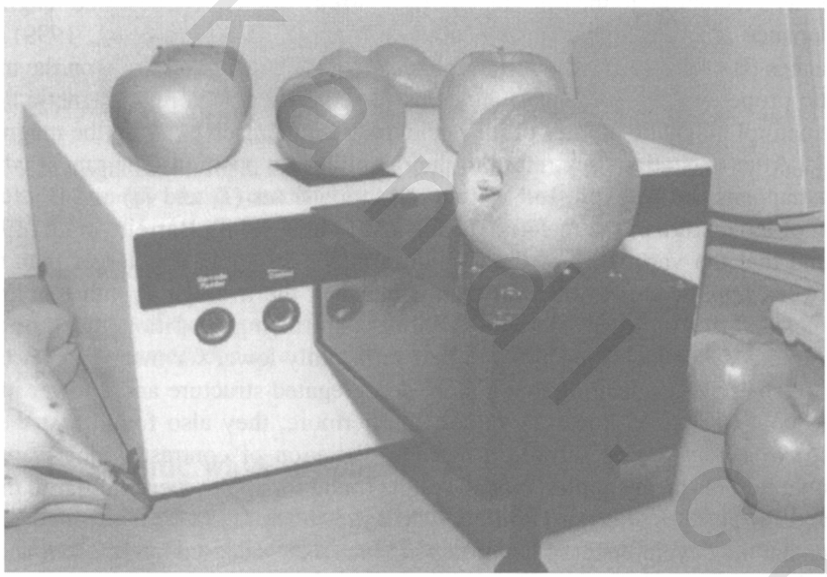
التفاح. وعلى أي حال، فقد وجد فرق في متوسط قيمة تي٢ للتفاح الطازج ومتوسط قيمة تي٢ للتفاح المخزن في الظروف المحفزة لتدهور القوام؛ وقد تم توضيح أن القيم الأدنى للـ تي ٢ (minimum t_2 values) للتفاح متدهور القوام منخفضة بدرجة أكبر من انخفاض هذه القيم للتفاح الطازج، مما يشير إلى أن التركيب الأكثر تجميعاً (desegregated structure) وقله العصيرية يؤديان إلى انخفاض قيم الـ تي٢. زيادة على ذلك، فقد وجدوا أن خرائط الـ تي٢ (T_2 maps) للتفاح متدهور القوام قد أظهرت اختلافات مكانية للتغاير (regional variation of contrast) لم يظهرها التفاح غير متدهور القوام. ولم تكن كل نتائج التفاح مساوية لنتائج الخوخ (Barreiro *et al.*, 1999, Barreiro *et al.*, 2000). وقد يشير هذا إلى أن تطور تدهور قوام الفاكهتين سببه التغيرات الفسيولوجية المختلفة. أيضاً، أظهرت صور التصوير بالرنين المغنطيسي للتفاح متدهور القوام اختلافات مكانية للمتغاير، والأمر ليس كذلك للتفاح غير المتدهور (Barreiro *et al.*, 2000). إن اختلاف التغاير كان مشابهاً لصور الـ NMR للتفاح ذي التحلل الداخلي بالرغم من أن التغاير كان بسيطاً.

(٩,٨) مطيافية انعكاس (الأشعة) تحت الحمراء القريبة

Near-Infrared Reflectance Spectroscapy

تم تقييم مطيافية الأشعة تحت الحمراء القريبة، في الماضي كتقنية قياس ليست محطمة، لقياس خواص جودة تفاح الجوناجولد، مثل الجوامد الذائبة و الـ pH والصلابة (Lammertyn *et al.*, 1998). أشارت التجارب بمطيافية انعكاس الأشعة تحت الحمراء القريبة بإمكانية قياس تدهور القوام بطريقة غير محطمة (Nicolai *et al.*, 1999). وتُسهَّل أو تمكَّن وحدة قياس عينة معروضة مثبتة بصفة معينة (special fixed sampler presentation module) ومطورة لجهاز قياس الطيف (المطياف (spectrophatomenter)

الموجود (الشكل رقم ٩,٣)، من الحصول على طيف انعكاس منتشر. (diffuse reflectance spectra)، وذلك بوضع التفاح غير المقشر أو غيره من الفواكه على سطح نافذة ضوئية (optical window) مدعومة بآليات ذاتية التمركز (self-centring mechanics). وعلى أي حال، وكما نُشر في بحث نيكولاي وآخرين ١٩٩٩ (Nicolai *et al.*, 1999) تحتوي نماذج المعايرة (calibration models) على مكونات أساسية كثيرة وتتطلب مزيداً من التحسين للتنبؤ بحدوث تدهور القوام.



الشكل رقم (٩,٣). مطياف الأشعة تحت الحمراء القريبة مع اكسسوار عرض عينة.

(٩,٩) تحليل الرائحة والسكر والحموضة

Aromo, Sugar and Acid Analysis

لأن خلايا الأنسجة متدهورة القوام لا تتكسر أثناء المضغ، فإن مكونات النهكة لا يتم تحريرها، وقد يفسر هذا حقيقة أن رائحة التفاح متدهور القوام قد أُدركت من

قبل المحكمين الحسيين بأنها بتركيز منخفض مقارنة برائحة التفاح الطازج. وعلى أي حال، فإن قياسات كرموتوجرافيا الغاز للفراغ القمي (head space) عند دراسة مركبات الرائحة لتفاح الكوكس وتفاح الجوناجولد قد كشفت أن تركيزات مركبات الرائحة في الفراغ القمي الاستاتيكي الثابت قد زادت حتى في التفاح متدهور القوام بينما انخفضت الرائحة المقدرة بواسطة لجنة التحكيم الحسي. تم قياس السكريات والأحماض العضوية بكروموتوغرافيا السائل عالية الأداء (HPLC)، لكل من التفاح متدهور وغير المتدهور القوام، وقد لوحظ وجود علاقة خطية بين محتوى حمض الماليك وتدهور القوام المحسوس (Nicolai *et al.*, 1999).

(٩,١٠) تقنية استجابة النبضات الصوتية
Acoustic Impulse Response Technique

يمكن قياس صلابة أو قساوة التفاح باستخدام تقنيات استجابة النبضات الصوتية (Chen and De Baerdemaeker, 1993). يتم رص الفاكهة (impacted) وتسجل إشارة الاستجابة (respone signal). يتم حساب طيف التردد (frequency spectrum) بواسطة تحويل فورير (Faurier transformation). ومن ثم يتم حساب الصلابة من الكتلة وتردد الرنين الأول (first resorance frequency) (Langenakens *et al.*, 1997).

أظهر قياس صلابة التفاح عن طريق تقنية استجابة النبضات الصوتية ارتباطاً معنوياً مع الخواص الحسية للعصيرية (De Smedt 2000). أظهرت الصيغة الحسية المعرفة (بدقيقي floury) ارتباطا بالخواص الحسية المرتبطة بالعصيرية. ويؤكد هذا حقيقة أن الإحساس بالقوام الدقيقي في الفم هو محصلة الفقد في القوام والعصيرية.

أسست دي أسميدت (٢٠٠٠) نموذجاً إحصائياً بين تقييم الخواص الحسية الهشاشة والدقيقية (floury) والعصيرية عند أول قضمة وأثناء المضغ، وارتباطها

بالقراءات المتحصل عليها من اختبار الضغط الحصري ومن تقنية استجابة النبضات الصوتية. وقد بلغت قيم معاملات الارتباط المناسبة ٠,٨٥٠ و٠,٧١ لكل من العصيرية والهشاشة، على التوالي. وبالرغم من أنها (أي أسميدت) قد خلصت إلى أن النماذج الإحصائية لا تسمح بالتنبؤ المستمر بالخواص الحسية التي تصف تدهور القوام، إلا أن القياسات الجهازية المعنية يمكن استخدامها لتحديد مختلف مراحل تدهور القوام التجارية (different commercial mealiness stages).

(٩,١١) المعاوقة (المقاومة) الكهربائية
Electrical Impedance

استخدم هاركر ومايندونالد (Harker and Maindonold, 1994) المعاوقة الكهربائية لدراسة نضج فاكهة النكتارين (nectarine). خلال قياسات النضج، تنخفض مقاومة جدران الخلايا والحويصلات وتقل سعة الأغشية (capacitance of the membranes). وقد لوحظت مقاومة أعلى لجدران الخلايا عند تبريد الفواكه المجروحة (chilling injured woolly fruits) مقارنة مع مقاومة الفواكه الناضجة طبيعياً. أجرت فارلان (Varlan 1997) قياسات المقاومة الكهربائية على التفاح وقد وجدت فروقاً كبيرة في هذه القياسات. وبالرغم من صعوبة الخروج بخلاصات، إلا أنها لاحظت بعض الاتجاهات العامة في قياسات المعاوقة الكهربائية أثناء النضج: زيادة في المقاومة ذات التردد المنخفض (low frequency resistance) وزاوية الطور الثابت (constant phase angle) في جانب وانخفاض في المقاومة ذات التردد العادي وذات التردد العالي في الجانب الآخر. وهناك حاجة لمزيد من الأبحاث لإيجاد علاقة ممكنة بين التدهور في التفاح ونتائج قياسات المعاوقة الكهربائية.

(٩,١٢) نمذجة تدهور القوام
Modelling Mealiness

حتى الوقت الحالي، تتوافر معلومات كيفية فيما يتعلق بتطور تدهور قوام التفاح كدالة لظروف التخزين (Harker and Hallet 1992; De Smedt *et al.*, 1998, Andani *et al.*, 1999). وضعت دي أسميدت (٢٠٠١) نموذجاً ميكانيكياً (آلياً) شاملاً لأغراض التنبؤ الكمي (quantitative prediction purposes). يصف هذا النموذج التغيرات في الطبقة الوسطى، ونقل الماء خلال الأنسجة وتفاعلاتها على مستوى الخلية (Celluler level) وعلاقة ذلك بتأثير الرطوبة النسبية لكل من التخزين في وجود الهواء أو التخزين في جو منخفض الأكسجين (low oxygen storage). ويفسر النموذج اعتمادية صلابة وقوة شد وعصيرية أنسجة التفاح على الوقت. وقد تم توضيح أن هذه القياسات الآلية ترتبط مباشرة بتدهور القوام كما هو مدرك من قبل المحكمين الحسيين (Barreiro *et al.*, 1998b, De Smedt, 2000).

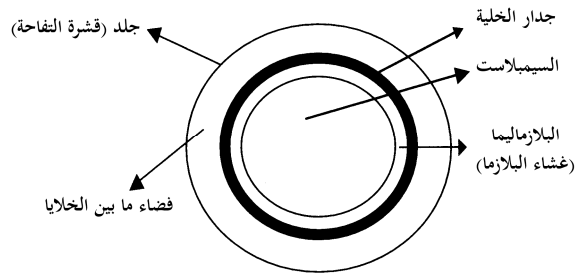
تتأثر خواص قوام التفاح مثل تدهور القوام بالخواص الكيميائية والميكانيكية لجدران الخلايا والطبقة الوسطى وبحالة الماء (water status) وبصفة خاصة بضغط الخلايا الانتفاخي (turgor pressure of cell). تتغير هذه الخواص بدرجة كبيرة أثناء تخزين ما بعد الحصاد وتؤثر على بعضها البعض. على سبيل المثال، التحول الأساسي في التفاح هو تحلل البكتين (hydrolysis of pectin) الذي يتطلب الماء كمادة تفاعل. ويتوافر الماء من داخل الخلايا، وأيضاً ينتج خلال التنفس. لذا، قررت دي أسميدت وآخرون (٢٠٠١) تضمين الظواهر العامة التالية في النموذج.

- التنفس.
- تغيرات الطبقة الوسطى.
- نقل الماء في التفاح.
- العلاقات بين خواص قوام الفاكهة وانتفاخ الطبقة الوسطى والخلايا.

obeikandi.com

وقد افترضوا إمكانية اعتبار التفاح جسماً متجانساً (homigeneous object). والمتغير المستقل الوحيد (Independent variable) الباقي هو الوقت، ولذا، تكفي المعادلات التفريقية العادية (ordinery differential equations) لتحديد تركيب النموذج. أفادوا، أيضاً، بضرورة اعتبار هذا النموذج تقريباً مبسطاً للحقيقة (crude approximation of the reality).

وقد اعتمد النموذج على تبسيط التركيب النسيجي/للتفاح (histological structure) (الشكل رقم ٩,٧). ويفترض الباحثون أن التفاح يتكون من غرفتين (جزأين (compartments) الجزء البسيط (symplest) المحتوي على كامل شبكة السايتوبلازم والمرتبطة تداخلياً (interconnected) بالبلاسموديسماتا (plasmodesmata) والأبوبلاست (apoplast) المحتوي على نظام جدران الخلايا وفضاء ما بين الخلايا (intercelluler space) (Taiz and zeiger 1998). يُفصل السيمبلاست عن الابوبلاست بغشاء شبه منفذ (semi-permiable) هو البلازماليما (plasmalema). و يمكن للماء أن ينتقل انتقالاً سالباً (انتشارياً) بين الغرفتين من خلال غشاء البلازماليما. ويمكن للأبوبلاست أن تتبادل الماء مع البيئة بالنقل عن طريق القشر (من خلال القشرة/الجلد) (epidermal). إن جلد/قشرة التفاح مع طبيعتها الشمعية الواقية (prote tive wax layer) هي الحاجز الرئيس لهذا النقل. تبلغ نسبة فقد الماء من تفاح الكوكس أثناء التخزين التجاري (لمدة ٦ شهور على ٣°م و ٩٠٪ رطوبة نسبية) ٥٪ أو أكثر.

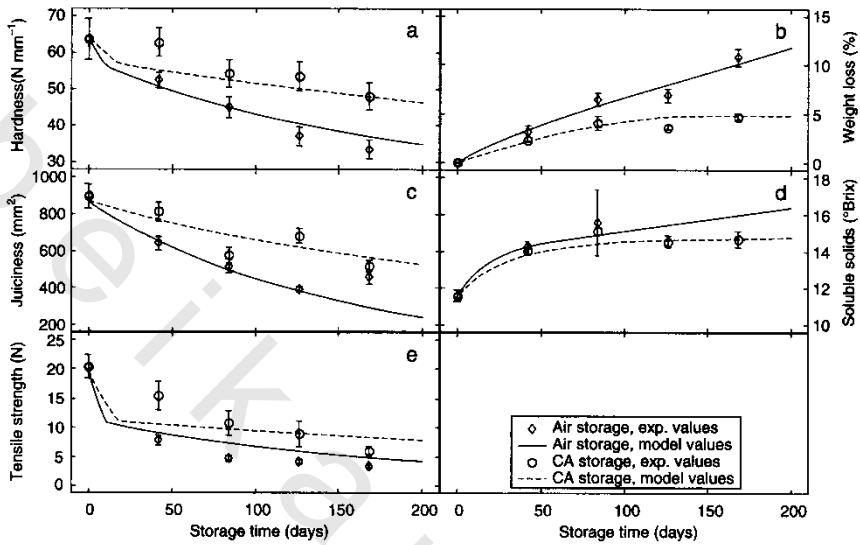


الشكل رقم (٩,٤). عرض تخطيطي لتفاحة (من دي أسميدت وآخرين ٢٠٠١م، بإذن من السيفير العلمية).

يمكن اعتبار الرطوبة النسبية خاصية من خواص البيئة التي تؤثر على سلوك التفاح. وهي متغير داخلي input varible للنموذج ومتاح لتقنيي ما بعد الحصاد لتعديل عملية التخزين. في جزء الخلية، تمت نمذجة عملية التنفس بتفاعلين كيميائيين: تحلل النشا إلى وحدات سداسية (هكسوس (hexose)) وماء، وأكسدة هذه الوحدات السداسية إلى ماء وثاني أُكسيد كربون. وفي فضاء ما بين الخلايا فإن ذوبان البكتين قد تمت نمذجته بتفاعل التحلل البسيط (simple hydroysis reaction) .

خرجت دي أسميدت (٢٠٠١) بتحديد توازنات كتلية (mass balances) وافتراض حركيات كيميائية بسيطة (simple chemical kinetics) إلى اشتقاق منظومة من ست معادلات تفريقية والتي تصف تغيرات تركيزات الماء في الخلايا وفي فضاءات ما بين الخلايا، وبالمثل تصف التغيرات في تركيزات الوحدات السداسية والنشا داخل الخلايا والبكتين في الطبقة الوسطى. ربطت هذه المتغيرات/الفروقات (state variable) عن طريق علاقات حسابية جبرية بسيطة (simple algebraic) بكميات قابلة للقياس مثل العصيرية والهشاشة وصلابة الضغط، وبالمثل ربطت بالقيم المتحصل عليها تجريبيا للتفاح المخزَّن في هواء طبيعي والمخزَّن في مناخ متحكَّم فيه.

يوضح الشكل رقم (٩,٥) بيانات التجارب لخمسة متغيرات مخرجة قيست بواسطة دي أسميدت وآخرين (٢٠٠١)، وهي موضحة كدالة لوقت التخزين مع قيم نموذج المحاكاة (simulated model values). تشير الرموز لمتوسط ٢٠ قياس أعطيت فواصل ثقة ٩٥٪ للمتوسط (95% confidence intevals of the mean) بأشرطة عمودية (vertical bars). وباختبار الشكل رقم (٩,٥)، يمكن رؤية أن نموذج المحاكاة يوافق البيانات موافقة جيدة، بالرغم من أن النموذج يقلل قيمة قوة الشد (الهشاشة) بدرجة بسيطة في حالة التفاح المخزن في الهواء (الشكل رقم ٩,٥إي، (5-9e)). قدرت العصيرية والصلابة بشكل أكبر وأكثر كفاية (الشكل رقم ٩,٥ ج وأ (9-5c and a)).



الشكل رقم (٩,٥). التغير في نواتج المتغيرات المقاسة أثناء التخزين. ترمز أعمدة الخطأ إلى فترات الثقة ٩٥٪ لمتوسط ٢٠ قياساً (لاحظ أن قيمة المواد الصلبة الذائبة بعد ٨٤ يوماً في التخزين في الهواء هي متوسط فقط لثلاث قياسات) (أعيد النشر من قبل دي اسميت، ٢٠٠٠) مع إذن خاص من السيفر ساينس Elsevier Science.

ووفقاً للنموذج، فإن الجوامد الذائبة للتفاح المخزن في مناخ هواء طبيعي تبقى متزايدة بعد ١٠٠ يوم، بينما وصل التفاح المخزن في ظروف متحكم فيها، إلى قيمة نوعا ما ثابتة (الشكل رقم ٩,٥أ)، ويمكن أن لا يتم التحقق من هذا بالقياسات التجريبية ؛ لأن تقنية القياس لا تمكّن من أخذ أي عصير بمجرد تدهور قوام التفاح نوعا ما، في ظروف التخزين الهوائي الطبيعي. وعلى أي حال، فإن هذا التوقع مقبول أو جدير بالتصديق بسبب تأثير التركيز الذي قد يتوقع بسبب نقص الوزن الكبير (الشكل رقم ٩,٥ب) ويوافق النموذج نقص الوزن موافقة جيدة.

أوضحت التجارب الحسية أن التفاح المخزن في هواء طبيعي أكثر تدهوراً في القوام من ذاك المخزن في مناخ متحكم فيه (Andani, 2000). ووفقاً لهذا النموذج، يمكن تفسير ذلك من خلال تدهور سريع للنشا والسكر وذوبان بالغ وواضح للطبقة الوسطى.

يمكن استخدام نموذج دي أسميدت وآخرين (٢٠٠١) بشكل مفيد، لتقييم تأثير تغيرات ظروف التخزين بغير قصد أو قصدا، وتأثير خصائص الفاكهة مثل الحجم والنضج، على تطور تدهور القوام، وذلك من أجل أغراض إدارة التخزين المبرد.

(٩,١٣) الاتجاهات المستقبلية

Future Trends

وإذ يمكن الاستخلاص من نتائج التجارب المعروضة سابقاً، فإن تقييم تدهور القوام بالأجهزة غير المتلفة/غير المحطمة، أمر صعب نوعا ما، عند هذه اللحظة. وأفضل بديل، ولكنه مكلف، هو استخدام محكمين حسيين. ولتقليل التكاليف في المستقبل، يجب تأسيس علاقة بين درجات التحكيم الحسي والقياسات المتلفة /المحطمة من اختبارات الضغط الحصرية والاختبارات الميكانيكية ذات العلاقة بمختلف أصناف التفاح، وقد تم ذلك مسبقاً من قبل باريرو وآخرين (١٩٩٨أ و ١٩٩٨ب) لتفاح الأستاركنج، ومن قبل دي أسميدت (٢٠٠٠) لتفاح الكوكس.

ويجب أن تركز مزيد من الأبحاث على تطوير التقنيات الجهازية غير المتلفة/غير المحطمة لاكتشاف تدهور القوام أو الخواص المرتبطة به. وحيث إن تدهور القوام يكون في المستوى الهستولجي/النسيجي، فهناك الكثير المتوقع من التقنيات، مثل التصوير وقياس /الاسترخاء بالرنين المغناطيسي، إذ إن هذه التقنيات تمكّن من سبر التركيب الدقيق للأنسجة (microstructure of tissue).

إن النموذج الميكانيكي لدى أسميدت وآخرين (٢٠٠١) والذي تمت مناقشته سابقاً، يمثل فقط، تقريباً عاماً للحقيقة، إذا افترض التجانس. القياسات النموذجية مستقلة وغير معتمدة على الموقع في التفاح. على ذلك، يجب إذاً أن يكون النموذج نقطة بداية لنمذجة التغيرات التي تحدث أثناء تدهور قوام التفاح. إن الاتجاه المستقبلي في نمذجة تدهور القوام، يقع بالتأكيد عند المستوى المجهري. عليه، يجب قياس الخواص الميكانيكية الدقيقة (micromechenical properties) والتركيب الكيميائي لجدران الخلايا، ولكن أيضاً، قياس ضغط الانتفاخ وكثير من القياسات الفسيولوجية الأخرى، بشكل سليم مضبوط، على المستوى الخلوي (cellular level). قد يؤدي نموذج معتمد على هذه الملاحظات إلى فهم أعمق وأفضل (better insight) للعمليات الفسيولوجية التي تسبب تطور تدهور القوام.

(٩,١٤) مصادر لمزيد من المعلومات والنصائح
Sources of Further Information and Advice

في عام ١٩٩٦م أنشئ مشروع أوروبي، بالرقم FAIR C T95-0302، ذو أهداف شاملة ترمي إلى تحسين جودة الفواكه الطازجة لدى المستهلك، وذلك بمنع أو إبعاد المنتجات متدهورة القوام من خلال المعاملة الحسنة واستخدام القياسات الجهازية الموضوعية وتقنيات المراقبة/المتابعة. شمل الكونسرتيم (الاتحاد (consortium)) خمسة أقطار وشمل سبعة شركاء (parteners) منها جامعتان ومعهد خاص وثلاثة معاهد عامة وشركة تجارية واحدة. إن الجزء الأكبر من النتائج التي عرضت في هذا الفصل قد جمع ضمن إطار هذا المشروع الأوروبي (Nicolai *et al.*, 1999). وفضلا عن الأوراق التي تم استعراضها في المجلات العلمية المحكمة ومحاضر المؤتمرات (conference proceedings) ومساهمات المجلات التجارية ورسالتي دكتوراه (Andani 2000 De Smedt 2000PhD)

(theses حول هذه الموضوعات البحثية. ونلفت نظر القارئ إلى هذا الاستعراض الأدبي ليجد وصفاً مفصلاً لكل الموضوعات التي نوقشت باقتضاب في هذا الفصل.

(٩,١٥) المراجـــــع

References

ANDANI Z (2000) *Mealiness in Apples: Consumer Perception and Structure,* PhD thesis, Institute of Food Research, Reading, UK.

ANDANI Z, BARREIRO P, DE SMEDT V, ORTIZ C, RUIZ-ALTISENT M and NIcOLAI B (1999) 'Instrumental assessement of mealiness in apples', *Food Sci Technol Today,* 201-2.

BARREIRO P, ORTIZ C, RUIZ-ALSISENT M, RECASENS I and ASENSIO M A (1998a) *Identification of Mealy Apples by Instrumental Means. Extraction of Storage Features,* AgEng Paper No. 98-F-073, European Society of Agricultural Engineers, EurAgEng, Oslo, Norway, Aug 24-27.

BARREIRO P, ORTIZ C, RUIZ-ALTISENT M, RECASENS I, ASENSIO M, RUIZ-CABELLO J and FERNANDEZ-VALLE M E (1998b) *Mealiness Assessment in Apples and Peaches using MRI (Magnetic Resonance Imaging) Techniques,* AgEng Paper No. 98-F-074, European Society of Agricultural Engineers, EurAgEng, Oslo, Norway, Aug 24-27.

BARREIRO P, ORTIZ C, RUIZ-ALTISENT M, DE SMEDT V, SCHOTTE S, and ANI Z, WAKELING I and BEYTS P K (1998c) 'Comparison between sensory and instrumental measurements for mealiness assessment in apples: a collaborative experiment', *J Texture Studies,* 29, 509-25.

BARREIRO P, CABELLO J, FERNANDEZ-VALLE M E, ORTIZ C and RUIZ-ALTISENT M (1999) 'Mealiness assessment in apples using MRI techniques', *Magnetic Resonance Imaging,* 17 (2), 275-81.

BARREIRO P, ORTIZ C, RUIZ-ALTISENT M, RUlZ-CABELLO J, FERNANDEZ-VALLE M E, RECASENS I and ASENSIO M (2000) 'Mealiness assessment in apples and peaches using MRI techniques', *Magnetic Resonance Imaging,* 18 (9), 1175-81.

BOURNE M C (1982) *Food Science and Technology, a Series of Monographs, Food Texture and Viscosity, Concept and Measurement,* London, Academic Press.

CARDELLO A V and SEGARS R A (1989) 'Effect of sample size and previous mastication on texture judgement', *J Sensory Studies,* 13, 177-215.

CARROLL J D (1972) 'Individual differences and multidimensional scaling', in *Multidimensional Scaling: Theory and Applications in the Behavioural Sciences,* Vol II, eds Shephard R N, Romney A K and Nerlove S B, New York, Seminar Press.

CASUTT M M, GENNER-RITZMANN R L and ESCHER F (1994) 'Sensory evaluation of juiciness of fresh apples', in *The Postharvest Treatment of Fruits and Vegetables, Quality Criteria,* Proceedings of the Cost 94 workshop, Bled, Slovenia, 117-23.

CHEN H and DE BAERDEMAEKER J (1993) 'Effect of apple shape on acoustic measurements of firmness', *J Agricultural Eng Res,* 56, 253-66.

CHRISTENSEN C M (1983) 'The effects of colour on aroma, flavour and texture judgements of food', *J Food Sci,* 48, 787-90.

CIVILLE G V and SZCZESNIAK S A (1973) 'Guidelines to training a texture profile panel', *J Texture Studies,* 4, 204-23.

DELIZA Rand MACFIE H J H (1996) 'The generation of sensory expectations by external cues and its effect on sensory perception and hedonic ratings: a review', *J Sensory Studies,* 11, 103-28.

DE SMEDT V (2000) *Measurement and Modelling of Mealiness in Apples,* PhD thesis, Catholic University Leuven.

DE SMEDT V, PAUWEL E, DE BAERDEMAEKER J and NICOLAI B (1998) 'Microscopic observation of mealiness in apples: a quantitative approach', *Postharvest Biol Technol,* 14, 151-8.

DE SMEDT V, BARREIRO P, VERLINDEN B E, VERAVERBEKE E A and NICOLAI B M (2001) 'A mathematical model for the development of mealiness in apples', *Postharvest Biol Technol,* in press.

DIEHL K C and HAMANN D D (1979) 'Relationships between sensory profile parameters and fundamental mechanical parameters for raw potatoes, melons and apples', *J Texture Studies,* 10,410-20.

DIJKSTERHUIS G B and GOWER (1991) 'The interpretation of generalised procustes analysis and allied methods', *Food Quality and Preference,* 3 (2), 67-87.

DURR P (1979) 'Development of an odour profile to describe apple juice essences', *Lebensm Wiss Und Technol,* 12, 23-6.

EARTHY P J (1996) *Context Effects on Preference and Preference Mapping,* PhD thesis, University of Reading, UK.

FINNEY E E (1971) 'Dynamic elastic properties and sensory quality of apple fruit', *J Texture Studies,* 2, 62-72.

GALILI N, ROSENHOUSE G, SHMULEVICH I, MIZRACH A, GAN-MOR S, AHARONI Y, HAUGH C G, DIELH K C and CHENG Y (1993) *Non-Destructive Quality Control in Fruit and Vegetables through Dynamic Response to Acoustic Excitation,* Final report, BARD project. No. IS-1272-87.

GREENHOF K and MACFIE H J H (1994) 'Preference mapping in practice', in *Measurement of Food Preferences,* eds MacFie H J H and Thomson D M H, Glasgow, Blackie Academic and Professional, 137-66.

HARKER F R and HALLETT I C (1992) 'Physiological changes associated with development of mealiness of apple fruit during cool storage', *HortScience,* 27 (12), 1291-4.

HARKER F H and MAINDONALD J H (1994) 'Ripening of nectarine fruit: changes in the cell wall, vacuole, and membranes detected using electrical impedance measurements', *Plant Physiol*, 106 165-71.

HARKER F R, STEC M G H, HALLETT I and BENNETT L (1997) 'Texture of parenchymatous plant tissue: a comparison between tensile and other instrumental and sensory measurements of tissue strength and juiciness', *Postharvest Biol Technol*, 11, 63-72.

JAEGER S, BHANJI Z, WAKELING I and MACFlE H J H (1998) 'Consumer preferences for fresh and aged apples: cross-cultural differences', *Food Quality and Preference*, 9 (5), 355-66.

KELLY G A (1955) *The Psychology of Personal Constructs*, New York, Norton.

LAMMERTYN J, NICOLAI B, OOMS K, DE SMEDT V and DE BAERDEMAEKER J (1998) 'Non-destructive measurement of acidity, soluble solids, and firmness of Jonagold apples using NIR-spectroscopy', *Trans ASAE*, **41** (4), 1089-94.

LANGEN AKENS J J, VANDEWALLE X and DE BAERDEMAEKER J (1997) 'Influence of global shape and internal structure of tomatoes on the resonant frequency' , *J Agricultural Eng Res*, 6641-9.

LAPSLEY KG (1989) *Texture of Fresh Apples - Evaluation and Relationship to Structure*, PhD thesis, Zurich, Swiss Federal Institute of Technology, Switzerland.

LOPEZ J L, VALERO M M, RUIZ-ALTISENT M and BARREIRO P (1996) 'Harinosidad en manzana y melocoton: sondeo a los consumidores de Madrid', *Fructicultura Profesional*, 81 20-31.

MCEWAN J A (1988/9) *Statistical Methodology for the Analysis and Interpretation of Sensory Profile and Consumer Acceptability Data*, Campden Food and Drink Research Association: Technical Memorandum 536. MAFF project 1843.

MOSKOWITZ H R (1983) 'Correlating sensory ratings with objective measurements of foods', in *Product Testing and Sensory Evaluation of Foods, Marketing and R&D Approaches*, Westport, Connecticut, Food and Nutrition Press, 524-66.

NICOLAI B, ANDANI Z, IZQUIERDO L, GRUMMISCH U, RUIZ-ALTISENT M, VAN DIJK C and VERLINDEN B E (1999) *Mealiness of Fruits. Consumer Perception and Means for Detection*, FAIR project CT95-0302, Final consolidated report January '96-April '99, 237pp.

NICOT H (1992) 'Aspects pratiques de l'evaluation sensorielle', in *Evaluation Sensorielle: Semina ire Europeen*, CERIA (Brussels), ENITIAA (Nantes), 22-33.

OLSEN J C (1981) 'The importance of cognitive processes and existing knowledge structures for understanding food acceptance', in *Criteria of Food Acceptance*, eds Solms J and Hall R L, Zurich, Forster Verlag, 69-81.

PAOLETTI F, MONETA E, BERTONE A and SINESIO F (1993) Mechanical properties and sensory evaluation of selected apple cultivars' , *Lebensm- Wiss Und Technol*, 26, 264-70.

RICHARDSON-HARMAN N, PHELPS T, MCDERMOTT S and GUNSON A (1998) 'Use of tactile and visual cues in consumer judgements of apple ripeness', *J Sensory Stud*, 13 121-32.

SMITH R C and LANGE R C (1998) *Understanding Magnetic Resonance Imaging*, LLC, Florida, USA, CRC Press.

SZCZESNIAK A S (1971) 'Consumer awareness of texture and other food attributes II', *J Texture Studies*, 2, 196-206.

SZCZESNIAK A S and ILKER R (1988) 'The meaning of textural characteristics - juiciness in plant foodstuffs', *J Texture Studies*, 1961-78.

TAIZ L and ZEIGER E (1998) *Plant Physiology*, 2nd edition, Sunderland, Massachusetts, Sinauer Associates, 69.

VARLAN A (1996) *Impedimetric Measurements and Microsensors for Biological Applications*, PhD thesis, Catholic University Leuven.

WILLIAMS A A and CARTER C S A (1977) 'Language and procedure for the sensory assessment of Cox's Orange Pippin apples', *J Sci Food and Agriculture*, 28 1090-104.

obeikandl.com