

Comment mesurer objectivement la jutosité des pommes?

E. MEHINAGIC, E. MADIETA, R. SYMONEAUX et F. JOURJON, Groupe ESA, Laboratoire GRAPPE, BP 30748, 49007 Angers Cedex, France

@ E-mail: e.mehinagic@groupe-esa.com
Tél. (+33) 24 123 55 55.

Résumé

La texture d'une pomme est l'un des principaux critères de qualité qui déterminent son acceptabilité par les consommateurs. Parmi les descripteurs gustatifs de la texture, la jutosité est l'un des critères cités par les consommateurs pour indiquer sa fraîcheur. Actuellement, il n'existe pas d'instruments permettant de mesurer ce critère. Seul un panel sensoriel d'experts est capable de fournir une mesure objective et précise de la jutosité telle qu'elle est perçue par le consommateur. L'étude présentée dans cet article propose une nouvelle méthode de mesure instrumentale simple et fiable (répétable et discriminante) et corrélée à la jutosité sensorielle. Cette mesure semble prometteuse car elle est fortement corrélée à la perception sensorielle fournie par le panel d'experts.



Fig. 1. Dégustation des pommes au laboratoire GRAPPE-ESA d'Angers.

Introduction

Les consommateurs sont de plus en plus exigeants pour la qualité gustative des fruits, et notamment celle des pommes. Dès lors, il est indispensable de pouvoir mesurer objectivement cette qualité par des outils simples et fiables. Pour les professionnels de la filière en particulier, de tels outils leur permettront de mieux définir le moment optimal de récolte et de suivre le maintien de la qualité des fruits en conditions de conservation, consommation ou encore au cours de la transformation (en jus, compotes, etc.). Plusieurs outils de mesure objectifs sont déjà utilisés par les producteurs, les stations fruitières ou les grossistes. Ils permettent de classer les pommes selon les critères tels que la couleur (code couleur), le pourcentage de régression d'amidon, la teneur en sucres (réfractomètre) ou la fermeté (Penefel, Pimprenelle; Moras et Chapon, 1984). Cependant, ces outils ne permettent pas

de mesurer la qualité gustative des fruits: la saveur, la texture ou l'arôme. Le laboratoire GRAPPE de l'Ecole supérieure d'agriculture d'Angers (France) travaille depuis 1999 à la recherche de descripteurs objectifs de la qualité des pommes en lien avec la qualité sensorielle, et au développement de nouveaux outils de mesure capables de décrire la qualité globale des pommes (Mehinagic *et al.*, 2003; Mehinagic *et al.*, 2006).

Parmi les paramètres cités par les consommateurs, la jutosité est l'un des critères indiquant la fraîcheur des fruits (Peneau *et al.*, 2006). La jutosité est une caractéristique sensorielle complexe; elle est souvent définie en tant que perception en bouche de la quantité du jus extrait du fruit au cours de la mastication. Cette sensation est généralement fortement exprimée dans les fruits appréciés par les consommateurs, décrits comme frais et croquants, et s'exprime moins dans les fruits farineux générale-

ment moins appréciés (Daillant-Spinnler *et al.*, 1996).

La jutosité, propriété gustative, peut être mesurée par l'analyse sensorielle, méthode complexe, coûteuse et qui, pour être fiable, nécessite un panel de dégustateurs experts.

Les outils instrumentaux mis au point à ce jour pour mesurer la jutosité des pommes sont basés sur le principe d'extraction du jus à partir des fruits découpés, comprimés jusqu'à 75% de la hauteur de l'échantillon (Peleg *et al.*, 1976; Szczesniak *et al.*, 1988; Harker *et al.*, 2003a). Pour vérifier que ces méthodes de mesure de jutosité par compression du fruit sont bien en lien avec la perception sensorielle, la valeur mesurée instrumentalement doit être comparée avec les notes du panel expert.

L'objectif de cette étude est de réaliser cette comparaison, en utilisant une nouvelle méthode de mesure instrumentale de la jutosité sensorielle, simple et fiable (répétable et discriminante).

Matériel et méthodes

Tous les fruits ont été achetés dans le commerce, stockés au froid normal à 4 °C puis sortis à température ambiante 24 h avant les analyses. La mise au point de la mesure instrumentale de la jutosité est réalisée en trois étapes.

Etude des corrélations entre les résultats instrumentaux et la perception sensorielle de la jutosité

Afin de vérifier que la mesure instrumentale de jutosité, utilisée en routine dans le laboratoire GRAPPE, est reliée à la perception sensorielle de la jutosité, une étude des corrélations entre les deux mesures est réalisée dans un premier temps. Cette étude est effectuée sur douze variétés de pommes de la région de Pays de Loire: Boscoop, Canada, Chanteclerc, Elstar, Fuji, Golden, Granny, Idared, Jonagored, Pink Lady, Reinette d'Armorique et Smoothie.

a) Mesure sensorielle de la jutosité: les dégustations ont eu lieu dans la salle d'analyse sensorielle du GRAPPE sous une lumière rouge pour que les dégustateurs ne soient pas influencés par la reconnaissance des variétés (fig.1). Onze dégustateurs entraînés ont évalué la jutosité de chaque fruit en croquant les pommes avec la peau et en notant la quantité de jus perçue sur une échelle allant de 0 à 10.

b) Mesure instrumentale de la jutosité: la mesure instrumentale de jutosité s'opère en recueillant sur un filtre absorbant (papier buvard) le jus extrait du fruit après une double compression (fig.2). Dix fruits de chaque variété sont choisis aléatoirement. Chaque fruit est coupé au niveau équatorial en deux parts égales, puis chaque part est comprimée. Les pesées du jus libéré sur le filtre s'expriment en mg de jus par la masse de fruit comprimé. Pour la première étape de l'étude, les paramètres de compression sont fixes: les demi-fruits sont comprimés à 20% de leur hauteur avec une vitesse de 20 mm/min.

Optimisation de la méthode d'analyse instrumentale

Les paramètres de la méthode instrumentale sont optimisés par des plans d'expériences sur une seule variété de pommes: la Golden Delicious.

Cette deuxième étape s'appuie sur la méthode des surfaces de réponses. Un plan composite centré permet de faire varier la vitesse entre 10 et 90 mm/min et le taux de compression entre 5 et 20% en utilisant deux nouvelles sortes de filtres absorbants: filtres imperméabilisés et filtres rouges destinés aux analyses quantitatives (Durieux). En effet, une étude préalable a montré que ces filtres, contrairement aux filtres Whatman ou Buvard, sont plus fiables car ils absorbent davantage le jus extrait ou contenu à la surface du fruit coupé (résultats non présentés).

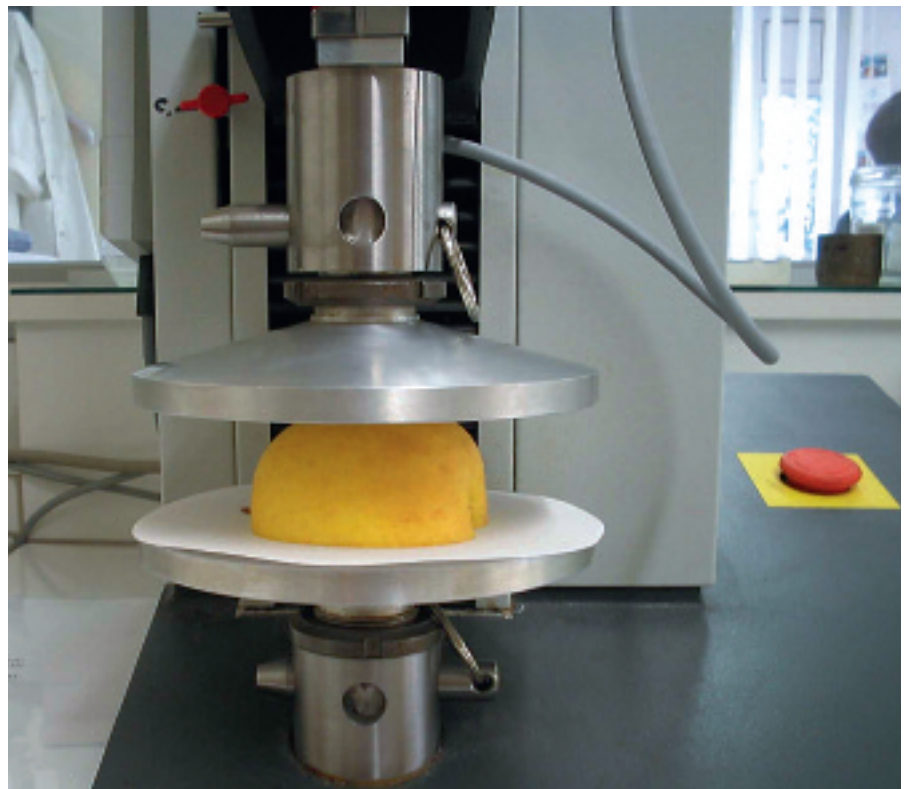


Fig. 2. Mesure instrumentale du jus extrait à partir de fruits après une double compression.

Validation (étude de la fiabilité) de la mesure instrumentale

La troisième étape consiste à tester la fiabilité de la méthode optimisée sur quatre variétés de pommes différentes: Pink Lady, Honney Crunch, Ariane et Golden. Tous les traitements statistiques des données sont réalisés par le logiciel Statgraphics.

Résultats et discussion

Relations entre les mesures sensorielles et instrumentales

Les résultats de cette étude sont très encourageants. D'une part, la mesure instrumentale utilisée différencie de façon satisfaisante les lots de pommes considérées par le panel comme les plus juteuses (Elstar et Jonagored) des pommes les moins juteuses (Canada et Reinette d'Armorique). D'autre part, une forte corrélation est observée entre les mesures sensorielles et instrumentales pour les douze variétés de pommes analysées (fig.3). Un coefficient de corrélation de 92% est observé avec un modèle réciproque en X du type $Y = a + b/X$.

Le modèle linéaire ne semble pas adapté pour prédire la jutosité sensorielle par l'outil instrumental, probablement parce que, contrairement au modèle récipro-

que, il ne tient pas compte des limites des perceptions des juges ni de la complexité de ce paramètre de texture. La jutosité d'un aliment dépend de nombreux paramètres, dont la force nécessaire à la compression au cours de la mastication et la quantité de jus libéré, mais également de la durée de mastication (Harker *et al.*, 2003b), de la quantité de salive produite au cours de la mastication et des propriétés des fluides libérés (Szczeniak *et al.*, 2002).

Pour cette raison, certaines variétés de pommes comme la Golden et Pink Lady ont obtenu des notes de jutosité sensorielle semblables (fig. 3), tandis que la mesure instrumentale montre le contraire. Cependant, la méthode instrumentale présente également des inconvénients, à commencer par le manque de répétabilité au sein d'un même lot de pommes. Cela s'explique en partie par l'hétérogénéité des fruits. Le deuxième inconvénient est lié au pouvoir discriminant de la méthode: certaines variétés ne sont pas discriminées par la méthode instrumentale (Smoothie et Reinette d'Armorique ou Pink Lady et Jonagored), tandis que le panel sensoriel considère que leur jutosité diffère significativement.

Afin d'améliorer le degré d'extractibilité du jus et ainsi d'améliorer la fiabilité de la méthode instrumentale (sa répétabilité et son pouvoir discriminant), un plan d'expériences a été construit.

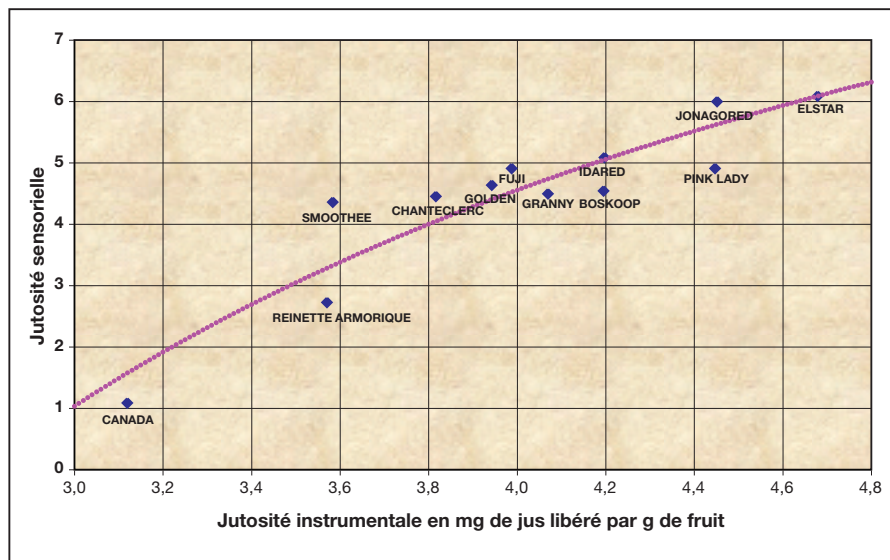


Fig. 3. Relation entre les mesures sensorielles et instrumentales de la jutosité ($R^2 = 0,92$). Jutosité instrumentale mesurée après compression à 20 mm/min et 20% de déformation.

Optimisation de la méthode d'analyse instrumentale et du rendement en jus

L'optimisation du degré d'extractibilité du jus a été réalisée sur les Golden Delicious, avec un plan d'expériences, en étudiant la surface de réponses des valeurs moyennes de la jutosité (exprimées en mg de jus par g de fruit comprimé) et des coefficients de variation associés à ces moyennes.

Le tableau 1 récapitule l'ensemble des

expérimentations réalisées au cours de ce plan expérimental, ainsi que les résultats obtenus. Deux blocs (un par filtre), constituant deux plans composites centrés, ont permis d'étudier l'effet du choix du filtre et celui des valeurs attribuées à la vitesse et au taux de déformation. Le filtre imperméabilisé permet de recueillir davantage de jus extrait que le filtre rouge, quels que soient les paramètres de compression, et semble donc plus intéressant à étudier. La surface de réponse obtenue avec ce filtre, selon la méthode des plans d'expériences, montre que l'augmentation de la vitesse et du

Tableau 1. Moyennes des rendements en jus (mg/g de fruits frais, variété Golden Delicious) et coefficients de variation (%) obtenus avec deux types de filtres absorbants en fonction de différents paramètres de compression (taux de déformation et vitesse).

| Taux de déformation (%) | Vitesse (mm/min) | Filtre imperméable | | Filtre rouge | |
|-------------------------|------------------|--|------------------------------|--|------------------------------|
| | | Moyenne de jutosité instrumentale (mg jus/g fruit frais) | Coefficient de variation (%) | Moyenne de jutosité instrumentale (mg jus/g fruit frais) | Coefficient de variation (%) |
| 12,5 | 50,0 | 4,501 | 0,807 | 4,103 | 0,947 |
| 7,2 | 21,7 | 3,483 | 1,131 | 3,458 | 1,020 |
| 17,8 | 21,7 | 7,605 | 2,645 | 6,547 | 0,835 |
| 7,2 | 78,3 | 3,896 | 1,124 | 3,436 | 1,832 |
| 17,8 | 78,3 | 9,479 | 2,702 | 9,425 | 1,057 |
| 12,5 | 50,0 | 4,686 | 0,922 | 4,314 | 1,892 |
| 5,0 | 50,0 | 3,554 | 2,288 | 3,027 | 1,845 |
| 20,0 | 50,0 | 11,764 | 1,445 | 10,446 | 1,278 |
| 12,5 | 10,0 | 4,710 | 0,705 | 4,459 | 1,822 |
| 12,5 | 90,0 | 4,758 | 1,424 | 3,974 | 1,331 |
| 12,5 | 50,0 | 4,582 | 0,807 | 4,212 | 1,185 |

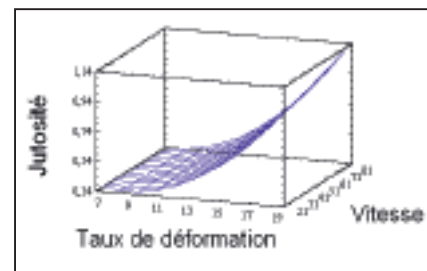


Fig. 4. Surface de réponses moyennes de la jutosité mesurée instrumentalement (en g par 100 g de fruits frais) sur les Golden Delicious (filtre utilisé: Durieux imperméable).

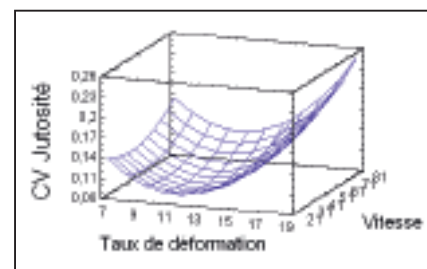


Fig. 5. Surface de réponses des coefficients de variation (CV) de la jutosité (en g par 100 g de fruits frais) sur les Golden Delicious (filtre utilisé: Durieux imperméable).

taux de compression du fruit induit un meilleur rendement du jus (fig. 4). Selon l'analyse de la variance, ce rendement augmente de façon significative et importante lorsqu'on accroît le taux de compression du fruit.

Par contre, ces paramètres n'ont pas d'influence significative sur les coefficients de variation (CV) calculés pour chaque couple [taux de déformation; vitesse] du plan d'expériences. Cependant, les CV de mesures peuvent être diminués en abaissant la vitesse de compression du fruit à 50 mm/min et 20% de déformation (fig. 5).

Une méthode optimale suppose d'obtenir le meilleur rendement possible, mais également le plus faible coefficient de variation. Les paramètres optimaux choisis pour la validation sont donc: vitesse de compression du fruit à 50 mm/min à 20% de déformation.

Validation de la méthode de mesure optimisée avec d'autres variétés

Afin de vérifier la fiabilité des paramètres instrumentaux choisis (résultats répétables et discriminants), une étude a été réalisée sur un ensemble de fruits de textures différentes. Quatre variétés de fruits (Pink Lady, Honey Crunch et Ariane et Golden) récoltées à trois stades de maturité ont été analysées à la récolte et après cinq mois de stockage à

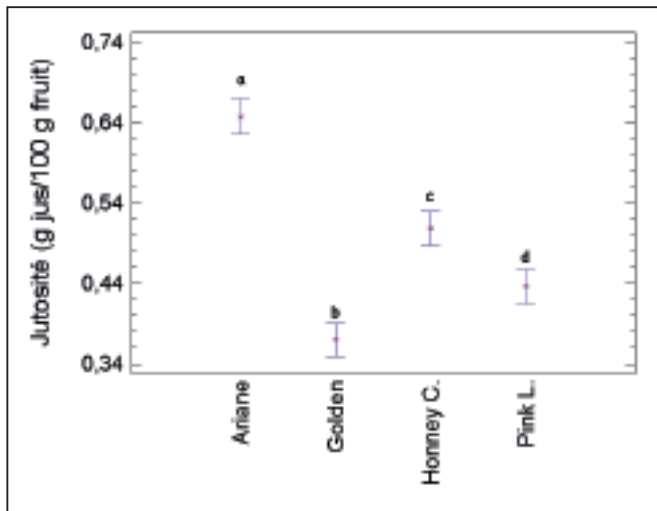


Fig. 6. Jutosité moyenne (en g de jus extrait / 100 g de fruit) avec les intervalles de confiance, calculée sur l'ensemble de données pour les variétés Ariane, Golden Delicious, Honney Crunch et Pink Lady. Les lettres différentes (a et b) signifient que les moyennes sont significativement différentes entre elles (test LSD, 95%).

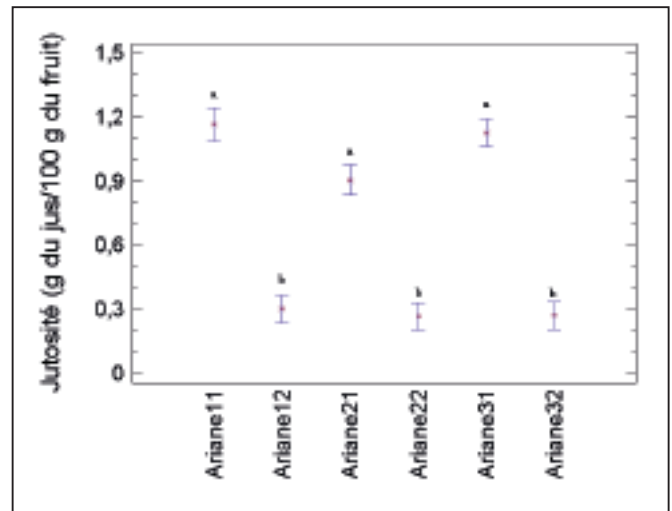


Fig. 7. Jutosité moyenne des pommes de la variété Ariane analysée à la récolte à trois stades de maturité (codes 11, 21 et 31) et après cinq mois de stockage en AC (codes 12, 22 et 32). Les lettres différentes (a et b) signifient que les moyennes sont significativement différentes entre elles (test LSD, 95%).

4 °C en atmosphère contrôlée. En tout, 24 lots de pommes (20 fruits par lot) ont été analysés (4 variétés × 3 stades de maturité × 2 dates de mesures).

L'analyse de la variance à plusieurs facteurs (tabl. 2) montre que la mesure de jutosité réalisée avec des conditions de compression optimisées discrimine bien les quatre variétés de pommes entre elles, et les fruits fraîchement récoltés de ceux conservés en atmosphère contrôlée pendant cinq mois. Les fruits Ariane sont les plus juteux des quatre variétés testées, et les Golden les moins juteux (fig. 6).

Pour toutes les variétés analysées, la jutosité diminue de façon significative entre la date de la récolte et après cinq mois de conservation, quel que soit leur stade de maturité à la récolte. Les résultats de la variété Ariane sont présentés dans la figure 7.

Tableau 2. Test ANOVA à trois facteurs réalisé sur les résultats de jutosité (quantité du jus extrait en g/100 g de fruit frais).

| Facteur testé | Statistique F1 de Fischer | Probabilité P-value |
|-------------------|---------------------------|---------------------|
| Variété | 58,96 | 0,000 |
| Stade de maturité | 2,03 | 0,130 |
| Conservation | 370,54 | 0,000 |

¹Le tableau d'ANOVA décompose la variance de la jutosité en deux composants: un composant inter-groupes et un composant intra-groupes. Plus F est important, plus le facteur étudié (variété, stade de maturité ou conservation) influence les résultats de jutosité. Lorsque la valeur de la probabilité (P-value) pour le test F est inférieure à 0,05, cela signifie que cet effet est statistiquement significatif au niveau de confiance de 95,0%.

Conclusions

- ❑ Cette étude a permis de mettre en place un outil objectif de mesure de la jutosité des pommes, en utilisant un filtre imperméabilisé pour récupérer le jus extrait au cours d'une double compression réalisée avec les paramètres suivants: 20% de déformation à 50 mm/min.
- ❑ Cette mesure instrumentale semble fortement liée à la perception sensorielle de la jutosité des pommes. Pour le vérifier, les tests d'analyse sensorielle et de double compression seront effectués sur d'autres variétés de pommes plus ou moins juteuses, en essayant de réaliser une prédiction de la perception sensorielle du descripteur «juteux» par des mesures instrumentales.
- ❑ Des tests consommateurs sont également envisagés pour fournir aux professionnels de la filière fruits un outil simple d'utilisation, rapide et fiable, permettant de prédire la jutosité des fruits, appréciée par les consommateurs.

Bibliographie

- Daillant Spinnler B., Mac Fie H. J. H., Beyts P. K. & Hedderley D., 1996. Relationships between perceived sensory properties and major preference directions of 12 varieties of apples from the southern hemisphere. *Food Qual. Pref.* **7**, 113-126.
- Harker F. R., White A., Freeth B. & Gunson A., 2003a. Simultaneous instrumental measurement of firmness and juiciness of apple tissue discs. *J. Texture Studies* **34**, 271-285.
- Harker F. R., Lau K. & Gunson F. A., 2003b. Juiciness of fresh fruit: a time-intensity study. *Postharvest Biol. Technol.* **29**, 55-60.
- Mehinagic E., Royer G., Bertrand D., Symoneaux R., Laurens F. & Jourjon F., 2003. Relationship between sensory analysis, penetrometry and Visible-NIR spectroscopy of apples belonging to different cultivars. *Food Quality and Preference* **14**, 473-484.
- Mehinagic E., Royer G., Symoneaux R. & Jourjon F., 2006. Objective measurements of apple texture with penetrometry, compression and acoustic methods in relation to the sensory perceptions. *In: Proceeding ISFRS, Zurich, Suisse*, 395-398.
- Moras P. & Chapon J.-F., 1984. Entreposage et conservation des fruits et légumes frais. *In: Guide pratique de l'utilisation du froid*, Eds. CTIFL, 244 p.
- Peleg M., Gomez Brito L. & Malevski Y., 1976. Compressive failure patterns of some juicy fruits. *J. Food Sci.* **41**, 1320-1324.
- Peneau S., Hiehn E., Roth H.-R., Escher F. & Nuessli J., 2006. Importance and consumer perception of freshness of apples. *Food Qual. Pref.* **17** (1-2), 9-19.
- Szczesniak A. S. & Ilker R., 1988. The meaning of textural characteristics – juiciness in plant foodstuffs. *J. Texture Studies* **19**, 61-78.
- Szczesniak A. S., 2002. Texture is a sensory property. *Food Qual. Pref.* **13**, 215-225.

Riassunto

Come misurare in modo oggettivo la succosità delle mele?

La tessitura di una mela è uno dei principali criteri di qualità che determinano il grado d'accettazione di questo frutto da parte dei consumatori. Tra i descrittori gustativi della tessitura citati dai consumatori, la succosità è considerata uno dei criteri che indicano la freschezza. Attualmente non disponiamo di strumenti che permettano di misurare questo parametro. L'analisi sensoriale effettuata da un gruppo di esperti è l'unico modo per fornire una misura oggettiva e precisa della succosità, così come essa è percepita dai consumatori. L'obiettivo della ricerca presentata è di proporre un nuovo metodo di misurazione strumentale semplice e attendibile (ripetibile e discriminante), da correlare alla succosità sensoriale. Questo metodo sembra promettente, perché risulta fortemente correlato alla percezione sensoriale fornita dal gruppo di esperti.

Zusammenfassung

Wie kann die Saftigkeit eines Apfels objektiv gemessen werden?

Die Textur eines Apfels ist eines der wesentlichen Qualitätskriterien für die Akzeptanz beim Verbraucher. Unter den sensorischen Parametern zur Beschreibung der Textur wird die Saftigkeit von den Konsumenten als ein Kriterium für dessen Frische genannt. Zurzeit gibt es noch kein Gerät, das in der Lage ist, dieses Qualitätskriterium zu messen. Bis heute ist die sensorische Analyse durch eine Gruppe von Experten das einzige Mittel, die Saftigkeit objektiv und präzise so zu messen, wie sie vom Verbraucher wahrgenommen wird. Die vorliegende Studie schlägt eine neue einfache und zuverlässige instrumentelle Messmethode mit guter Wiederholbarkeit und gutem Unterscheidungsvermögen vor. Sie erscheint viel versprechend, weil sie gut mit der durch ein Expertenpanel bestimmten sensorischen Wahrnehmung der Saftigkeit korreliert.

Summary

How to measure objectively apple juiciness?

Apple texture is one of the most important quality parameters that influence the consumer acceptability of this fruit. Fruit juiciness is one of the textural attributes that is synonymous of apple freshness for the consumers. The sensory analysis is the only way to measure this parameter objectively in relation to the consumer perception. This study proposes a new instrumental method to measure fruit juiciness in a simple and reliable way. This method seems very interesting as the instrumentally measured juiciness is significantly correlated to the sensory score analysed by an expert apple panel.

Key words: apple, quality, juiciness, sensory analysis, objective measures.

pulvé suisse

Désherbage **plus** écologique

Désherber avec du produit pur
Pas de cuve – Pas de fond de cuve
50% en moins d'herbicide!



appareils portables
modèles brouette
systèmes pour tracteurs

la turbine Mantis

Pulvésuisse GmbH
Geenstrasse 18
8330 Pfäffikon ZH
044 950 08 54
079 832 21 02
www.pulvesuisse.ch



LandTini



Les spécialistes du vignoble et de l'arboriculture

- 5 modèles de 68 à 100 CV
- Inverseur sous charge
- Transmission 3 x 5 + Powerfive

SAMUEL STAUFFER & CIE 1607 LES THIOLEYRES
Tél. 021 908 06 00 Fax 021 908 06 01
info@stauffer-cie.ch www.stauffer-cie.ch