



Doctoral Thesis

## Texture of fresh apples evaluation and relationship to structure

**Author(s):**

Lapsley, Karen G.

**Publication Date:**

1989

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000510401> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 8802

PD Dr. Felix Escher

Zürich, den 12. 7. 89

**TEXTURE OF FRESH APPLES -  
EVALUATION AND RELATIONSHIP TO STRUCTURE**

**A dissertation submitted to the  
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
ZURICH**

**for the degree of  
Doctor of Technical Sciences**

**presented by  
KAREN G. LAPSLEY  
M. Sc. (Food Science)  
born May 28, 1952  
in Montreal, Canada**

**accepted on the recommendation of  
PD Dr. F. Escher, examiner  
Prof. Dr. J. Solms, co-examiner  
Prof. Dr. R. Amadò, co-examiner**

**Zurich 1989**

## CHAPTER 5

### Summary

There is good evidence from literature as well as from recent market studies that texture is a primary quality attribute of fresh apples. In spite of this importance, reliable methods to assess textural properties of apples are still lacking. This investigation on fresh apples was therefore undertaken; to define the relevant sensory texture attributes, to select sensory procedures for quality assessment, to develop non-sensory, preferably mechanical methods for quality control purposes, and to find microscopic clues as to the relationship between sensory perception, mechanical behaviour and apple tissue structure.

The experiments were conducted on 21 different apple varieties, some of which were stored at different temperatures for varying lengths of time. Variability in texture within one apple variety and one apple itself may be considerable. Therefore all raw material was calibrated according to size (weight) and specific gravity before any testing was done, although no direct relationship could be established between texture and specific gravity. The majority of the experimental work was also designed so that sensory and instrumental analysis were conducted simultaneously on the same apple. By measuring tissue as similar as possible heterogeneity of material was minimized.

Non-sensory texture characterization was carried out on cylindrical tissue specimens by; measuring the breaking force of horizontally placed cylinders, recording the compressive force upon uniaxial compression, determining juice release during uniaxial compression. In addition, traditional manual penetrometer measurements on whole fruits and needle penetration tests on fruit discs were conducted. All methods were able to differentiate mechanical properties of the various specimens, with the penetration tests being the least discriminatory.

Initial sensory studies showed that apple texture is described adequately by four attributes; crispness, firmness, juiciness (all three hedonically positive) and mealiness (hedonically negative), as listed in the sequence of

perception. With training and practice panelists were able to detect small differences in these four attributes. It did not matter which sensory scale was used or whether they evaluated one attribute at a time or four in sequence.

Several statistical techniques were used to evaluate and compare sensory and instrumental results. Crispness as measured by breaking force and firmness as measured by compressive force were closely related. In the case of crispness, small differences were detected better by sensory tests than with the instrumental method. Juiciness is a texture attribute not closely related to crispness or firmness. The instrumental method developed for juice release measurement gave results that correlated well with sensory evaluation. This method would be applicable for a wide range of fruits and vegetables. Mealiness is inversely related to sensory crispness and firmness. However, instrumental measurements were not able to classify apples conclusively according to their degree of mealiness.

On the structural level, apple tissue with varying textural characteristics was analysed by a combination of light microscopy, conventional scanning electron microscopy (SEM), cryo-SEM, and confocal laser microscopy. The microstructural analysis revealed that failure upon mechanical deformation of non-mealy tissue resulted in a rupture statistically through the cells, while disintegration of tissue into individual intact cells or cell agglomerates was only evident with mealy tissue. In mealy tissue increasing separation of cells along cell walls was clearly visible, probably caused by an increasing of middle lamella. Therefore, mealiness is linked to the mode rather than to the extent of tissue rupture, and surface properties of the disintegrated tissue seem to be responsible for whether an apple is perceived as mealy or non-mealy.

## **Zusammenfassung**

### **Textur von Tafeläpfeln - Erfassung und Beziehung zur Struktur**

Nach Literaturangaben und nach kürzlich durchgeführten Marktstudien stellt die Textur das wichtigste Qualitätsmerkmal von Tafeläpfeln dar. Trotz der grossen Bedeutung fehlen nach wie vor zuverlässige Methoden zur Beurteilung der Textureigenschaften von Äpfeln. Ziel der vorliegenden Arbeit war es deshalb, die relevanten sensorischen Texturattribute zu definieren, geeignete sensorische Prüfmethode auszuwählen, nicht-sensorische, bevorzugterweise mechanische Prüfverfahren für die Qualitätskontrolle zu entwickeln, sowie mit mikroskopischen Untersuchungen Beziehungen zwischen den sensorischen Eigenschaften, dem mechanischen Verhalten und der Struktur des Apfelgewebes zu finden.

Die experimentellen Arbeiten wurden mit 21 verschiedenen Apfelsorten durchgeführt, von denen einige zusätzlich über verschiedene Perioden bei unterschiedlichen Temperaturen gelagert wurden. Die Textur zwischen Früchten derselben Apfelsorte und innerhalb einzelner Früchte kann beträchtlich variieren. Deshalb wurde das Rohmaterial nach Grösse (Gewicht) und spezifischem Gewicht kalibriert, obwohl kein direkter Zusammenhang zwischen Textur und spezifischem Gewicht gefunden werden konnte. Die meisten sensorischen und instrumentellen Versuche wurden zudem gleichzeitig an derselben Frucht mit möglichst ähnlichen Gewebeteilen ausgeführt.

Die nicht-sensorische Texturcharakterisierung erfolgte an zylindrischen Gewebeproben mit der Bestimmung der Bruchkraft von horizontal aufgelegten Zylindern, mit der Messung der Kompressionskraft bei vertikaler uniaxialer Kompression der Zylinder, und mit der Erfassung des Saftverlustes während der uniaxialen Kompression. Zusätzlich wurden die traditionelle manuelle Penetrometer-Methode an ganzen Früchten und ein Nadelpenetrationstest bei Fruchtscheiben angewendet. Alle Methoden vermochten zwischen dem unterschiedlichen mechanischen Verhalten der verschiedenen Apfelproben zu differenzieren, wobei das Unterscheidungsvermögen der Penetrationstests am geringsten war.

Die sensorischen Untersuchungen zeigten zunächst, dass die Texturqualität von Äpfeln mit den vier Attributen Knackigkeit, Festigkeit, Saftigkeit (alle drei hedonisch positiv) und Mehligkeit (hedonisch negativ) in der Reihenfolge der Wahrnehmung hinreichend beschrieben werden kann. Ein ausgebildetes und routiniertes Panel ist in der Lage, schon sehr kleine Unterschiede in den vier Eigenschaften zu erkennen, unabhängig vom verwendeten sensorischen Skalentyp und unabhängig davon, ob die vier Attribute einzeln oder in einer Serie zu beurteilen waren.

Mit verschiedenen statistischen Methoden wurden die instrumentellen und sensorischen Messresultate ausgewertet und miteinander verglichen. Die mit dem Bruchtest gemessene Knackigkeit und die mit dem Kompressions-test bestimmte Festigkeit sind eng miteinander verknüpft. Kleine Unterschiede in der Knackigkeit wurden sensorisch eindeutiger als mit der instrumentellen Methode gefunden. Die Saftigkeit stellt eine Eigenschaft dar, die nicht direkt mit der Knackigkeit oder Festigkeit in Beziehung steht. Die instrumentelle Bestimmung der Saftigkeit ergab Resultate, die mit der sensorischen Beurteilung gut übereinstimmten. Die Methode scheint für eine Vielzahl von Früchten und Gemüsen geeignet zu sein. Die Mehligkeit ist ein zur Knackigkeit und Festigkeit gegenläufiges Merkmal. Die mechanische Testmethode für die Erfassung der Mehligkeit war dennoch wenig erfolgreich.

Auf dem Niveau der Struktureigenschaften wurden Gewebeproben aus Äpfeln mit variierender Texturqualität mit Lichtmikroskopie, konventioneller Raster-Elektronenmikroskopie (SEM), Gefrier-SEM, und konfokaler Laser-mikroskopie untersucht. Gesamthaft zeigten die Untersuchungen, dass bei mechanischer Belastung von Gewebe aus nicht-mehligen Äpfeln ein Bruch statistisch durch die Zellen resultiert, während Gewebe aus mehligem Äpfeln in einzelne intakte Zellen oder Zellagglomerate zerfällt. Die zunehmende Separierung der Zellen entlang der Zellwände, die offenbar auf einer Auflösung der Mittellamelle beruht, war dabei deutlich erkennbar. Daher ist die sensorische Mehligkeit eher eine Frage der Art und nicht des Ausmaßes der Gewebeerstörung. Oberflächeneigenschaften des zerfallenen Gewebes scheinen mitverantwortlich für den sensorischen Unterschied zwischen mehligem und nicht-mehligem Eindruck zu sein.