

# Pflanzen

## Messung der Aromaentwicklung von Golden Delicious

Séverine Gabioud, Daniel Baumgartner, Ernst Höhn, Franz Gasser und Anna Bozzi Nising  
Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, CH-8820 Wädenswil  
Auskunft: Anna Bozzi Nising, E-Mail: anna.bozzi@acw.admin.ch, Tel. +41 44 783 6159

### Zusammenfassung

Im Rahmen der Apfelzüchtung und in Lagerversuchen erforscht die Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW seit vielen Jahren die qualitätsbestimmenden Faktoren neuer Sorten und den Einfluss von verschiedenen Lagertechniken auf die Endproduktqualität von Tafeläpfeln. Neben den klassischen Qualitätseigenschaften Festigkeit, Zucker- und Säuregehalt ist für die Akzeptanz von Tafeläpfeln bei Konsumentinnen und Konsumenten v.a. das Aroma von grosser Bedeutung. In dieser Arbeit wird die Bedeutung einer schnellen und umfassenden Analytik von Aromastoffen als Instrument für die Forschung und als wichtiges Standbein zur Qualitätssicherung von einheimischem Obst dargelegt. Dazu wurde die Aromaentwicklung von Golden Delicious während der Reifung und Lagerung mit Hilfe der auf Massenspektrometrie basierenden elektronischen Nase SMart Nose<sup>®</sup> verfolgt und mit den Reifungsparametern Festigkeit, Zucker- und Säuregehalt sowie der Ethylenbildungsrate in Beziehung gesetzt. Die Auswertung der Fingerprint-Daten der SMart Nose<sup>®</sup> ergab gute Korrelationen sowohl mit dem Festigkeitsabbau als auch mit der Ethylenproduktionsrate der untersuchten Äpfel.

Für die Akzeptanz von Tafeläpfeln bei Konsumentinnen und Konsumenten ist neben den klassischen Qualitätseigenschaften Festigkeit, Zucker- und Säuregehalt v.a. das Aroma von entscheidender Bedeutung (Leumann *et al.* 2004). Die Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW befasst sich seit vielen Jahren im Rahmen der Apfelzüchtung und in Lagerversuchen mit den Vor- und Nacherntefaktoren, welche die Entstehung und Erhaltung von Apfelaromen beeinflus-

sen. Bei verschiedenen Apfelsorten sind bisher mehr als 300 Aromakomponenten bestimmt worden (Dimick und Hoskin 1983, Dixon und Hewett 2000), wobei die meisten Vertreter (80-90 %) zur Stoffklasse der Ester gehören. Die Konzentration der Aromastoffe ist meist sehr gering und nur ein Teil hat einen signifikanten sensorischen Einfluss auf das Fruchtaroma (Cunningham *et al.* 1986). Dürr und Röthlin (1981) konnten zeigen, dass eine bestimmte Mischung von

nur zehn Aromastoffen nicht vom natürlichen Aroma eines frisch gepressten Apfelsafts zu unterscheiden war. Die Komplexität eines Apfelaromas und die Tatsache, dass die sensorische Wahrnehmung verschiedener Aromastoffe in der Regel qualitativ und quantitativ unterschiedlich ist, führen dazu, dass die Analytik von Fruchtaromen verschiedene Strategien verfolgt.

### Sensorische Aromacharakterisierung

Zur sensorischen Charakterisierung der Aromatik von Früchten werden Expertengruppen von zehn bis zwölf trainierten Personen eingesetzt. Dabei werden definierte Geruchseigenschaften qualitativ durch Beschreibung und quantitativ mit Skalen erfasst. Aus solchen Studien können sogenannte Aromaprofile für einzelne Apfelsorten erstellt werden. Allerdings sind das Expertentraining und die Degustationen sehr zeitaufwändig und zudem ist die Probenzahl pro Tag bei sensorischen Tests eher gering.

### Klassische instrumentelle Analyse

Als Alternative gibt es instrumentelle Methoden wie die Headspace-Gaschromatographie oder die Gaschromatographie kombiniert mit massenspektrometrischer Detektion. Damit können einzelne Aromasubstanzen identifiziert und quantifiziert werden. Allerdings sind auch diese Analysetechniken zeitaufwändig, teuer und benötigen viel Erfahrung.

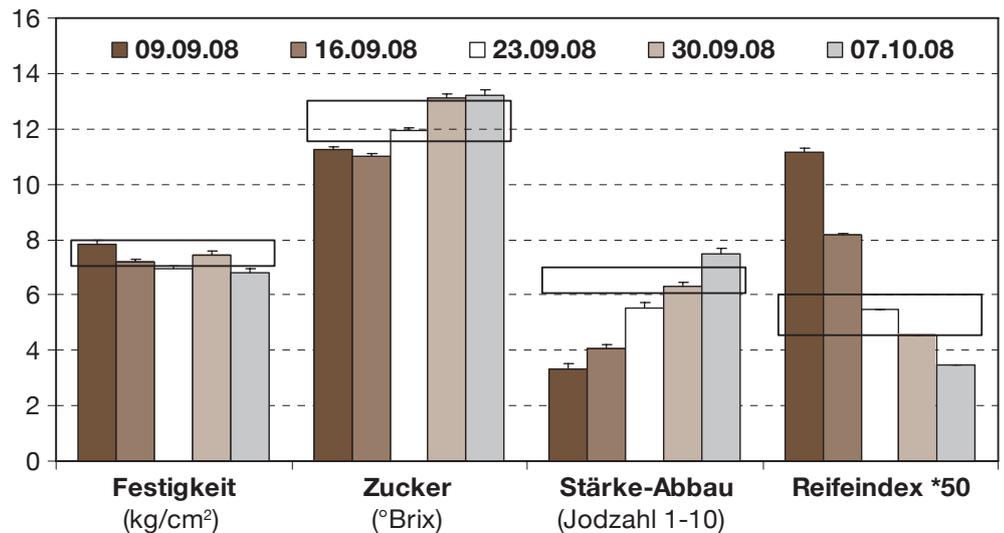


Abb. 1. Golden Delicious Apfelsorte.

## Elektronische Nase

Dank Entwicklungen in der chemosensorischen Technologie werden für die Untersuchung von flüchtigen Substanzen seit etwa 20 Jahren auch elektronische Nasen (EN) eingesetzt. Im Gegensatz zur Gaschromatographie, welche eine Probe in ihre einzelnen Komponenten auf trennt, erstellen elektronische Nasen einen «Fingerprint» des gesamten Probengemischs. Verschiedene Studien haben gezeigt, dass EN für die Analyse von Fruchtaromen gut geeignet sind. Im Vorerntebereich wurden solche Geräte bereits mit Erfolg getestet, um die Reife von Äpfeln zu bestimmen (Young *et al.* 1999, Saevels *et al.* 2003, Pathange *et al.* 2006). Im Nacherntebereich wurde die Bestimmung der Apfelqualität während des Shelf Life in mehreren Studien untersucht (Di Natale *et al.* 2001, Brezmes *et al.* 2001, Saevels *et al.* 2004). Für diese Arbeiten wurden verschiedene Arten von Sensoren auf der Basis der Interaktion zwischen Aromastoffen und Metalloxiden, gasempfindlichen Transistoren oder elektrisch leitfähigen Polymeren verwendet. Eine andere Art von EN beruht auf dem Prinzip der Massenspektrometrie (MS). Dabei wird ein Fingerprint des Aromagemischs ohne Auftrennung durch einen Gaschromatographen direkt aufgrund der Massen der Einzelkomponenten erstellt. Substanzen wie Wasser, Ethanol oder CO<sub>2</sub>, welche die Analyse von konventionellen EN stark beeinträchtigen, stören bei den MS-basierten EN deutlich weniger. Bei Analysen von Früchten, welche stark wasserhaltig sind, werden die entsprechenden Massensignale für die Auswertung einfach ignoriert.

In dieser Studie wurde das Potential der EN Smart Nose® (Smart Nose SA, Marin-Epagnier, CH), eines MS-basierenden Analysegerätes, für die Untersuchung der Aromaentwicklung während der



Reifung von Golden Delicious evaluiert. Zum Vergleich mit früheren Studien und zur Charakterisierung der vorliegenden Reifestadien wurden zusätzlich auch die klassischen Qualitätsparameter wie Zuckergehalt und Festigkeit, sowie die Ethylenproduktionsrate und die Respiration der Apfelproben analysiert.

## Äpfel sind klimakterische Früchte

Äpfel gehören aufgrund ihres Reifeverhaltens nach der Ernte zu den klimakterischen, d.h. nachreifenden Früchten. Unter dem Einfluss des Pflanzenhormons Ethylen nimmt bei diesen Früchten die Atmungsaktivität zu, wodurch der Reifeprozess beschleunigt wird. Im sogenannten klimakterischen Peak erreicht die Ethylenproduktion und damit auch die Atmungsaktivität ein Maximum und nimmt dann wieder ab. Neben der Induktion verschiedener Stoffwechsellvorgänge, die für den Reifeverlauf und die Alterung der Früchte charakteristisch sind, aktiviert Ethylen auch die Expression von Genen, welche für die Bildung von Enzymen für das Weichwerden und die Aromaproduktion verantwortlich sind (Brummell 2005, Schaffer *et al.* 2007). In der Regel steigt die Aromaproduktion bei Äpfeln parallel zur klimakterischen Respiration und erreicht ein maximales Niveau etwa 2-3

Wochen später (Brackmann und Streif 1994).

## Pflückzeitpunkte und Lagerung

Äpfel der Sorte Golden Delicious wurden auf einer Parzelle der Forschungsanstalt ACW in Wädenswil an fünf verschiedenen Daten im Herbst 2008 in wöchentlichen Abständen gepflückt (09.09., 16.09., 23.09., 30.09. und 07.10.) und in geschlossenen Tragtaschen bei 10°C gelagert. Für die Reifebestimmung wurden bei jedem Erntetermin jeweils an einer Stichprobe von 20 Früchten die Festigkeit (kg/cm<sup>2</sup>), der Zuckergehalt (°Brix) sowie der Stärkeabbau (Jodzahl) bestimmt und daraus der Reifeindex nach Streif errechnet (Abb. 2). Die Sorte Golden D. sollte für eine optimale Lagerung einen Reifeindex von 0,09 - 0,12 aufweisen (Höhn *et al.* 1999). Gemäss diesem Kriterium waren die Früchte der Ernten am 23.9. und 30.9.2008 optimal reif (3. resp. 4. Pflückzeitpunkt). Die ersten zwei Erntetermine waren demnach zu früh und der letzte zu spät.

## Ethylenproduktion und Respiration

Parallel zu den klassischen Qualitätsmessgrößen Festigkeit, Zuckergehalt und Stärkeabbau wurden die Ethylenproduktion und die Respiration gemessen. Dazu wurden fünf Äpfel in ein luft-

Abb. 2. Reifebestimmung der 5 Pflücken von Golden D. im Herbst 2008 und empfohlene Erntefenster (Boxen) für eine Lagerung. Säulenhöhe = Mittelwert von 20 Früchten, I = Standardfehler.

**Tab. 1. Einfluss des Erntetermins und der Lagerung auf die Ethylen- und CO<sub>2</sub>-Produktionsrate von Golden D.** (Ethylen µg/kg h / CO<sub>2</sub> mg/kg h)

Tag nach Ernte	Ernte 1 09.09.08	Ernte 2 16.09.08	Ernte 3 23.09.08	Ernte 4 30.09.08	Ernte 5 07.10.08
1	0/2,9	0/14,3	0/20,5	0/24,3	0,1/26,3
8	0/18,3	0,6/13,6	38,3/26,5	52,0/27,7	109,3/34,5

dichtes Gefäß (Volumen 5,6 L) gegeben und während 16 h bei 20°C stehen gelassen. Anschliessend wurde der Ethylengehalt des Kopfraumes gaschromatographisch bestimmt (Varian 3900, Säule HP-Plot U DVB/EG-DMA (30m x 0,53mm x 20 µm), Ofentemp. 40°C, FID-Detektor, externer Standard 100 ppm Ethylen) und daraus die Ethylenproduktionsrate berechnet. Die O<sub>2</sub>- und CO<sub>2</sub>-Bildungsraten wurden ebenfalls gaschromatographisch ermittelt (Chrompack Micro-GC CP-2002, Säulen Molsieve 5A für O<sub>2</sub> und HayeSepA für CO<sub>2</sub>). Vom ersten Tag nach der Ernte an wurden die Gasmessungen in wöchentlichen Abständen wiederholt. Tabelle 1 zeigt die Messresultate für Ethylen und CO<sub>2</sub> jeweils am Tag 1 respektive 8 nach der Ernte. Am Tag 1 nach der Ernte waren die Ethylenkonzentrationen ausser bei der Probe des Pflückzeitpunktes 5 unter der Nachweisgrenze des Detektors von 0,1 ppm. Nach einer Lagerdauer von acht Tagen zeigte sich eine positive Korre-

lation zwischen der Ethylenbildungsrate und dem Erntezeitpunkt der Äpfel (<0,1 µg/kg h Ethylen für den Pflückzeitpunkt 1 (PZP1) resp. 109 µg/kg h für PZP5). In einer früheren Studie haben Song und Bangerth (1996) statt der Ethylenproduktion die interne Ethylenkonzentration gemessen und damit schon bei der Ernte Unterschiede zwischen den verschiedenen Ernteterminen festgestellt. Dabei wurde ebenfalls eine Zunahme der internen Ethylenkonzentration mit zunehmender Lagerdauer beobachtet. Im Gegensatz zur Ethylenproduktion zeigte die Fruchtrespiration in unseren Versuchen schon einen Tag nach der Ernte Unterschiede zwischen den Ernteterminen. Je reifer die Früchte waren, desto mehr haben sie geatmet, was an der CO<sub>2</sub>-Produktion erkennbar ist (Tab. 1). Wie die Ethylenproduktion nahm auch die Respiration zu je später die Früchte geerntet wurden.

Die Abbildung 3 zeigt den Verlauf der Ethylen- resp. CO<sub>2</sub>-Pro-

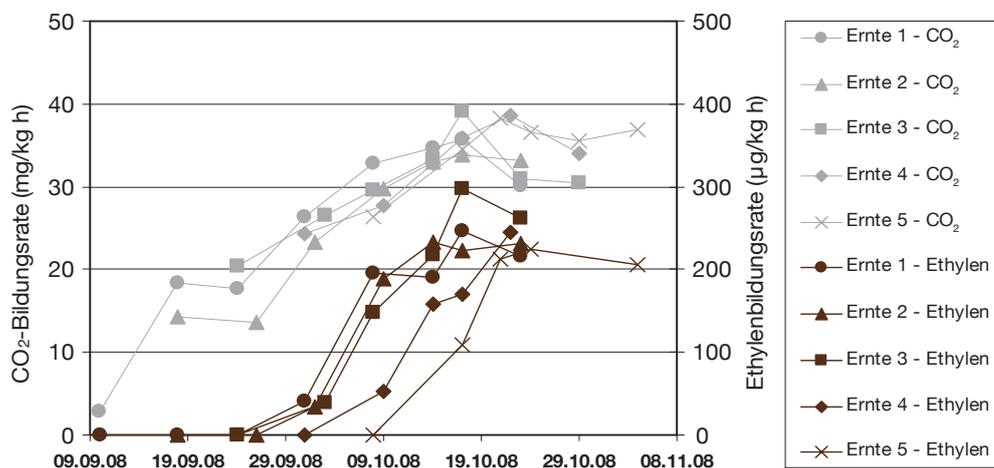
duktion während der Lagerung bei 10°C. Deutlich zu erkennen ist der parallele Verlauf der Kurven für die verschiedenen Pflücken sowie der klimakterische Peak nach vier Tagen oder etwa am 19.10.2008. Äpfel der Ernte 1 bis 3 haben ihren Peak zur gleichen Zeit erreicht, während die zwei letzten Ernten den maximalen Wert etwa eine Woche später erreicht haben.

### Aromaentwicklung

Die Analyse des Aromaprofils mit der elektronischen Nase Smart Nose® erfolgte zum Zeitpunkt der Ernte und dann wöchentlich während der Lagerung bei 10°C. In Vorversuchen wurden die experimentellen Bedingungen wie die eingesetzte Probenmenge (1-5 g), die Inkubationstemperatur (40-90°C) sowie die Inkubationszeit (10-60 Min.) bezüglich Signalstärke und Reproduzierbarkeit optimiert. Für die Messungen wurden dann von zwei gegenüberliegenden Schnitten eines Apfels insgesamt 3,0 ± 0,1 g Fruchtfleisch mit Haut, aber ohne Kerngehäuse in einem 10 ml Probenfläschchen luftdicht abgeschlossen. Nach einer Inkubation bei 60°C während 30 Minuten wurden 2,5 ml des Headspace auf dem Quadrupolmassenspektrometer über einen Messbereich von 10-160 m/z (Masse/Ladungsverhältnis) analysiert. Die Messungen wurden jeweils an fünf verschiedenen Äpfeln durchgeführt. Für die multivariate statistische Auswertung wurde die Smart Nose® Software verwendet. Die Rohdaten wurden auf die Intensität des Signals bei m/z = 40 (Argon) normalisiert und anschliessend einer Hauptkomponentenanalyse mit den 20 diskriminierendsten Ionenfragmenten unterzogen.

Am Beispiel der Analysen vom Erntezeitpunkt 2 (Abb. 4) ist ersichtlich, dass sich die Proben in der Ebene der ersten beiden Hauptkomponenten mit total

**Abb. 3. Verlauf der Ethylen- und CO<sub>2</sub>-Produktion von Golden D. in Abhängigkeit des Erntezeitpunktes und der Lagerdauer bei 10°C.**



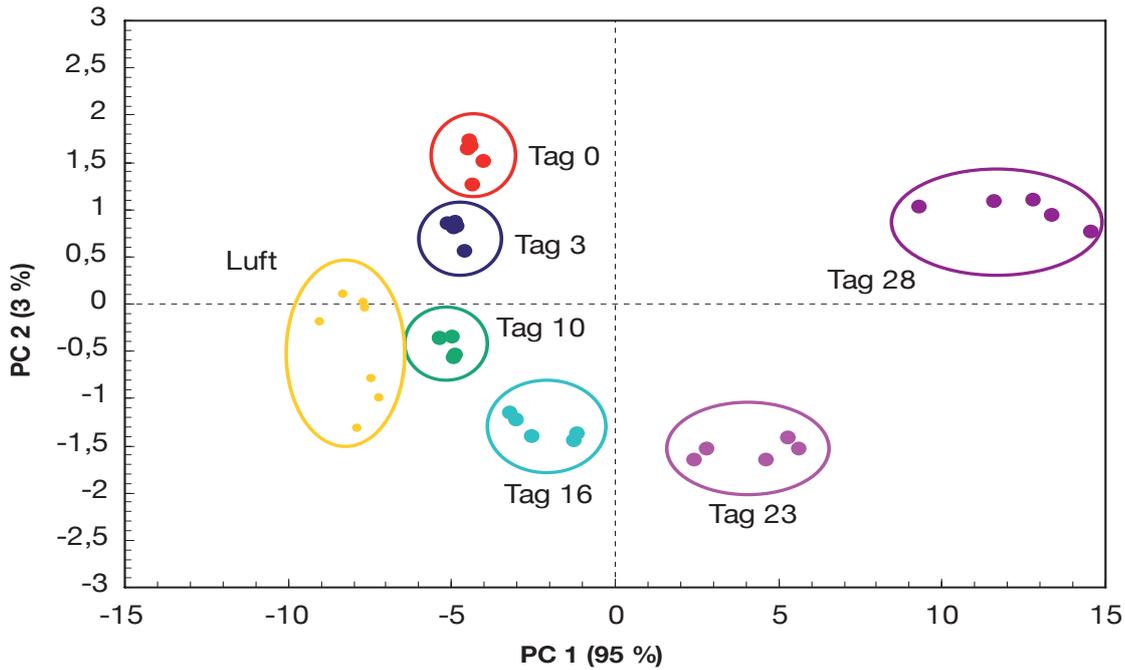


Abb. 4. Score Plot der Hauptkomponentenanalyse von Smart Nose® Fingerprints von Äpfeln der Ernte 2 nach unterschiedlicher Lagerdauer. Tag 0 = Ernte, Tage 16 bis 28 = reif bis sehr reif basierend auf Festigkeit von 7,2-5,1 kg/cm<sup>2</sup>.

98 % erklärter Varianz nach ihrer Lagerdauer gruppieren. Die Veränderungen in der ersten Phase der Lagerung werden v.a. durch die Hauptkomponente 2 beschrieben, während die Hauptkomponente 1 primär die Veränderungen ab dem 10. Lagertag erfasst. Insgesamt kann beobachtet werden, dass sich die Apfelproben mit zunehmender Lagerzeit immer mehr von der Luftprobe entfernen. Interessanterweise waren die Faktorladungen der für Ethylen charakteristischen Massensignale (m/z = 23-25) stark mit der Hauptkomponente 1 (PC1) korreliert. Da die überwiegende Anzahl der übrigen Massensignale ebenfalls mit PC1 korreliert war (Daten nicht gezeigt) kann festgestellt werden, dass sich sowohl die Aromaentwicklung als auch der Verlauf der Ethylenproduktion von Golden D. während der Lagerung mittels der Smart Nose® rasch und zuverlässig analysieren lassen.

An den gleichen Früchten wurden die Ethylenproduktion sowie die Fruchtfleischfestigkeit bestimmt. Die Abbildung 5 illustriert die positive Korrelation zwischen der Ethylenproduktion und der Aromaentwicklung, dargestellt als relativer Score-Wert der ersten Hauptkomponente der Smart Nose®-Analyse für Früchte des 2. Erntezeitpunktes. Beide Messgrößen haben sich parallel entwickelt. Erwartungsgemäß nahm die Fruchtfleischfestigkeit unter dem Einfluss von Ethylen während der Lagerung ab. Die

den die Ethylenproduktion sowie die Fruchtfleischfestigkeit bestimmt. Die Abbildung 5 illustriert die positive Korrelation zwischen der Ethylenproduktion und der Aromaentwicklung, dargestellt als relativer Score-Wert der ersten Hauptkomponente der Smart Nose®-Analyse für Früchte des 2. Erntezeitpunktes. Beide Messgrößen haben sich parallel entwickelt. Erwartungsgemäß nahm die Fruchtfleischfestigkeit unter dem Einfluss von Ethylen während der Lagerung ab. Die

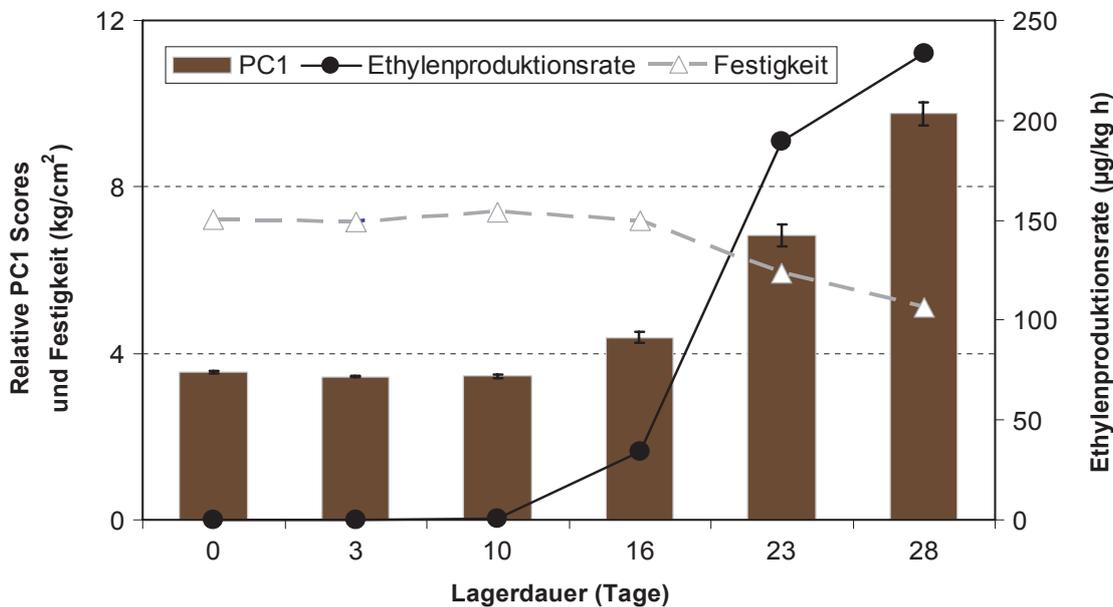
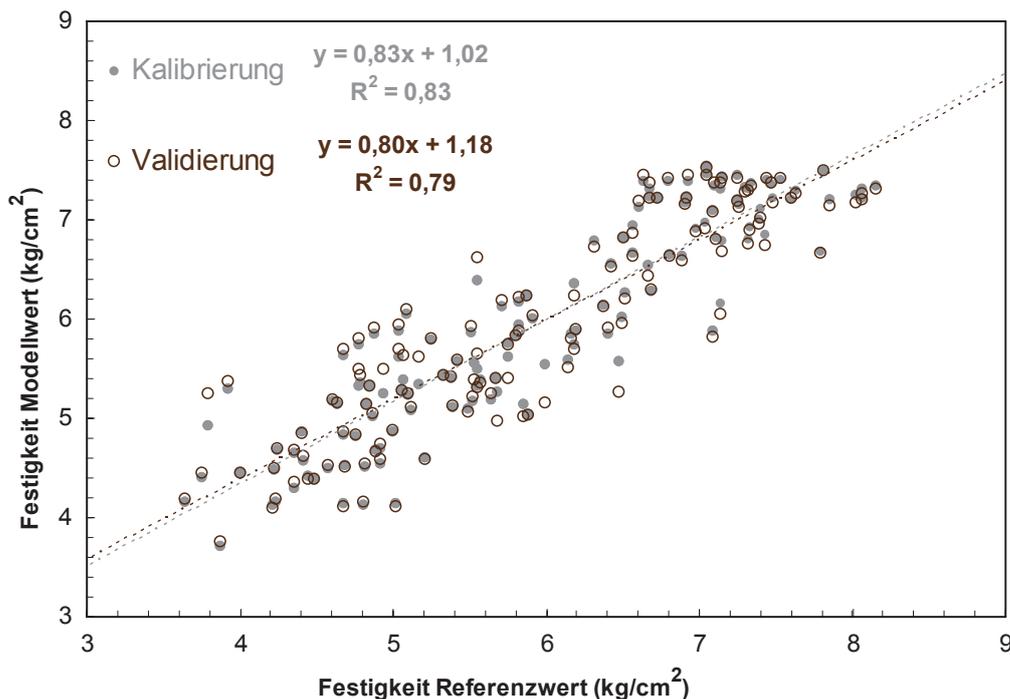


Abb. 5. Einfluss der Lagerdauer auf die Festigkeit, die Ethylenproduktionsrate sowie den Score-Wert der ersten Hauptkomponente der Smart Nose®-Analyse von Golden D. der Ernte 2 (Mittelwert von 5 Früchten inkl. Standardfehler).



**Abb. 6. PLS-Modell für die Fruchtfleischfestigkeit auf der Basis von Smart Nose® Fingerprints von Früchten von verschiedenen Ernteterminen und mit unterschiedlicher Lagerdauer.**

rasche Abnahme der Festigkeit von ca. 2 kg/cm<sup>2</sup> in nur zwei Wochen ist auf die gewählte Lagertemperatur von 10°C zurück zu führen.

Dieser Zusammenhang zwischen der Aromastoff- und der Ethylenproduktion resp. der Festigkeitsabnahme konnte auch bei den Früchten der anderen Erntetermine festgestellt werden. Für die beiden Messgrößen wurden deshalb PLS-Regressionsmodelle auf der Basis der Smart Nose® Fingerprints erstellt (PLS1-Algorithmus, vollständige Kreuzvalidierung). Für die Beurteilung der Güte solcher Modelle wurden die Korrelationskoeffizienten zwischen den Referenz- und den Vorhersagewerten ( $r^2$ , sollte möglichst nahe bei 1 liegen) sowie die mittleren erwarteten Fehler für die Vorhersage (root mean square error of prediction, RMSEP, sollte so tief wie möglich sein) berechnet. Die Festigkeit konnte auf der Grundlage der Aromamessungen gut vorausgesagt werden ( $r^2 = 0,79$  und  $RMSEP = 0,53 \text{ kg/cm}^2$ , Abb. 6). Für die Ethylenproduktionsrate resultierte ein Regressionsmo-

dell mit  $r^2 = 0,86$  und  $RMSEP = 38,9 \text{ } \mu\text{g/kg h}$ .

#### Perspektiven für die Praxis

Um eine gute Endproduktqualität für die Konsumenten zu erreichen spielen viele Akteure in der Produktions- und Logistikkette eine wichtige Rolle. Durch eine gute Lagerung werden die natürlichen Reifungsprozesse verlangsamt und damit die Apfelqualität auf den Zeitpunkt der Vermarktung optimiert. Die Lagermethoden von Äpfeln haben sich in den letzten Jahren stark entwickelt. So sind z.B. die Ultra-Low-Oxygen-Lagertechnik (ULO) und die Anwendung des Ethylenantagonisten 1-Methylcyclopropen (MCP) zwei erfolgreiche Strategien zur Verlängerung der Lagerfähigkeit von Äpfeln. Allerdings beeinträchtigen diese Massnahmen auch die Aromaentwicklung der Früchte. Im Herbst 2008 wurden behandelte und unbehandelte Früchte von verschiedenen Sorten mit der Smart Nose® gemessen. Es konnte gezeigt werden, dass bei behandelten Äpfeln die Aromaproduktion stark vermindert wurde (Gabioud *et al.*, in Vorbereitung).

Obwohl die ULO-Lagertechnik seit 1990 angewendet wird und der Einsatz von MCP für die Apfellagerung in der CH seit 2005 zugelassen ist, wird die Aromaentwicklung nur selten routinemässig analysiert und während der Lagerungsperiode verfolgt. Da die Aromatik von Äpfeln für die Konsumenten ein wichtiger Faktor für die Akzeptanz darstellt, sind das Verständnis der Aromabildungsprozesse und deren Steuerungsmöglichkeiten für alle Beteiligten der Produktions- und Vermarktungskette von grosser Bedeutung. Durch den Einbezug der EN Smart Nose® könnten die klassischen Qualitätsmessungen im Vor- und Nacherntebereich durch schnelle und automatische Messungen von Aromastoffen ergänzt werden.

#### Ausblick

Als Weiterentwicklung der hier vorgestellten Anwendung der EN Smart Nose® sind Messungen an intakten Früchten vorgesehen. Dies würde die zerstörungsfreie Überwachung der Aromaentwicklung erlauben. Zusätzlich könnten gaschromatographische Analysen die Fingerprint-Ergebnisse der Smart Nose® mit quantitativen Daten ergänzen. Durch sensorische Erhebungen sollen diese analytischen Erkenntnisse mit der menschlichen Aroma-wahrnehmung in Verbindung gebracht werden.

Diese Arbeit wurde im Rahmen des Isafruit Projekts (WP 4.2, 6th Framework program) durchgeführt.

#### Literatur

- Brackmann A. & Streif J., 1994. Ethylene, CO<sub>2</sub> and aroma volatiles production by apple cultivars. *Acta horticulturae* **368**, 51-58.
- Brezmes J., Llobet E., Vilanova X., Orts J., Saiz G. & Correig X., 2001. Correlation between electronic nose signals and fruit quality indicators on shelf-life measurements with pink lady apples. *Sensors and Actuators B* **80**, 41-50.

- Brummell D.A., 2005. Regulation and genetic manipulation of ripening in climacteric fruit. *Stewart Postharvest Review* **3**, 1-19.
- Cunningham D.G., Acree T.E., Barnard J., Butts R.M. & Braell P.A., 1986. Charm analysis of apple volatiles. *Food Chemistry* **19**, 137-147.
- Di Natale C., Macagnano A., Martinelli E., Paolesse R., Proietti E. & D'Amico A., 2001. The evaluation of quality of post-harvest oranges and apples by means of an electronic nose. *Sensors and Actuators B* **78**, 26-31.
- Dimick P.S. & Hoskin J.C., 1983. Review of apple flavour – state of the art. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **18**, 387-409.
- Dixon J. & Hewett E.W., 2000. Factors affecting apple aroma/flavour volatile concentration: a review. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* **28**, 155-173.
- Dürr P. & Röthlin M., 1981. Development of a synthetic apple juice odour. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie* **14**, 313-314.
- Höhn E., Dätwyler D., Gasser F. & Jampen M., 1999. Streifindex und optimaler Pflückzeitpunkt von Tafelkernobst. *Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau* **135**(18), 443-446.
- Leumann R., Kellerhals M., Schärer H. & Höhn E., 2004. Konsumententest von Diwa®, Elstar und Idared mit Befragung zum Apfelkonsum. *Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau* **140**(2), 6-9.
- Pathange L.P., Mallikarjunan P., Marini R.P., O'Keefe S. & Vaughan D., 2006. Non-destructive evaluation of apple maturity using an electronic nose system. *Journal of Food Engineering* **77**, 1018-1023.
- Saevels S., Lammertyn J., Berna A.Z., Veraverbeke E.A., Di Natale C. & Nicolai B., 2003. Electronic nose as a non-destructive tool to evaluate the optimal harvest date of apples. *Postharvest Biology and Technology* **30**, 3-14.
- Saevels S., Lammertyn J., Berna A.Z., Veraverbeke E.A., Di Natale C. & Nicolai B., 2004. An electronic nose and a mass-spectrometry-based electronic nose for assessing apple quality during shelf life. *Postharvest Biology and Technology* **31**, 9-19.
- Schaffer R., Friel E., Souleyre E., Bolitho K., Thodey K., Ledger S., Bowen J. H., Ma J., Nain B., Cohen D., Gleave A., Crowhurst R. N., Janssen B. J., Yao J. & Newcomb R. D., 2007. A genomic approach reveals that aroma production in apple is controlled by ethylene predominantly at the final step in each biosynthetic pathway. *Plant Physiology* **144**, 1899-1912.
- Song J. & Bangerth F., 1996. The effect of harvest date on aroma compound production from 'Golden Delicious' apple fruit and relationship to respiration and ethylene production. *Postharvest Biology and Technology* **8**, 259-269.
- Young H., Rossiter K., Wang M. & Miller M., 1999. Characterisation of Royal Gala apple aroma using electronic nose technology – potential maturity indicator. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **47**, 5173-5177.

## RÉSUMÉ

### Mesure de l'arôme au cours de la maturation des pommes de la variété Golden Delicious

Dans le cadre des essais sur la culture et le stockage des pommes, la station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW étudie depuis de nombreuses années les facteurs qui déterminent la qualité des différentes variétés et l'influence de divers systèmes de stockage sur la qualité des fruits. A côté des attributs classiques de qualité (fermeté, taux de sucre et acidité), l'arôme a également un rôle important dans l'acceptation des pommes par les consommateurs. Dans ce travail est présentée et discutée une méthode rapide et complète d'analyse de l'arôme des pommes, comme instrument pour la recherche mais aussi pour le contrôle de la qualité. La production et le développement de l'arôme chez des pommes de variété Golden Delicious ont été mesurés au cours de la maturation et du stockage à l'aide du nez électronique SMart Nose®. Les résultats obtenus ont été mis en relation avec les paramètres de maturation: production d'éthylène, fermeté, taux de sucre et acidité. Les données produites par l'analyse SMart Nose® ont montré de bonnes corrélations avec les résultats relatifs à la perte de fermeté et à la production d'éthylène.

## SUMMARY

### Measurement of aroma development during the ripening of Golden Delicious apples

In the framework of several research projects in apple breeding and conservation technology at Agroscope Changins-Wädenswil Research Station ACW, key factors determining apple quality and the effect of different storage conditions on produce characteristics have been investigated. It is known that, besides classical quality parameters, such as firmness, sugar content and acidity, aroma is one of the most important factors affecting consumer acceptance of apples. In this study, a rapid and extensive analytical method for aroma profiling in apples is presented and its application as a key tool for research purposes as well as for quality assurance discussed. Aroma production and development of Golden Delicious apples during ripening and storage was followed up with the SMart Nose®, an electronic nose based on mass spectrometry. Measurements of ripening parameters, such as ethylene production, firmness, sugar content and acidity, were also carried out and the results compared with the aroma analyses. The fingerprint data produced by the SMart Nose® showed good correlations with both firmness degradation patterns as well as with the ethylene production rates of the investigated apples.

**Key words:** apple, Golden Delicious, aroma, electronic nose