

Detlef Ulrich

Aromastoffe in Obst und Gemüse - Funktion und Wirkung

Aroma compounds of fruit and vegetables - function and effects

Einleitung

Der Geschmack von Obst und Gemüse gehört zu den Qualitätsparametern, die die Verbraucher als kaufentscheidend ansehen. Einerseits haben Umfragen ergeben, dass die geschmackliche Qualität sogar gegenüber den in den letzten Jahren in den Medien intensiv diskutierten positiven Gesundheitsaspekten den Vorzug erhält. So nannten in einer EU-weiten Verbraucherumfrage von über 14.000 Personen als Entscheidungskriterium zum Kauf von Nahrungsmitteln 38% der Befragten den Geschmack und 32% den gesundheitlichen Aspekt der Ernährung (zitiert in (Schreiner, Schonhof et al. 2000). Andererseits ist aber die Kritik an der Qualität der im Handel befindlichen Produkte allgegenwärtig. Nicht nur in der Tagespresse, auch in der Fachliteratur wird dieses Problem seit vielen Jahren thematisiert (z. B.: Jones and Scott 1983 oder Sturm, Koron et al. 2003).

Das Angebot von besserschmeckendem Obst und Gemüse ist somit ein Argument für einen höheren Verbrauch, der im Interesse der Erzeuger, des Handels und natürlich der Gesundheit und dem Genuss der Verbraucher liegt. Eine stärkere Beachtung der Geschmacksqualität in der gesamten Prozesskette ist also dringend empfohlen. Diese muss sowohl die Sortenwahl als auch die Vor- und Nacherteproblematik umfassen.

Die sensorische Qualität ist ein extrem komplexes Merkmal, das neben dem eigentlichen Grundgeschmacksnuancen (süß, sauer, salzig und bitter), dem sog. Mundgefühl (Textur, Saftigkeit, Schärfe, Adstringenz...) auch die bis zu 10 000 unterschiedlichen Geruchseindrücke (Aroma) umfasst, die ein Mensch in der Lage ist, beim Verzehr zu empfinden. Während im deutschsprachigen Raum diese Eigenschaften üblicherweise unter dem Terminus „Geschmack“ zusammengefasst werden, wird im Angelsächsischen der exaktere Begriff „Flavour“ für den sensorischen Gesamtsinnesindruck verwendet. Von einem wissenschaftlichen Standpunkt aus muss man darüberhinaus grundsätzlich zwischen den subjektiven Empfindungen des Menschen (hier die Präferenz oder auch Beliebtheit) und den objektiven chemisch-physikalischen Eigenschaften unterscheiden. Während die persönlichen Vorlieben einer vollkommen individuellen Ausprägung unterliegen, gibt es im Bereich der Geschmacksforschung etablierte Methoden der Humansensorik und der instrumentellen Analytik, die eine Objektivierung der genannten chemisch-physikalischen Eigenschaften erlauben. Im vorliegenden Beitrag wird insbesondere auf die Aromastoffe von Obst und Gemüse eingegangen, da diese anerkanntermaßen den Hauptbeitrag zum Flavour liefern.

Die Qualitätsanforderungen an Obst und Gemüse sind vielfältig und widersprüchlich

In den letzten 50 Jahren hat es entscheidende Veränderungen in der Art und Weise des Anbaus, der Ernte, der Lagerung und des Absatzes von Obst und Gemüse gegeben. Die Pflanzenzüchtung hat mit der Erzeugung neuer Sorten reagiert, die in ihren Eigenschaften an die veränderten Bedingungen bei den Erzeugern sowie den Groß- und Einzelhändlern angepasst sind, z. B.:

- höherer Ertrag, Resistenz,
- hervorragendes Aussehen,
- bessere Lagerfähigkeit (Wyllie 2008).

Wegen der Besonderheiten und Komplexität des Merkmals Geschmack wurde in den Züchtungszielen dieser Eigenschaft jedoch nicht immer die erforderliche Aufmerksamkeit geschenkt.



Abb. 1 Qualitätsanforderungen am Beispiel der Erdbeere

Im Abbildung 1 sind einige der wichtigsten Qualitätsparameter für Erdbeeren zusammengefasst, die für die jeweilige Klientel von vorrangiger Bedeutung sind. Das für den Verbraucher prioritäre Merkmal Geschmack besitzt aber für Produzenten, Handel oder die verarbeitende Industrie nicht unbedingt die gleiche hohe Rangigkeit. So sind beispielsweise in den nationalen oder EU-Handelsnormen fast ausschließlich äußere Qualitätsmerkmale festgeschrieben.

Der immer wieder vermutete antagonistische Zusammenhang zwischen gutem Erscheinungsbild oder hoher Lagerfähigkeit und gutem Geschmack ist inzwischen auch wissenschaftlich belegt. Beispielsweise haben Tomatensorten mit höherem Ertrag geringere Konzentrationen an Zuckern, Säuren und Aromastoffen (Goff and Klee 2006). Für die besonders in Nordamerika bevorzugte Apfelsorte Red Delicious konnte eine negative Korrelation zwischen der Intensität der roten Schalenfarbe und der Aromastoffsynthese nachgewiesen werden (Fellman, Miller et al. 2000).

In der Pflanzenzüchtung kann der Trichtereffekt zu einer Verringerung der Aromastoffgehalte führen

Die oben genannten Veränderungen der Inhaltsstoffe in neuen Sorten sind ein Aspekt der in der Pflanzenzüchtung auftretenden sog. genetischen Erosion oder des Trichtereffektes (Ulrich, Olbricht et al. 2008). Die Konzentration der Pflanzenzüchter auf Ertragsparameter oder äußere Merkmale hat bei vielen Kulturarten zu einer Verringerung der genetischen Vielfalt in Kultursorten geführt (Goff and Klee 2006, Aharoni, Giri et al. 2004, Ulrich, Komes et al. 2007). Dass diese Erosion auch die sensorisch wichtigen Aroma-Schlüsselkomponenten betreffen kann, wurde erstmals an Kulturerdbeeren nachgewiesen (Ulrich, Hoberg et al. 1997). Abbildung 2 zeigt die Aromaprofile von zwei Erdbeersorten. Die in den 1920er Jahren gezüchtete Sorte Mieze Schindler mit ihrem exzellenten, an Walderdbeeren erinnernden Aroma ist der Hochleistungssorte Elsanta gegenübergestellt. Im Aromaprofil der modernen Sorte sind sensorische Schlüsselkomponenten wie die Fruchtester verarmt. Der für das Walderdbeeraroma verantwortliche Ester Methylantranilat fehlt in der Sorte Elsanta vollständig. Vergleichbare Veränderungen der Inhaltsstoffe werden inzwischen auch für andere Kulturarten diskutiert. Durch die immer stärkere Urbanisierung unserer Gesellschaft hat schon heute die Mehrheit unserer Bevölkerung niemals die Chance, wirklich frische Produkte aus Kleingärten oder lokalen Märkten zu kosten oder die Vielfalt unterschiedlicher Sorten einer Kulturart zu erfahren. Die möglicherweise mit den inhaltsstofflichen Veränderungen verbundenen Probleme für eine gesunde Ernährung werden nachfolgend diskutiert.

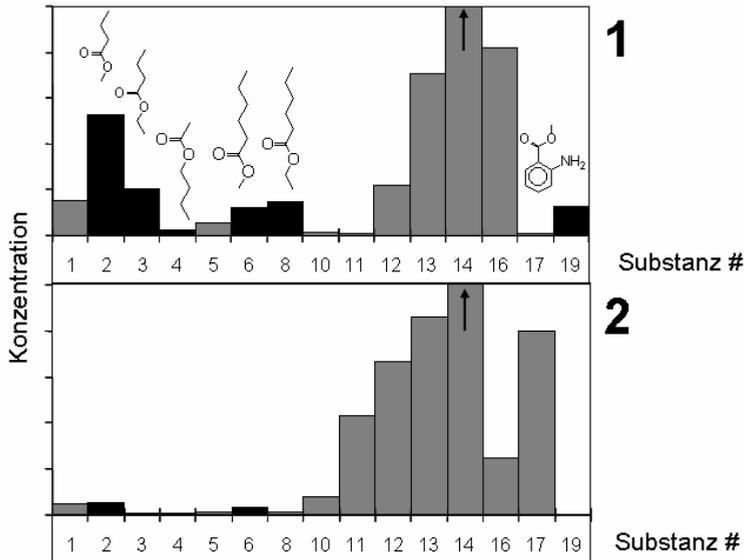


Abb. 2 Aromaprofile einer alten und einer modernen Erdbeersorte in einem dreijährigen Anbauversuch. 1 - Mieze Schindler, 2 - Elsanta. Die Substanznummern 2, 3, 4, 6, und 8 sind Fruchtester der Acetate, Butanoate und Hexanoate mit frisch-fruchtigen Geruchsnoten. Substanz 19 ist Methylanthranilat mit einem typischen Walderdbeegeruch.

Aromastoffe besitzen neben ihrem Geruch vielfältige wichtige Bioaktivitäten

Aromastoffe sind chemische Substanzen mit kleinem Molekulargewicht und hoher Flüchtigkeit, die in der Lage sind, mit den Riechzellen im menschlichen Nasenraum zu interagieren. Üblicherweise werden diese Substanzen in der Aromaforschung lediglich unter zwei Gesichtspunkten gesehen:

- natürliche (genuine) Aromastoffe als wichtigster Bestandteil des Flavours eines Lebensmittels oder
- die Isolierung und Herstellung von Aromen zur „künstlichen“ Aromatisierung.

Obwohl die Beeinflussung bestimmter Denk- und Sinnesleistungen durch Duftstoffe lange bekannt ist, wurde erst in jüngster Zeit auf eine weitere, wichtige Bioaktivität der Aromastoffe aufmerksam gemacht, die mit dem gesundheitlichen Aspekt gutschmeckender Nahrung gekoppelt ist. Offensichtlich haben sich in der langen Koevolution der Menschen mit ihren Nahrungspflanzen die Aromastoffe als Signalstoffe sowohl für den Reifezustand als auch für gesundheitliche und ernährungsphysiologische Eigenschaften herausgebildet (Goff and Klee 2006). Im Stoffwechselsystem des Menschen spielen Aromastoffe vermutlich eine entscheidende Rolle. Sie agieren in der Koordinationszentrale des Gehirns, das Signale der sensorischen Sinne (Aroma, Geschmack, Mundgefühl) und des Verdauungstraktes (Sekretion) gemeinsam verarbeitet. Diese Koordinationszentrale ist das limbische System, das auch für die Ausbildung der Gefühlswelt verantwortlich ist. Hier ergibt sich ein Zusammenhang zum Genusswert auf den weiter unten eingegangen wird. Ein wichtiges Argument für die Signalstoffthese ist die Tatsache, dass Aromastoffe mit einer als angenehm empfundenen Note sowohl sehr niedrige Geruchsschwellenwerte aufweisen (d. h. extrem potente Duftstoffe darstellen) als auch über Biosynthesewege gebildet werden, die ihren Ausgangspunkt in essentiellen Nährstoffen und/oder gesundheitlich vorteilhaften Inhaltsstoffen von Obst und Gemüse haben. In Tabelle 1 sind vier wichtige Aromastoffe mit den zugehörigen Vorstufen angeführt. Beispielsweise wird beta-Ionon in Erdbeeren oder rohen Möhren als angenehm blumiger Aromastoff empfunden, der in der Pflanze aus gesundheitlich wichtigen Vorstufen, den Karotenoiden, gebildet wird. Diese flüchtige Substanz stellt mit einem Geruchsschwellenwert von 0.002 ppb (2 billionstel Volumenanteile in Luft) einen der potentesten Aromastoffe überhaupt dar.

Neben dem gesundheitlichen Aspekt der Aromastoffe wird in der Ernährungswissenschaft natürlich auch der Einfluss des Genusswertes oder des sog. Pleasureeffektes diskutiert. Hier gilt sinngemäß, was der Glücksforscher Warburton (Warburton 1996) publiziert hat: Lustvoll essen ist essentiell für unser Wohlbefinden und damit für unsere Gesundheit!.

Tab. 1 Aromaschlüsselsubstanzen in Obst und Gemüse

Substanz	Geruch	Prekursor	GSW in ppb
<i>cis</i> -3-Hexenal	frisch grün	ungesättigte Fettsäuren	0,25
<i>beta</i> -Ionon	blumig, Veilchen	Karotenoide (Provitamin A)	0,007
2-Methylbutanal	kakaoartig	Isoleucin (essentielle Aminosäure)	1
Phenylacetaldehyd	Blumig, Rose	Phenylalanin (essentielle Aminosäure)	4

GSW: Geruchsschwellenwert in ppb (milliardstel Volumenanteile in Luft)

Die Geschmacksverbesserung von Obst und Gemüse ist eine komplexe Aufgabe

Der mit dem Trichtereffekt einhergehende Verlust an Vielfalt in unserer Nahrung kann neben den diskutierten Einflüssen auf unser Wohlbefinden und die Gesundheit langfristig natürlich auch einen Einfluss auf unsere Ernährungsgewohnheiten haben. Im DGE-Ernährungsbericht 2008 (N.N. 2008) wird die sog. perinatale Programmierung oder metabolische Prägung diskutiert. Langfristig wird es eine „Gewöhnung“ an die sensorisch mangelhaften Eigenschaften unserer Nahrung geben, die mit ihrem suboptimalen Inhaltsstoffprofil dauerhaft natürlich auch einen Beitrag zur Fehlernährung (die insgesamt aber einen weitaus komplexeren Prozess darstellt) liefern könnte. Die Geschmacksverbesserung von Obst und Gemüsesorten gehört damit zu einer dringend gebotenen Aufgabe.

Die Bereitstellung von besser schmeckendem Obst und Gemüse für die Verbraucher auch in bequemer Form (convenient food) und zu erschwinglichen Preisen kann zu einem erhöhten Verbrauch dieser gesunden Nahrungsmittel beitragen (Kader 2008). Zur Erreichung dieser Ziele ist verstärkt Forschung und Entwicklung unter anderem in den nachfolgend aufgeführten Bereichen erforderlich:

- a) Pflanzenzüchtung. Die Grundlage für die Qualität unserer pflanzlichen Produkte, einschließlich der Inhaltsstoffprofile, wird im Prozess der Pflanzenzüchtung gelegt (Ulrich 2008). Der Züchter bestimmt letztendlich mit den von ihm realisierten Zuchtzielen den Charakter der Produkte, im Extremfall für Jahrzehnte. So rechnet man in der Apfelsortenzüchtung mit einer Zyklusdauer von mindestens 30 Jahren, bei Erdbeere etwa 8 bis 10 Jahre. Die meisten der Geschmackscharakteristika (Flavours), die wir in Nahrungspflanzen bevorzugen, finden wir heute in alten Sorten, die aber für eine landwirtschaftliche Großproduktion ungeeignet sind (Alston 1992). Deshalb sollten die Geschmacksprofile alter exzellent schmeckender Sorten als Zuchtziel für moderne Sorten herangezogen werden, die dann Sorten mit schlechter Geschmacksqualität ersetzen können.

Wertvolle Geschmacksmerkmale können durch Einkreuzung von Wildarten in Kultursorten erhalten werden (Ulrich, Olbricht, and Staudt 2008). Allerdings sind die Wildarten selbst, entgegen der üblicherweise romatisierenden Erinnerung an den Verzehr wilder Früchte, sensorisch nicht optimal (Ulrich, Komes, Olbricht, and Hoberg 2007). So weisen Wilderdbeeren zwar ein intensives Aroma auf, sind darüber hinaus aber bitter oder adstringierend. Das harmonische Zucker/Säureverhältnis der Kulturerdbeere wurde erst durch Selektion erzielt. Ähnliches gilt für Kulturmöhren, deren Wildformen zwar hohe Konzentrationen an gesundheitlich positiven Terpenen und Bitterstoffen aufweisen aber sensorisch schlichtweg ungenießbar sind.

- b) Züchtungsbegleitende Analytik. Für die meisten Kulturarten sind die Profile der geschmacksbestimmenden Substanzen bevorzugter (alter) Sorten bisher nicht ausreichend untersucht. Hier gibt es Bedarf an analytischer Forschung im Bereich der Aroma- und Geschmacksstoffe in Hinsicht auf die Belange der Pflanzenzüchtung. Instrumentelle und humansensorische Methoden müssen für die Besonderheiten des Züchtungs- und Ausleseprozesses optimiert werden (Hoberg, Quilitzsch et al. 2004; Hoberg and Ulrich 2008). Fortschritte der modernen Aromaforschung im Bereich der Molekularbiologie wie die Kartierung von sensorischen Merkmalen kann eine markergestützte Selektion auf guten Geschmack, insbesondere bei sehr langandauernden Zuchtprogrammen wie Apfel, unterstützen (Dunemann, Ulrich et al. 2009).

- c) Vor- und Nachertetechnologie. Kulturpraktiken und Nacherteprozesse müssen zusätzlich zu Parametern wie Ertrag auch auf die Entwicklung und Erhaltung des Aromas optimiert werden. Es müssen Technologien entwickelt werden, die es gestatten, Früchte zu einem optimalen Reifezeitpunkt zu ernten und zu vermarkten. Die Haltbarkeitsdauer (shelf life) sollte auch anhand des Geschmacks anstelle allein über das Erscheinungsbild bestimmt werden.

Literatur

- Aharoni, A., Giri, A. P., Verstappen, F. W. A., Berteau, C. M., Sevenier, R., Sun, Z. K., Jongsma, M. A., Schwab, W., and Bouwmeester, H. J., 2004: Gain and loss of fruit flavor compounds produced by wild and cultivated strawberry species. *Plant Cell* **16**, 3110-3131.
- Alston, F. H., 1992: Flavour Improvement in Apples and Pears Through Plant Breeding. In: Patterson R.L.S., B. V. Charlwood, G. MacLeod, and A. A. Williams (eds.), *Bioformation of Flavours*, Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- Dunemann, F., Ulrich, D., Boudichevskaia, A., Grafe, C., and Weber, W. E., 2009: QTL mapping of aroma compounds analysed by headspace solid-phase microextraction gas chromatography in the apple progeny 'Discovery' x 'Prima'. *Molecular Breeding* **23**, 501-521.
- Fellman, J. K., Miller, T. W., Mattinson, D. S., and Mattheis, J. P., 2000: Factors that influence biosynthesis of volatile flavor compounds in apple fruits. *Hortscience* **35**, 1026-1033.
- Goff, S. A. and Klee, H. J., 2006: Plant volatile compounds: Sensory cues for health and nutritional value? *Science* **311**, 815-819.
- Hoberg, E., Quilitzsch, R., Schütze, W., Ulrich, D., und Schulz, H., 2004: Gesunde Lebensmittel müssen schmecken: Neue Ansätze für die Pflanzenzüchtung. *ForschungsReport* (4), 4-8.
- Hoberg, E. und Ulrich, D., 2008: Proposal for a flavour standard - Sensory profiles of European White Asparagus *officinalis L. cultivars*. *Acta Horticulturae* **776**, 239-245.
- Jones, R. A. and Scott, S. J., 1983: Improvement of Tomato Flavor by Genetically Increasing Sugar and Acid Contents. *Euphytica* **32**, 845-855.
- Kader, A. A., 2008: Perspektive. Flavor quality of fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **88**, 1863-1868.
- N.N., 2008: DGE Ernährungsbericht 2008 DGE-MedienService.
- Schreiner, M., Schonhof, I., und Krumbein, A., 2000: Bioaktive Substanzen im Gemüse. Eine neue Dimension der Produktqualität. *Forschungsreport* (1), 36-37.
- Sturm, K., Koron, D., and Stampar, F., 2003: The composition of fruit of different strawberry varieties depending on maturity stage. *Food Chemistry* **83**, 417-422.
- Ulrich, D., Hoberg, E., Rapp, A., and Kecke, S., 1997: Analysis of strawberry flavour - discrimination of aroma types by quantification of volatile compounds. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung Und-Forschung A-Food Research and Technology* **205**, 218-223.
- Ulrich, D., Komes, D., Olbricht, K., and Hoberg, E., 2007: Diversity of aroma patterns in wild and cultivated *Fragaria* accessions. *Genetic Resources and Crop Evolution* **54**, 1185-1196.
- Ulrich, D., Olbricht, K., und Staudt, G., 2008: Von der langwierigen Kunst, Erdbeeren zu mehr Aroma zu verhelfen. *Obstbau* **33** (5), 261-263.
- Ulrich, D., 2008: Fruit and vegetable flavour improvement by selection and breeding: possibilities and limitations. In: *Fruit and vegetable flavou. Recent advances and future prospects*. Ed. Brückner, B., Wyllie, S., Woodhead Publishing Ltd. Cambridge, UK, S. 167-178.
- Warburton, D. M., 1996: The functions of pleasure. In *Pleasure and Quality of Life*. Chichester: John Wiley and Sons.
- Wyllie, S., 2008: Flavour quality of fruit and vegetables: are we on the brink of major advances? In: *Fruit and vegetable flavou. Recent advances and future prospects*. Ed. Brückner, B., Wyllie, S., Woodhead Publishing Ltd. Cambridge, UK, S. 3-10.