

# Aromastoffe der Erdbeere - Vielfalt und Kreativität der Natur

DETLEF ULRICH

Julius Kühn-Institut  
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen  
Institut für ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz  
D-06484 Quedlinburg, Erwin-Baur-Straße 27  
E-Mail: detlef.ulrich@jki.bund.de

*In entwickelten Gesellschaften werden pflanzliche Nahrungsmittel zum überwiegenden Teil aus kultivierten Arten gewonnen, der Anteil von Wildarten an der menschlichen Ernährung ist dagegen marginal. Seit Jahrtausenden betreibt der Mensch eine mehr oder weniger gezielte Selektion hin zu Pflanzentypen, die seinen ganz spezifischen Bedürfnissen entsprechen. Die Versorgung mit Obst und Gemüse rund ums Jahr ist heutzutage dank moderner Sorten, Anbau-, Ernte-, Lager- und Verarbeitungstechnik selbstverständlich. Trotzdem ist ständige Kritik der Verbraucher an der Qualität der gehandelten Ware ebenso allgegenwärtig. Bereits 1992 bemerkte ALSTON sinngemäß, dass die meisten der heutzutage in pflanzlichen Produkten geschätzten Aromen („Flavours“) seit langer Zeit bekannt und am besten in alten Sorten repräsentiert sind, die für die kommerzielle Großproduktion ungeeignet sind (ALSTON, 1992). Wie ist dieser Widerspruch zu erklären, wenn in Umfragen der Geschmack eines Lebensmittels zu den kaufentscheidenden Qualitätsparametern gezählt wird (IFAV, 2001) oder man sogar bereit ist, für besseren Geschmack mehr zu bezahlen (SCHREINER et al., 2000)? Ist es wissenschaftlich nachweisbar, dass moderne Sorten eine schlechtere sensorische Qualität aufweisen als alte Landsorten oder Wildarten?*

**Schlagwörter:** Erdbeere, Sorten, Selektion, Aromastoffe, sensorische Qualität

*Flavours of strawberry - diversity and creativity of nature. In developed societies plant foods are derived predominantly from cultivated species, the proportion of wild species in the human diet, however, is marginal. For thousands of years mankind has been selecting plant types more or less systematically to match very specific needs. The supply of fruits and vegetables all year round is taken for granted today due to modern varieties and technologies for cultivation, harvesting, storage and processing. Nevertheless, constant criticism of the consumer about the quality of traded goods is just as ubiquitous. Back in 1992 Alston remarked, in substance, that most of the nowadays appreciated flavours in plant products have been known for a long time and are found to be the best in old varieties, which are unsuitable for commercial large-scale production (Alston, 1992). How can this contradiction be explained, if in surveys it is stated, that taste is a decisive parameter in buying decisions (IFAV, 2001) and people are even willing to pay more for better flavour (Schreiner et al., 2000)? Is there any scientific evidence that modern varieties display poorer sensory quality than old rural varieties or wild species?*

**Keywords:** strawberry, varieties, selection, flavours, sensory quality

In Erdbeeren wurden bisher über 360 verschiedene flüchtige Inhaltsstoffe nachgewiesen (LATRASSE, 1991). Etwa 20 bis 30 dieser Substanzen (ULRICH et al., 1997; OLBRICHT et al., 2006) haben in den bisher untersuchten Sorten und Arten einen Einfluss auf die Wahrnehmung durch den menschlichen Geruchssinn (so genannte Aroma-Schlüsselsubstanzen). Die Gruppe der identifizierten Substanzen bildet damit nur einen verschwin-

dend kleinen Anteil der im Pflanzenreich vermuteten über 200000 Sekundärmetabolite, von denen in einer Einzelpflanze bis zu 20000 verschiedene Strukturen vorhanden sein könnten (SCHRIPEMA, 2010). Die Substanzklasse der flüchtigen Inhaltsstoffe zeichnet sich dabei durch eine Vielzahl unterschiedlicher Bioaktivitäten aus, die mit Eigenschaften, wie Aroma, Stress, Resistenz und Signalübertragung, verknüpft sind. Im vorlie-

genden Beitrag wird am Beispiel der Erdbeere ein Überblick über Problematik der Aromastoffe und deren Diversität im Zusammenhang mit der Domestikation und der Sortenzüchtung gegeben.

### Von der Wildart zur Sorte - Veränderung der Aromamuster

Die Erdbeere ist eine der begehrtesten Früchte weltweit. Schon mittelalterliche Kunstwerke zeigen (wilde) Erdbeeren als göttliche Frucht (FRAENGER, 2006). Die Kulturerdbeere, wie wir sie kennen, entstammt einer spontanen Kreuzung und nachfolgenden Zuchtprogrammen, die am Ende des 18. Jahrhunderts vorgenommen wurden. In dieser Zeit kam es wahrscheinlich in einem botanischen Garten zu einer so genannten spontanen Hybridisierung der „Chile-Erdbeere“ (*Fragaria chiloensis* (L.) MILL.) und der „Scharlacherdbeere“ (*Fragaria virginiana* MILL.) aus Nordamerika (DARROW, 1966). Die moderne Kulturerdbeere existiert also erst seit etwa 250 Jahren. Die resultierende Hybride *Fragaria x ananassa* Duch. erbt von ihren Eltern zwei positive Eigenschaften: die Großfrüchtigkeit der Chile-Erdbeere und die rote Farbe in Kombination mit dem intensiven und angenehmen Aroma der Scharlacherdbeere. Bis in die heutige Zeit haben Pflanzenzüchter eine Vielzahl von Sorten aus der Kombination dieser zwei Arten geschaffen. Weltweit werden in Genbanken etwa 1000 Sorten erhalten. Man schätzt, dass alle heutigen Kulturerdbeersorten auf eine ganz geringe Anzahl

von nativen Klonen der oben genannten Hybridisierung zurückgehen. Die Mehrheit der Gene in modernen Sorten scheint aus nur sieben Kern- und zehn cytoplasmatischen Quellen zu stammen. Die natürliche Vielfalt der Gattung *Fragaria* ist damit in den Kultursorten allerdings weitgehend verloren gegangen (HANCOCK, 2002; HANCOCK, 2010).

Allgemein gelten Wilderdbeeren als der Inbegriff eines guten, erdbeertypischen Aromas. Für gutschmeckende (alte) Sorten wird beispielsweise in Katalogen oft die sensorische Beschreibung „wie Walderdbeere“ als sehr positive und erwünschte Eigenschaft verwendet. Einer wissenschaftlichen Untersuchung halten die Beschreibungen des Geschmacks von Wilderdbeeren allerdings nicht stand, da sie meist individuellen, teils romantisch verklärten Einzelerlebnissen entstammen. Eine systematische sensorische Bewertung von Wilderdbeeren ist bisher nicht publiziert. In Tabelle 1 sind wichtige sensorische Parameter einer modernen Kultursorte und von vier Wildarten aus Europa und Nordamerika zusammengestellt (ULRICH et al., 2006). Die Wildarten werden vom Verkosterpanel zwar als intensiv aromatisch beschrieben, sind jedoch stets von negativen Eindrücken begleitet, wie den Empfindungen „adstringierend“ oder „bitter“. Ein ausgeglichenes Zucker/Säure-Verhältnis und angenehmes Mundgefühl gibt es dagegen nur bei der Kultursorte. Tabelle 2 gibt auszugsweise die Ergebnisse von Aromaanalysen wieder. Die Zusammenstellung zeigt die Gehalte der terpenoiden Aroma-

Tab. 1: Sensorische Charakterisierung von Erdbeer-Wildarten und einer Kultursorte

Genotyp	<i>F. x ananassa</i> 'Elsanta' A	<i>F. virginiana</i> 'W9' B	<i>F. vesca</i> 'Geising' C	<i>F. vesca</i> f. <i>alba</i> D	<i>F. moschata</i> 'Cotta' E
<i>Geschmack</i> <i>und</i> <i>Mundgefühl</i>	süß, harmonisch, harmonisches Zucker/Säure- Verhältnis	mittelmäßig süß, sauer adstringierend	süß, wenig Säure, bitter, adstringierend, mehlig	wenig Zucker, fade	süß, adstringierend
<i>Pronasaler</i> <i>und retronasaler</i> <i>Geruch</i>	mittelmäßig aromatisch, fruchtig, grün	intensiv aromatisch, frisch-fruchtig, süßlich	intensiv aromatisch, süß-blumig wie Veilchen, herb, Karamel, leicht seifig	sehr intensives Aroma, schwer süßlich, blumig wie Jasmin, frisch-grün, rote Johannisbeere, parfümartig	sehr intensives Aroma, süß-blumig wie Melone und Himbeere, grün, animalisch, käsig, moderig, wie Milch

Tab. 2: Ergebnisse der Aromaanalytik mittels Flüssigextraktion bei Erdbeere

Nr. <sup>3</sup>	Substanz	CAS- Nummer	Relative Konzentration <sup>1</sup> / Genotype <sup>2</sup>				
			A	B	C	D	E
1	Terpinen	99-85-4	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2	Linalool	78-70-6	0.45	4.63	0.13	0.15	0.18
3	Myrtenal	23727-16-4	0.04	0.00	0.00	0.00	0.20
4	Myrtenylacetat	1079-01-2	0.00	0.00	0.76	0.54	0.95
5	p-Menth-1-en-8-ol	98-55-5	0.24	0.45	0.83	0.00	0.47
6	Myrtenol	515-00-4	0.00	0.00	0.89	0.26	3.58
7	Nerol	106-25-2	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
8	Nerolidol	7212-44-4	0.14	0.91	0.00	0.00	0.00
	Summe aller Aromastoffe		23.40	50.64	74.13	50.96	166.93
	Summe der Ester		5.63	18.19	11.31	17.85	32.41
	Summe der Terpene		1.01	6.71	3.71	2.32	7.90
	Aromatyp <sup>4</sup>		2b	2a	1a	1a	1a

stoffe in den vier Wilderdbeerarten und der Kultursorte, die Summe von insgesamt 119 analysierten flüchtigen Substanzen, die Summe der wertgebenden Fruchtester und die Summe der acht Aromastoffe, die der Stoffgruppe der Terpene angehören. Terpene sind universelle sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe, die in der Pflanze unterschiedliche Aufgaben erfüllen, wie Abwehr von Schädlingen, Attraktion und Abwehr von Tieren u. v. m.. Sensorisch erzeugen viele Terpene angenehme Geruchseindrücke, wie „blumig“, „balsamisch“ und „citrusartig“. In hohen Konzentrationen wirken sie „terpentinartig“, „krautig“, „kratzig“, „adstringierend“ und „bitter“. In Übereinstimmung mit den sensorischen Ergebnissen wurden in den Wildarten Terpenegehalte gefunden, die das zwei- bis achtfache der Kultursorte betragen. Betrachtet man das Beispiel Erdbeere stellvertretend für anderes Obst, kann man feststellen, dass durch den menschlichen Einfluss in Form einer gezielten Selektion über einen langen Zeitraum aus den Wildformen neue Pflanzentypen entstanden, die für die Menschen „angenehme“ sensorische Eigenschaften aufweisen: süßer Geschmack und mildes Aroma. Negative Eigenschaften, wie „bitter“ und „adstringierend“, wurden minimiert. Diese Veränderungen sind beim Vergleich von Kultursorten humansensorisch und analytisch an den Aromamustern feststellbar (ULRICH, 1997). Was diese Modifikationen, neben den Veränderungen in den geschmacklichen Eigenschaften, für die Vitalität der Pflanze, die Resistenzeigenschaften und den Gesundheitswert bedeuten, ist bisher nicht systematisch untersucht.

### Der Trichtereffekt - Verengung des Gen-Pools

Nach mehrjährigen Untersuchungen an über 70 Kulturerdbeersorten und Wildarten konnten genetisch manifestierte Unterschiede in den Aromamustern zwischen alten Kultursorten und modernen Hochleistungssorten gefunden werden (ULRICH et al., 1997). In Abbildung 1 sind die Aromamuster für 19 Schlüsselverbindungen in zwei Kulturerdbeersorten dargestellt. Die Sorte 'Mieze Schindler' wurde in den Zwanzigerjahren von Prof. SCHINDLER in Dresden gezüchtet (OLBRICHT und ULRICH, 2006). Diese Sorte hat den Ansturm von modernen Hochleistungssorten für den kommerziellen Anbau trotz vieler ungünstiger Eigenschaften (geringer Ertrag, weiche Früchte) in ostdeutschen Kleingärten überlebt. Sie gilt allgemein als der Standard für exzellenten Erdbeergeschmack. Zwischen dem Aromamuster der Hochleistungssorte 'Elsanta' und dem der Sorte 'Mieze Schindler' gibt es signifikante Unterschiede im Gehalt an kurzkettigen Fruchtestern und dem Ester Methylantranilat. Fruchtester erzeugen fruchtige, frische Aromaeindrücke, während Methylantranilat einen intensiv süßlich-blumigen Geruch aufweist, wie er auch für die heimische Walderdbeere (*Fragaria vesca* L.) typisch ist.

Offensichtlich stellen die gefundenen inhaltsstofflichen Veränderungen einen Aspekt der genetischen Erosion oder des sog. genetischen Trichtereffekts dar (ENIGL und KOLLER, 2003; AHARONI et al., 2004; Goff und Klee, 2006). Es ist bekannt, dass durch die Verdrängung traditioneller Sorten (Landsorten, Lokalsorten) eine

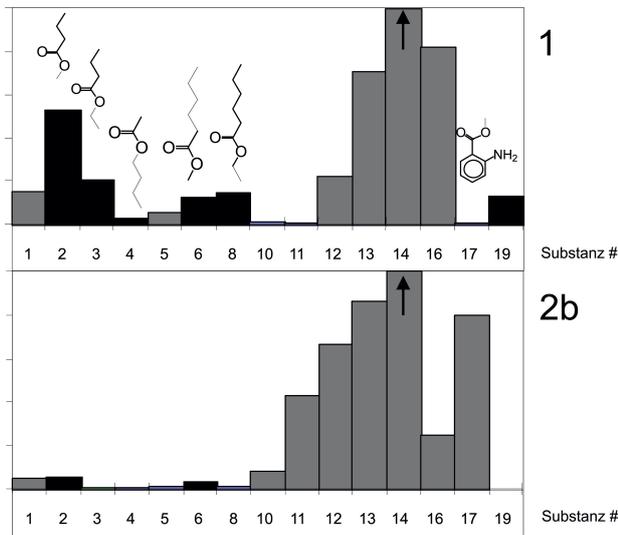


Abb. 1: Gegenüberstellung der Aromamuster einer alten Erdbeersorte (oben: 'Mieze Schindler') und einer Hochleistungssorte (unten: 'Elsanta'); Ordinate: relative Konzentration; Abszisse: Aromaschlüsselsubstanzen; der Aromatyp entspricht der Nomenklatur in ULRICH (1997).

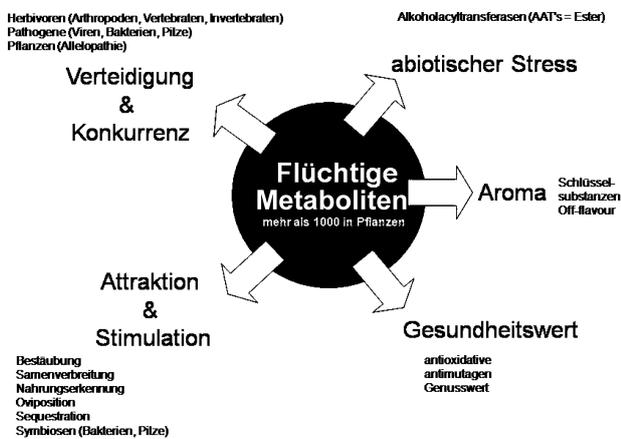


Abb. 2: Netzwerk der Bioaktivitäten von flüchtigen Metaboliten in Pflanzen

Erosion wichtiger genetischer Merkmale und damit eine Verengung des Genpools auftreten können. Dieser Effekt betrifft offensichtlich auch sensorisch bedeutende Merkmale wie die Aromamuster. Dass mit dem Verlust von Aromastoffen auch andere wichtige Eigenschaften beeinflusst werden, kann am Beispiel von zwei Substanzen exemplarisch gezeigt werden. Für Methylantranilat ist eine starke Abwehreibensfähigkeit gegen

Tierfraß, insbesondere Vögel, nachgewiesen worden (NOLTE et al., 1993). Das Terpen Linalool mit seinem angenehmen, blumigen Duft hat darüber hinaus antifungizide Eigenschaften (HAMMER, 2003). Die Bioaktivitäten der flüchtigen Metaboliten sind in ein komplexes Netzwerk von Funktionen in der Pflanze eingebunden, die schematisch (und unvollständig) in Abbildung 2 dargestellt sind. Während sich für Wildpflanzen im Verlauf der Evolution ein Optimum für das jeweilige Ökosystem einstellen konnte, sind bei Kulturpflanzen Formen entstanden, die in der freien Natur nicht überlebensfähig sind. Dieser Umstand spiegelt sich u. a. in den veränderten Metabolitprofilen wider. Für die integrierte Betrachtung von Inhaltsstoffprofilen in Hinblick auf Ertrag, Aroma, Stress und Resistenz besteht derzeit dringender Forschungsbedarf.

### Moderne Zuchtstrategien für gut schmeckende Sorten

In Abhängigkeit von der gesellschaftlichen Entwicklung ändern sich auch die Ziele der Pflanzenzüchtung. Jahrzehntlang war der Ertrag das herausragende Zuchtziel. Erst später kamen Gesichtspunkte wie die Resistenz gegen Schaderreger hinzu. Die sensorische Qualität gilt allgemein als extrem schwierig zu bearbeiten und wird deshalb in der Praxis bei vielen Kulturarten mehr oder weniger zufällig und in sehr späten Stadien in den Selektionsprozess mit einbezogen. Mehrere Spezifika der Pflanzenzüchtung haben bisher die breite und systematische Anwendung des Selektionsmerkmals „guter Geschmack“ verhindert (HOBERG et al., 1997):

- Das Merkmal Geschmack (oder richtiger „Flavour“) ist in den meisten Fällen ein polygenes Merkmal und wird dementsprechend durch komplizierte Vererbungsgesetzmäßigkeiten bestimmt.

- Die Pflanzenzüchtung ist ein komplexer Prozess, der neben wissenschaftlicher Arbeitsweise auch Intuition vom Züchter verlangt. Beispielsweise müssen in der Erdbeerzüchtung bis zu 70 verschiedene Parameter zum Optimum geführt werden. Außerdem generieren Zuchtprogramme extrem große Pflanzenanzahlen, die in einer begrenzten Kulturperiode bewertet werden müssen.
- Pflanzenzüchtung arbeitet mit Einzelpflanzen, so dass die bereitstehende Materialmenge sehr klein sein kann.

Insbesondere die beiden letzten Charakteristika verhindern die Anwendung der humansensorischen Prüfung mit einem Panel und die Anwendung klassischer chemischer Analysenverfahren. Im JKI wurden deshalb

spezielle Schnellmethoden der Aromanalytik entwickelt, die im Zuchtprozess anwendbar sind. Die Aromamuster von Erdbeeren, Äpfeln, Weinreben, Möhren und Petersilie wurden bereits durch Anwendung einer sog. nicht-zielgerichteten (holistischen) Analytik effektiv bestimmt (ULRICH et al., 2005; ULRICH et al., 2006). Die Methode ist ein Komplex aus Gaschromatographie, gekoppelt mit einer Headspace-Festphasen-Mikroextraktion als Cleanup (HS-SPME-GC) und chemometrischer Datenauswertung (Mustererkennung). In der Erdbeerzüchtung des JKI wird diese Methode seit dem Jahr 2001 eingesetzt.

Um dem Trichtereffekt entgegenzuwirken, werden in der Erdbeerzüchtung genetische Ressourcen genutzt, indem verstärkt Wildarten als Kreuzungspartner eingesetzt werden (OLBRICHT et al., 2006). Durch die Einbeziehung der chinesischen Wildart *Fragaria mandschurica* Staudt in ein Kreuzungsprogramm konnten beispielsweise Zuchtstämme erzeugt werden, deren Früchte neuartige Aromamuster aufweisen und deren Aromastoffgehalt den der Kulturerdbeere um den Faktor fünf übertreffen. Die Analyse der Vererbung wichtiger Aromastoffe ermöglicht eine in Hinblick auf wertvolle Aromamuster gezielte Auswahl von Kreuzungspartnern.

### Fazit

Die Verfügbarkeit geeigneter Sorten ist die Voraussetzung für die Erzeugung pflanzlicher Nahrungsmittel mit hoher sensorischer Qualität. In einem 250-jährigen Selektionsprozess hat man Erdbeersorten mit angenehmen sensorischen Eigenschaften selektiert. Bei der Schaffung von Hochleistungssorten durch die moderne Pflanzenzüchtung besteht jedoch auch die Gefahr, wichtige sensorische Eigenschaften durch Konzentration auf äußere Qualitätsparameter und die Einengung des Genpools zu verlieren. Die Komplexität moderner Zuchtstrategien erfordert deshalb die Einbeziehung geeigneter Methoden der Humansensorik und der instrumentellen Analytik als Selektionshilfe.

### Literatur

- AHARONI, A., GIRI, A.P., VERSTAPPEN, F.W.A., BERTEA, 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 (11), 3110-3131.
- ALSTON, F.H. 1992: Flavour Improvement in Apples and Pears Through Plant Breeding. In: Patterson, R.L.S. et al. (Eds.), *Bioformation of Flavours*, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 33-41.
- DARROW, G.M. 1966: *The Strawberry*. Holt, Rinehart and Winston, New York, CHICAGO, San Fransisco- p. 73-84.
- ENIGL, M. and KOLLER, B. 2003: Kulturpflanzenvielfalt. Arche Noah. Schiltern bei Langenlois, p. 27.
- FRAENGER, W. 2006. Hieronymus Bosch: Philo Verlagsgesellschaft. Hamburg
- GOFF, S.A. and KLEE, H.J. (2006) Plant volatile compounds: Sensory cues for health and nutritional value? *Science* 311 (2), 815-819.
- HABEGGER, R. and SCHNITZLER, W.H. 2005: Aroma compounds of coloured carrots (*Daucus carota* L. ssp. *sativus* Hoffm.). *J. Appl. Botany and Food Quality* 79, 130-135.
- HAMMER, K.A., CARSON, C.F. and RILEY T.V. 2003: Antifungal activity of the components of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil. *Journal of Applied Microbiology* 95 (4), 853-60.
- HANCOCK, J.F., FINN, C.E., LUBY, J.J., DALE, A., CALLOW, P.W. and SERCE, S. 2010: Reconstruction of the Strawberry, *Fragaria x ananassa*, Using Genotypes of *F. virginiana* and *F. chiloensis*. *HoertScience* 45 (7), 1006-1013
- HANCOCK, J.F., LUBY, J.J., DALE, A., CALLOW, P.W., SERCE, S. and EL-SHIEK, A. 2002: Utilizing wild *Fragaria virginiana* in strawberry cultivar development. *Euphytica* 126, 177-184.
- HOBERG, E., PANK, F. and ULRICH, D.: 1997. Qualitätsforschung und -analytik als Beitrag zur Züchtungsforschung und Züchtung an landwirtschaftlichen und gärtnerischen Kulturen. *Beiträge zur Züchtungsforschung*, 3 (1), 1-10.
- HOBERG, E., ULRICH, D., BAUER, D. and QUILITZSCH, R. 2006: Quality of old and new carrot cultivars from ecological cultivation. In: Bredie, W. and Petersen M.A. (Eds.): *Flavour Science. Recent Advances and Trends*. Elsevier B. V. pp 545-548.
- IFAV: Institut für angewandte Verbraucherforschung (2001): *Verbraucherverhalten und Lebensmitteleinkauf. Recherche des IFAV, Köln, im Auftrag für den Bundesverband der Verbraucherzentralen und Verbraucherverbände (bvzv)*. Berlin)
- LATRASSE, A. 1991: Fruits. In: Maarse, H. (Ed.). *Volatile Compounds in Foods and Beverages*. Marcel Dekker, Inc. New York, pp. 333-344.
- NOLTE, D. L., MASON, J. R. and CLARK, L. 1993: Nonlethal Rodent Repellents - Differences in Chemical-Structure and Efficacy from Nonlethal Bird Repellent. *Journal of Chemical Ecology* 19(9), 2019-27.
- OLBRICHT, K. and ULRICH, D. 2006: Erdbeeren. Züchtungs begleitende Aromaanalysen. *Obstbau* 30, 15-17.
- OLBRICHT, K., GRAFE, C., WEISS, K. and ULRICH, D. 2008: Inheritance of aroma compounds in a model population of *Fragaria 'ananassa* Duch.. *Plant Breeding* 127, 87-93.
- OLBRICHT, K., ULRICH, D. and DATHE, B. 2006: Cross breeding with accessions of *Fragaria chiloensis* resulting in selections with outstanding disease resistance and fruit quality characteristics. *Acta Hort.* 708, 507-509.
- SCHRIPSEMA, J. 2010: Application of NMR in Plant Metabolomics: Techniques, Problems and Prospects. *Phytochemical Analysis* 21(1), 14-21.
- SCHREINER, M., SCHONHOF, I., and KRUMBEIN, A. 2000: Bioaktive Substanzen in Gemüse. *Forschungsreport 1 (Heft 21)*, S. 36-37.
- ULRICH, D., HOBERG, E., RAPP, A. and KECKE, S. 1997: Analysis of strawberry flavour - discrimination of aroma types by analysis of volatile compounds. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 205, 218-223.

- ULRICH, D., HOBERG, E. and OLBRICHT, K. 2005: Flavour as target in fruit breeding. In: Hofmann, T., Rothe, M., Schieberle, P. (Eds.): State-of-the-art in Flavour Chemistry and Biology. Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, München, 262-266.
- ULRICH, D., KOMES, D., OLBRICHT, K. and HOBERG, E. 2007: Diversity of aroma patterns in wild and cultivated strawberry accessions. *Genet Resour Crop Evol.* 54 (6) 1185-1196.
- ULRICH, D., NOTHNAGEL, T., STRAKA, P., QUILTZSCH, R. and HOBERG, E. 2006: Heritability studies of aroma compounds in carrots using rapid GC methods. In: Bredie, W. and Petersen M.A.: Flavour Science. Recent Advances and Trends. Elsevier B. V. 2006, 53-56.