

 SpringerWienNewYork

S. Krist, G. Buchbauer, C. Klausberger

Lexikon der pflanzlichen Fette und Öle

Mit Beiträgen von
J. König, S. Biladt, B. Ellinger, S. Strugger, M. Wall

SpringerWienNewYork

Univ.-Ass. Mag. Dr. Dr. Sabine Krist
Universität Wien, Österreich

Univ.-Prof. Mag. Dr. Gerhard Buchbauer
Universität Wien, Österreich

Mag. pharm. Carina Klausberger
Universität Wien, Österreich

Gedruckt mit Unterstützung des Bundesministeriums
für Wissenschaft und Forschung in Wien.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

© 2008 Springer-Verlag/Wien

Printed in Germany

Springer-Verlag Wien New York ist ein Unternehmen von

Springer Science + Business Media

springer.at

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buch berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Produkthaftung: Sämtliche Angaben in diesem Fachbuch/wissenschaftlichen Werk erfolgen trotz sorgfältiger Bearbeitung und Kontrolle ohne Gewähr. Insbesondere Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden. Eine Haftung des Autors oder des Verlages aus dem Inhalt dieses Werks ist ausgeschlossen.

Umschlagbild: Franz Krist, Heidrun Unterweger

Abbildungen im Buch: Reinhard Länger, Anton Weber, Franz Krist, Werner Huber,
Eliot Masters.

Satz: PTP-Berlin Protago-TeX-Production GmbH, ptp-berlin.eu

Druck: Strauss GmbH, 69509 Mörlenbach, Deutschland

Gedruckt auf säurefreiem, chlorfrei gebleichtem Papier – TCF

SPIN: 12088997

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-211-75606-5 SpringerWienNewYork

Für Lydia und Patricia

VORWORT

Die vorliegende Arbeit, in der 95 fette Pflanzenöle, Wachse und pflanzliche Fette aus allen Erdteilen aus naturwissenschaftlicher Sicht beschrieben werden, entstand am Department für klinische Pharmazie und Diagnostik der Universität Wien unter Mitarbeit von Sigrid Biladt, Bruno Ellinger, Silvia Strugger und Mona Wall sowie am Department für Ernährungswissenschaften der Universität Wien, Univ. Prof. Dr. Jürgen König. Das breit gefächerte Spektrum dieses umfassenden Nachschlagewerks reicht von bekannten und viel verwendeten Ölen, wie Olivenöl, Sonnenblumenöl, Maiskeimöl oder Erdnussöl bis zu weniger bekannten, wie Kiwisamenöl, Tomatenkernöl, Paprikakernöl oder Ootangaöl. Besonderes Augenmerk wurde in dieser Arbeit auf die flüchtigen Inhaltsstoffe, die Aromen, und die Zusammensetzungen der Öle bezüglich Fettsäuremuster, Sterolgehalt und Tocopherolgehalt gelegt. Um eine möglichst genaue und professionelle Qualitätsbeschreibung der Aromen zu erhalten, wurden viele der in diesem Buch beschriebenen Öle einer sensorischen Beurteilung durch Flavouristen, Aromachemiker und Parfumeure unterzogen. So war es möglich, auch jene Öle, die bislang in der Literatur nicht ausreichend erwähnt wurden, bezüglich dieser Charakteristika zu beschreiben. Hervorgehoben wurden neben den charakteristischen Merkmalen jedes Öls, wie seinem Aussehen, der Farbe, seine Inhaltsstoffe, dem Geruch und dem Flavour, auch dessen Verwendung und Anwendungsbereiche. Hierzu zählen die Pharmazie und Medizin, die Kosmetik, die Technik und zum Teil auch die Verwendung als Speiseöl. Manche fette Pflanzenöle haben nicht nur einen positiven Nutzen, sondern können unter Umständen auch unerwünschte Wirkungen hervorrufen. Auf solche möglichen Begleiterscheinungen wurde ebenfalls Rücksicht genommen. Bei der Beschreibung der 95 fetten Pflanzenöle/Fette wurde zur Vervollständigung auch auf die jeweilige Stammpflanze, deren Anbau und auf die Gewinnung der Öle eingegangen.

Die Autoren bedanken sich bei den Flavouristen Dr. Reiner Gottfried, Isolde Tomann (beide Fa. ESAROM, Oberrohrbach), Dr. Reinhild Eberhardt und bei den Parfumeuren Wolfgang Höppner, Volker Hausmann (beide Fa. Symrise, Wien) und H.J. Wenzl (Fa. Firmenich, Wien) für die sensorische Beurteilung der Ölproben.

Wien, im März 2008

INHALT

Einleitung	1
1. Definitionen	1
2. Historisches	2
3. Die Gewinnung pflanzlicher Öle und Fette aus heutiger Sicht	3
4. Die Reinigung fetter Pflanzenöle und pflanzlicher Fette	5
5. Vorteile von kaltgepresstem Öl	5
6. Nachteile von kaltgepresstem Öl	6
7. Charakter der ausgewählten pflanzlichen Öle	7
8. Physikalische und chemische Kennzahlen	9
9. Haltbarkeit und Lagerung	10
10. Anwendung pflanzlicher fetter Öle	11
11. Die wichtigsten Bestandteile fetter Pflanzenöle	18
Pflanzliche Öle und Fette	25
Acajuöl	25
Ackersenöl	30
Affenbrotbaumöl	34
Ajowanaöl	39
Algenöl	42
Andirobaöl	48
Aprikosenkernöl	51
Arganöl	56
Avellanaöl	62
Avocadoöl	65
Babassuöl	70
Balanitesöl	74
Baumwollsaatöl	76
Behenöl	82
Borretschsamenöl	89
Bucheckernöl	94
Calophyllumöl	97
Catappaöl	100
Chaulmoograöl	103
Chufaöl	107
Cupuacubutter	111
Distelöl	113
Erdnussöl/Afrikan. Erdnussöl	120
Espartowachs	128
Fenchelöl	131
Fulwatalg	134
Granatapfelkernöl	136
Hagebuttenöl/Wildrosenöl	140

Hanföl	142
Haselnussöl	148
Illipefett	155
Japantalg	160
Jatropha-curcas-Samenöl	163
Johannisbeersamenöl	167
Johanniskrautöl	174
Jojobaöl/Jojobawachs	178
Kaffeebohnenöl	184
Kakaobutter	188
Kapoköl	195
Karnaubawachs	197
Karottenöl	201
Kiwiöl	205
Kokosnussöl	208
Kokumbutter	214
Korianderöl	217
Krotonöl	221
Kukuinussöl	225
Kümmelöl	227
Kürbiskernöl	230
Leindotteröl	237
Leinsamenöl	243
Lorbeeröl	251
Macadamiaöl	254
Macassaröl	258
Madiaöl	260
Maisöl	263
Mandelöl	269
Mangokernöl	275
Marulaöl	279
Mohnöl	282
Mowrahbutter	289
Myricawachs	294
Nachtkerzenöl	297
Niemöl	303
Nigeröl	308
Oiticaöl	313
Olivenöl	317
Ootangaöl	327
Palmkernöl/Palmöl	330
Paprikakernöl	337
Paranussöl	340
Passionsfruchtsamenöl	344
Pekannussöl	348
Perillaöl	353

Petersiliensamenöl	360
Pfefferöl	364
Pfirsichkernöl	367
Pinienöl/Pinienkernöl	370
Pistazien(kern)öl	376
Rapsöl	380
Reiskeimöl	387
Ricinusöl	391
Sanddornöl/Sanddornfruchtfleischöl	396
Schwarzkümmelöl	404
Sesamöl/Sesamöl aus gerösteter Saat	408
Sheabutter	420
Sojaöl	428
Sonnenblumenöl	434
Stillingiatalg/Stillingiaöl	441
Teesamenöl	446
Tomatenkernöl	450
Tungöl	453
Walnussöl	457
Weintraubenkernöl	464
Weizenkeimöl	470
Farbabbildungen	477
Verzeichnis der Abkürzungen	505
Literaturverzeichnis	507
Bildnachweis	527

EINLEITUNG

1. DEFINITIONEN

Pflanzliche Fette

Fette und fette Öle sind Tri-Ester des dreifachen Alkohols Glycerin mit verschiedenen, überwiegend geradzahligen und unverzweigten aliphatischen Monocarbonsäuren (Fettsäuren). Es handelt sich um neutrale Verbindungen. Der von der IUPAC¹ empfohlene Name für diese Verbindungsklasse ist Triacylglycerine. Die Fettsäuren der natürlichen Fette sind fast ausnahmslos unverzweigt mit einer geraden Anzahl von C-Atomen, welche sich meist im Rahmen von 4–26 Kohlenstoffatomen bewegt. In den pflanzlichen Fetten sind die primären Hydroxylgruppen an den C-Atomen 1 und 3 des Glycerols im Allgemeinen mit gesättigten Fettsäuren verestert, während die Position 2 mit einer ungesättigten Fettsäure besetzt ist. Eine Ausnahme ist das Kokosfett², das wie ein tierisches Fett ein nahezu vollständig gesättigtes Fett darstellt (Hunnius 2004, S. 574 – Ulmer 1996, S. 25).

Die Fette unterscheiden sich maßgeblich in ihrer Konsistenz. Der Schmelzpunkt der Fette hängt von der Natur ihrer Fettsäuren ab. Fette mit einem hohen Grad an ungesättigten Fettsäuren sind bei Raumtemperatur flüssig, solche mit einem hohen Grad an gesättigten Fettsäuren fest oder halbfest. Fette Öle, die bei Raumtemperatur einen flüssigen Aggregatzustand aufweisen, werden entsprechend ihrer unterschiedlichen Tendenz zur autokatalytischen Oxidation in Gegenwart von Sauerstoff in trocknende (Lein- und Mohnöl), halbtrocknende (Erdnuss- und Rapsöl) und nicht trocknende (Olivenöl) Öle unterteilt (Hunnius 2004, S. 574).

Die Bezeichnung „fette Öle“ ist die gebräuchliche Bezeichnung in der Pharmazie und dient der Unterscheidung von ätherischen Ölen. In der Ernährungswissenschaft werden in der Regel die Begriffe „Fett“ für bei Raumtemperatur feste Triacylglycerine und „Öl“ für flüssige Triacylglycerine verwendet. In diesem Lexikon wird im Weiteren der Begriff „Öle“ verwendet.

Wachse

Wachse sind Gemische von Einfach-Estern höherer Fettsäuren (16 bis 36 C-Atome) mit höheren, meist gleich langen, einwertigen Alkoholen. Wachse sind Stoffe, die durch ihre mechanisch-physikalischen Eigenschaften definiert werden, da ihre chemische Zusammensetzung sehr variabel sein kann. Ein Stoff wird als Wachs bezeichnet, wenn er bei 20° C knetbar, fest bis brüchig hart ist, eine grobe bis feinkristalline Struktur auf-

¹ IUPAC = International Union of Pure and Applied Chemistry; im Jahr 1919 gegründet mit dem Ziel, die weltweite Kommunikation der Chemiker untereinander zu fördern, einheitliche Bezeichnungen und verbindliche Empfehlungen zu Nomenklatur, Symbolen usw. festzulegen (iupac.org/16.01.07).

² siehe S. 208 ff.

weist, über 40° C ohne Zersetzung schmilzt, ohne Fäden zu ziehen und eine stark temperaturabhängige Konsistenz und Löslichkeit aufweist (Fleischhacker 2002 – Hunnius 2004, S. 1607).

2. HISTORISCHES

Schon seit dem frühen Altertum werden aus fettreichen Pflanzen, Früchten und Samen Öle gewonnen, und bereits so lange schon werden solche Öle nicht nur für die Zubereitung des Essens verwendet, sondern auch in der Medizin und in besonderer Weise zur Massage und Hautpflege. Archäologische Funde aus Babylonien und Ägypten zeigen, dass schon vor rund 6000 Jahren Menschen Öl aus Pflanzen gewonnen haben (Roth/Kormann 2000, S. 14).

Das Olivenöl, das besonders reich an wertvollen Inhaltsstoffen ist, war viele Jahrhunderte lang die wichtigste Fettquelle der Völker der Antike. Auch den Persern, Syrern, Hebräern und den Römern war die Frucht des Olivenbaums ein wichtiges Nahrungsmittel und so wurden schon früh verschiedenste Verfahren zur Gewinnung des Öls entwickelt (Ulmer 1996, S. 11).

Die Ernte der Oliven begann im September und Oktober bevor die Früchte vollständig reif waren indem man mit langen Stangen an den Ästen schüttelte. In Griechenland und Italien wurden vielfach große Tücher unter den Bäumen ausgebreitet, um das Einsammeln der Oliven zu erleichtern. Schon in der Antike hat man das Öl mit fortschreitender Erkenntnis nach verschiedenen Methoden gewonnen. Um Öl bester Qualität zu erhalten, vermied man es, die Oliven direkt zu pressen. Die Ernte wurde einfach in einen Korb gelegt, aus dem das Öl tropfenweise in einen Behälter fiel (Tropföl) (Roth/Kormann 2000, S. 14). Bei einer anderen Methode wurden die Oliven in einen kuppelförmigen Raum aus Felsgestein gefüllt, der an der Unterseite mit einem Loch versehen war, aus dem das Öl abfließen konnte. In beiden Fällen wurden die Oliven durch ihr Eigengewicht gepresst (Roth/Kormann 2000, S. 14).

Eine weitere Vorgehensweise war, die Früchte mit heißem Wasser zu übergießen. Dabei setzte sich das Öl an der Oberfläche ab. Auch diese Methode lieferte ein Öl erster Güte und es wurde für die Lampen in den Heiligtümern verwendet. Es diente auch zur Zubereitung von Opfertagen und wurde für Salbungen in Flaschen oder Krüge gefüllt. Eine Weiterentwicklung dieser Technik durch die Römer war die Ölmühle „mola olearia“. Man gab die Oliven in ein flaches Gefäß und rollte einen zylinderförmigen Stein hin- und her, der die Oliven zerquetschte. Das ausgetretene Öl lief durch eine Rinne in der Wand ab und wurde in einem weiteren Gefäß aufgefangen. Ein Verfahren, das verbessert heute noch in ländlichen Ölmühlen üblich ist (Roth/Kormann 2000, S. 14 – Ulmer 1996, S. 9).

In der Antike führte man auch Pressungen mit Hilfe von Holzbalken durch. Wahrscheinlich waren die Griechen die Erfinder dieser Methode. Um 1500 v. Chr. wurden auf Kreta und auf den Kykladeninseln solche Olivenpressen verwendet. Die Balkenpresse arbeitet nach dem Hebelprinzip (Roth/Kormann 2000, S. 14), bei der die in Körbe gefüllten Oliven unter den mit Steinen beschwerten Balken vollständig ausgepresst wurden. Das ausgepresste Öl-Wasser-Gemisch sammelte man in großen unterirdischen Zisternen und lagerte es solange ungestört, bis sich die feinen Schwebestoffe und Fremdstoffe

am Boden absetzen. Nach dem Absetzen wurde die untere wässrige Phase abgelassen und das grünlich-gelbe, vitaminreiche Öl mit der Bezeichnung „Jungferöl“ blieb übrig (Ulmer 1996, S. 9). Wichtig war, die wässrige Flüssigkeit vollständig abzutrennen, da sie den bitteren Stoff Oleurpein enthielt, der den guten Geschmack des Olivenöls verdarb. Nach dieser ersten Kaltpressung führte man später durch Zugabe von heißem Wasser, in dem das Fruchtfleisch nochmals eingeweicht wurde, eine zweite oder sogar dritte Pressung durch, wobei aber die Qualität des Öls mit jeder Pressung geringer wurde (Roth und Kormann 2000, S. 14).

Auch als religiöses Symbol ist der Olivenbaum von Bedeutung: die Bibel berichtet, dass die Taube, die nach der Sintflut zur Arche Noah heimkehrte, einen Zweig des Olivenbaums im Schnabel trug. Der Olivenbaum hatte die Flut überdauert und so wurden der Ölweig und die Taube zu einem Symbol der Hoffnung und des Friedens (Ulmer 1996, S. 11).

3. DIE GEWINNUNG PFLANZLICHER ÖLE UND FETTE AUS HEUTIGER SICHT

Pflanzliche Fette und Öle werden aus den Samen oder Früchten von verschiedenen Pflanzenarten gewonnen. Bei der Gewinnung von Pflanzenölen kommt es vor allem darauf an, eine maximale Ausbeute bei weitgehender Erhaltung der natürlichen Qualitätseigenschaften zu erreichen. Grundsätzlich unterscheidet man bei der Ölerstellung zwischen Kaltpressung und Extraktion. Bei der Kaltpressung wird das entsprechende Grundprodukt, zum Beispiel Oliven, Kürbiskerne, Walnüsse, zu einem Brei zermahlen. Dies geschieht unter behutsam-mechanischem Druck, bei relativ niedrigen Temperaturen zwischen 40° C und 60° C. Hierbei entsteht ein hochwertiges, naturbelastetes Öl. Für den Verbraucher ist es an den Bezeichnungen „nativ“, „kaltgepresst“ oder „unraffiniert“ erkennbar (Löw 2003, S. 79f, Kerschbaum 2001, S. 1 – Lawson 1995, S. 49f). Heute werden die pflanzlichen Fette und Öle hauptsächlich durch die zwei Methoden der Pressung und der Extraktion gewonnen (Roth/Kormann 2000, S. 18):

Pressung

Die Pressung ist die am häufigsten angewendete Methode. Das zerkleinerte Saatgut wird in hydraulischen Pressen, bei primitiverer Fabrikation auch in einfachen Keilpressen, gepresst. Der Pressvorgang wird meistens in mehreren Stufen vorgenommen. Die Ölsaaten werden im Allgemeinen zunächst ohne Zufuhr von Hitze gepresst. Diese erste Pressung gibt das wertvollste Speiseöl. Nach der kalten Pressung wird die Ölsaate angewärmt und zum zweiten Mal gepresst. Bei dieser Pressung gelangen aber Stoffe in das Öl, die seine Farbe, seinen Geruch und seinen Geschmack ungünstig beeinflussen können. Der Vorteil der Warmpressung besteht jedoch darin, dass das Öl dünnflüssiger wird, die Eiweißstoffe gerinnen und Schleimstoffe und Pflanzengummi zum größten Teil ausfallen. Die warme Pressung ist besonders wichtig bei Ölen und Fetten, die Bestandteile mit einem höheren Schmelzpunkt haben. Auch viskose Öle werden durch Wärmezufuhr dünnflüssiger und können somit leichter abgetrennt werden. Ein ent-

scheidender Faktor ist auch, dass bei der warmen Pressung die Ölausbeute um 5–8 % höher ist, als bei der kalten Pressung (Roth/Kormann 2000, S. 18).

Maschinen zur Kaltpressung pflanzlicher Öle

Offene Pressen

Diese sind nur noch bei der Gewinnung von Olivenöl gebräuchlich. Das Pressen erfolgt diskontinuierlich, die Olivenölpulpe wird auf mit Filtertüchern belegte Rahmen ausgebreitet, die anschließend gestapelt werden. In der Mitte des Rahmens ragt ein perforierter Zapfen nach oben, durch den das Olivenöl ablaufen kann. Der benötigte Druck wird mittels eines hydraulischen Kolbens erzeugt (Löw 2003, S. 84).

Geschlossene diskontinuierliche Pressen

Diese Pressen werden heute nur noch zur Gewinnung von Ölen eingesetzt, die in kleinen Mengen hergestellt werden. Zu ihnen zählen Seiherpressen, Kasten-, Trog- und Topfpressen. Sie bestehen aus entsprechenden Gefäßen, in denen ein Stempel Druck auf das Pressgut ausübt. Das Öl wird beim Pressen über Siebböden und Kanäle abgeleitet (Löw 2003, S. 84).

Geschlossene kontinuierliche Pressen

Diese Pressen werden hauptsächlich zur Gewinnung von naturbelassenen oder kaltgepressten Pflanzenölen verwendet. Eingesetzt werden Stempelpressen zur Gewinnung von zum Beispiel Mohnöl oder Leindotteröl, sowie Schneckenpressen, in deren horizontalen Gang die Presswelle in der Form einer Schnecke eingebaut ist. Um den Druck im Laufe des Durchgangs des Pressmaterials zu erhöhen und um den Druckverlust zu kompensieren, verjüngt sich der Durchmesser des Schneckenganges in Förderichtung. Die Schnecke besteht normalerweise aus mehreren Segmenten verschiedener Steigung und Form. Dadurch kann die Schneckenpresse den unterschiedlichen Saaten angepasst werden. Durch die hohen Drucke entstehen Temperaturen bis zu 170° C. Üblich sind Temperaturen um 100° C. Nur wenn erheblich kleinere Ölausbeuten in Kauf genommen werden, kann bei Temperaturen unter 60° C gepresst werden (Löw 2003, S. 85).

Extraktion

Die Extraktion der zerkleinerten Samen erfolgt mit Hilfe von Lösungsmitteln. Als Lösungsmittel für die Extraktion wurden früher Schwefelkohlenstoff, Benzol, Tetrachlorkohlenstoff und Trichlorethylen, sowie Benzin eingesetzt. Da diese Lösungsmittel teilweise giftig und potentiell krebserzeugend sind, wird heute fast ausschließlich Hexan verwendet. Der Vorteil des Extraktionsverfahrens besteht vor allem darin, dass die Ausbeute an dem betreffenden Öl höher ist als bei Pressverfahren. Es hat aber den Nachteil, dass das Lösungsmittel schwer aus dem Öl wieder entfernt werden kann und dass dadurch der Flavour und die Qualität des Öls beeinträchtigt werden. Durch die neueren Raffinationsverfahren ist es jedoch möglich, auch extrahierte Öle so zu reinigen, dass sie sich im Flavour nicht von den gepressten Ölen unterscheiden (Roth/Kormann 2000, S. 14).

4. DIE REINIGUNG FETTER PFLANZENÖLE UND PFLANZLICHER FETTE

Da einige Rohfette auch unerwünschte Geruchs-, Geschmacks- und Farbstoffe enthalten, werden diese einer Reinigung und Raffination unterzogen. Raffinierte Fette sind also gereinigte Fette, die entsäuert, desodoriert, entfärbt und gedämpft werden. Diese Fette und Öle werden durch Behandeln mit Alkalien raffiniert, wobei die freien Säuren gebunden und durch nachfolgendes Waschen dem Öl entzogen werden. Auch mit Glycerin können Öle verestert und dadurch entsäuert werden. Um eine störende Farbe bestimmter Öle zu entfernen, werden diese mit festen Adsorptionsmitteln, wie Aluminiumsilikaten oder Aktivkohle, entfärbt. Eine im Vakuum durchgeführte Wasserdampfdestillation trennt unerwünschte Aromastoffe ab. Durch die Raffination wird ein Teil der natürlich im Öl vorkommenden, ungesättigten Fettsäuren in gesättigte Fettsäuren umgewandelt. Viele Fettbegleitstoffe, wie die Vitamine A und E oder Lecithin, werden ebenfalls durch die Raffination aus dem Öl entfernt. Zudem werden aber auch Schadstoffe wie Pestizide, Schwermetalle und Schimmelreste entfernt (Roth/Kormann 2000, S. 18).

Raffinierte Öle sind generell weitgehend geruchs- und geschmacklos. Kaltgepresste Öle weisen oft einen Eigengeruch und eine bestimmte Eigenfarbe auf. Die Vorteile von raffinierten Ölen liegen in der besseren Lagerungsfähigkeit, längeren Haltbarkeit und einer höheren Hitzeverträglichkeit. Allerdings werden durch die Raffination, im Gegensatz zur Kaltpressung, wertvolle Geschmacks- und Inhaltsstoffe, wie zum Beispiel Vitamine, Carotinoide oder Mineralstoffe, zerstört. Deshalb gelten allgemein naturbelassene, kaltgepresste Öle als qualitativ hochwertiger (Lawson 1995, S. 49f – Kerschbaum 2001, S. 4).

Flüssige Öle können durch Hydrierung ihrer Doppelbindungen sowie durch Umesterung und Fraktionierung oder auch durch Abtrennung von niederschmelzenden Fraktionen in feste Fette übergeführt werden. Dieser Vorgang wird als Fetthärtung bzw. als Elaidinierung bezeichnet und ergibt gehärtete Fette, die z.B. zur Margarineherstellung verwendet werden können (Hunnius 2004, S. 574). Bei diesem Prozess können unter Umständen auch trans-Fettsäuren entstehen, also ungesättigte Fettsäuren mit einer trans-Konfiguration an den entsprechenden Doppelbindungen. Trans-Fettsäuren werden derzeit in Hinblick auf ihre ernährungsphysiologische Wirkungen kontrovers diskutiert, im Allgemeinen werden sie jedoch wie gesättigte Fettsäuren beurteilt.

5. VORTEILE VON KALTGEPRESSTEM ÖL

Schon Hippokrates forderte eine Umstellung der Ernährung auf kaltgepresste und somit naturreine Öle zur Erhaltung der Gesundheit (Ulmer 1996, S. 7).

Kaltpressverfahren führen dem Ausgangsmaterial bei der Ölgewinnung keine Hitze zu und bilden somit eine interessante Alternative zu herkömmlichen Pressverfahren, da es gegenüber den natürlichen wertvollen Begleitstoffen des Öls weniger schädlich ist. Außerdem benötigt man bei der Kaltpressung keine organischen Lösungsmittel, das Öl bleibt chemisch unbelassen. Zudem ist eine weitere Zugabe von synthetischen Antioxi-

dantien nicht nötig, da kaltgepresste Öle noch einen hohen Anteil an natürlichen Antioxidantien enthalten, die ebenfalls positiv die Gesundheit beeinflussen können (Parker et al. 2003).

Kaltgepresste Öle werden im Allgemeinen nach der Pressung nicht mehr raffiniert. Dadurch bleiben zum einen wertvolle Fettbegleitstoffe erhalten und zum anderen entstehen bei der Kaltpressung jene Abbauprodukte erst gar nicht, die bei den heißgepressten Ölen durch Raffination wieder entfernt werden müssen. Die so gewonnenen Öle enthalten viele wertvolle Inhaltsstoffe, wie hochwertige Fettsäuren, aber auch Fettbegleitstoffe, wie Wachse, Enzyme, β -Carotin, Lecithin, Vitamin E und verschiedene sogenannte sekundäre Pflanzenstoffe, wie Phytosterole, denen vielfältige positive Wirkungen zugeschrieben werden. β -Carotin verleiht einigen kaltgepressten Ölen ihre charakteristische, leicht rötliche Farbe. Kaltgepresste Öle haben einen charakteristischen Eigengeschmack und Geruch, sowie auch eine eigene Farbe. Ihre Eigenschaften sind geprägt von der Ursprungspflanze und können, abhängig von Anbaugesbiet, Erntezeit und Klima variieren.

6. NACHTEILE VON KALTGEPRESSTEM ÖL

Der Nachteil von kaltgepressten Ölen ist, dass diese noch Fettabbauprodukte und Rückstände von Pflanzenschutzmitteln, Schwermetallen und polyzyklischen Kohlenwasserstoffen, die bei raffinierten Ölen entfernt werden, enthalten können. Deshalb dürfen bestimmte Grenzwerte bei den Rohstoffen nicht überschritten werden, so dass keine Gesundheitsgefahr von diesen Ölen ausgeht. Die meisten kaltgepressten Öle sind aufgrund ihres hohen Gehalts an mehrfach ungesättigten Fettsäuren und anderen Inhaltsstoffen nicht sehr hitzestabil, das heißt, dass beim Erhitzen schädliche Zersetzungsprodukte entstehen können. Es entstehen zum Beispiel bei längerem Erhitzen der mehrfach ungesättigten Linolensäure schädliche Substanzen, sogenannte HNEs (4-hydroxy-trans-2-nonenale). Werden sie zu stark erhitzt, können die durch Abbauprozesse entstehenden HNEs im Körper die Zellen schädigen und unter anderem das Risiko für Herz- und Kreislauferkrankungen, sowie auch für Lebererkrankungen und Krebs erhöhen. Zum Braten bzw. Frittieren bei hohen Temperaturen sind Pflanzenöle mit einem hohen Anteil an einfach bzw. mehrfach ungesättigten Fettsäuren nicht geeignet. Wenn Temperaturen von mehr als 200° C erreicht werden, kommt es zur Umwandlung der ungesättigten Fettsäuren in gesättigte Fettsäuren. Wird das Öl noch weiter erhitzt, kommt es zur Spaltung der Fettsäuren in Glycerin und freie Fettsäuren. Das Glycerin wird bei weiterem Erhitzen in das gesundheitsschädliche Acrolein umgewandelt, was durch einen stechenden Geruch des Fettes deutlich wird. Aus diesem Grund sollten Öle nie so hoch erhitzt werden, dass Rauch aufsteigt. Da kaltgepresste Öle sehr leicht ranzig werden, ist ihre Haltbarkeit sehr beschränkt. Sie müssen lichtgeschützt an einem kühlen Ort aufbewahrt und rasch verbraucht werden. Für Babys im ersten Lebensjahr, deren Verdauungssystem noch nicht ausgereift ist, sind kaltgepresste Öle wegen der vielfältigen Inhaltsstoffe und eventueller Rückstände nicht zu empfehlen. Zur Zubereitung von Babykost sollte man nur raffinierte Öle verwenden, da diese immer noch wichtige Fettsäuren und auch relativ viel Vitamin E enthalten, weil dieses nach der Reinigung dem Öl wieder zugefügt wird (Parker et al. 2003).

7. CHARAKTER DER AUSGEWÄHLTEN PFLANZLICHEN ÖLE

Unter dem Charakter eines fetten Pflanzenöls versteht man dessen Farbe, Geruch und Flavour. Der Charakter liefert auch entscheidende Hinweise auf die Qualität eines Öls. Ist ein Öl sowohl farb- als auch geruchlos, ist dies ein Hinweis darauf, dass es wahrscheinlich raffiniert ist und somit eine hohe Hitzebeständigkeit hat und zum Braten und Frittieren geeignet ist, jedoch kaum gesundheitsfördernde Inhaltsstoffe enthält. Zudem ist das Aroma eines der wichtigsten Beurteilungskriterien nicht nur für die Qualität, sondern auch für die Identität und Reinheit eines Öls (Krist et al. 2006 [3]). Aus diesem Grund wird in der folgenden Arbeit auch auf die flüchtigen Bestandteile der 95 ausgewählten pflanzlichen Öle, soweit diese in der Literatur beschrieben sind, eingegangen.

Bei der Beurteilung des Charakters eines Pflanzenöls spielen sowohl die menschliche Sensorik, wie auch instrumentelle Analytik eine Rolle.

Grundbegriffe der Sensorik

Sinneseindrücke werden durch den Gesichts-, den Geruchs-, den Geschmacks-, den Gehör- und den Tastsinn, einschließlich des Temperatur- und Schmerzsinnes, vermittelt. Bei der Charakterisierung einer Substanz, z.B. eines Lebensmittels, entsteht ein oraler Gesamtsinneseindruck, der mit dem Wort „Flavour“ bezeichnet wird. Flavour umfasst somit das Aroma, den Geschmack und die Tastempfindung. Der Begriff „Aroma“ beschreibt den Geruchseindruck, der vor oder beim Verzehr von Lebensmitteln auftritt, während „off-Flavour“ eine Abweichung vom gewohnten Flavour, die z. B. durch Verderbserscheinungen oder durch das Verpackungsmaterial entstehen, beschreibt und die als unangenehm empfunden werden. Das Zusammenwirken der verschiedenen Faktoren bei der Bildung von „Aroma“ und „Flavour“ ist in Abbildung I dargestellt (Blum 1999, S. 1–19 – Lawson 1995, S. 318ff – Jellinek 1979, S. 31):

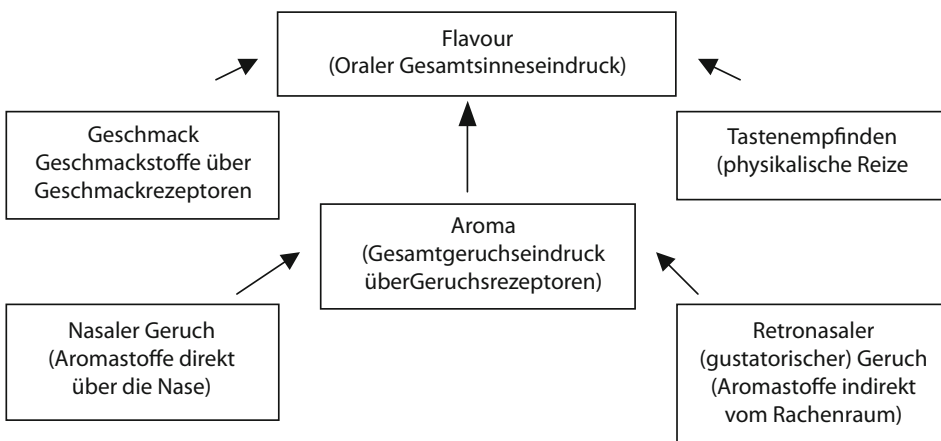


Abb. I. Flavour und Aroma (nach Blum 1999, S. 19)

Sensorische Bewertung pflanzlicher Öle – Verriechung

Eine große Anzahl der hier besprochenen fetten pflanzlichen Öle wurde bezüglich ihrer Aromakomponenten im Rahmen der zugänglichen Literatur noch nicht beschrieben. Um die dadurch entstehenden Lücken zu schließen, fanden am Institut für Pharmazeutische Chemie der Universität Wien Verriechungen dieser Öle statt. Die Öle wurden nach steigender Geruchsintensität geordnet und anschließend von Spezialisten (Flavouristen, Parfumeuren und Aromachemikern) verrochen. Dabei wurde der gesamte olfaktorische Eindruck der Öle von den Versuchspersonen bewertet. Das Ergebnis wurde in die Charakterbeschreibung der 95 ausgewählten Öle aufgenommen und unter Punkt 3 jeweils immer an erster Stelle ohne Literaturangabe angeführt.

Instrumentelle Analytik in der Riechstoffforschung

Die Beschreibung des Charakters der pflanzlichen, fetten Öle umfasst die Analyse der leicht flüchtigen Aromastoffe. Für ein komplexes Aroma sind oft bis zu mehrere hundert Verbindungen verantwortlich. Einige pflanzliche Öle sind heute bezüglich ihres „Aromas“ ausführlich erforscht, so z.B. das Olivenöl oder das Kürbiskernöl. Verschiedene Methoden werden in der Forschung angewendet, um die leicht flüchtigen Verbindungen, die den oft typischen Gesamteindruck von Geruch und Geschmack eines Öls bestimmen, zu analysieren (Boucek 1997, S. 30 – Reiners 1997, S. 3ff).

Aromaextraktverdünnungsanalyse (AEVA)

Durch eine Verbindung zwischen Olfaktometrie und Gaschromatographie lassen sich geruchsaktive Substanzen aus der Vielzahl flüchtiger Verbindungen selektieren und somit von aromaunwirksamen Verbindungen unterscheiden. Zur Anwendung kommt hier die sogenannte GC-Sniffing-Technik, die eine Verbindung zwischen Maschine und menschlicher Sensorik darstellt. Hier können auch solche Komponenten durch den Experimentator erfasst werden, die am Detektor kein Signal geben, da die menschliche Nase nicht nur selektiv, sondern für manche Substanzen auch empfindlicher als jeder chemische oder physikalische Detektor ist. Bei der Durchführung der AEVA wird die flüchtige Fraktion schrittweise mit dem Lösungsmittel verdünnt und durch Abriechen des Trägergasstromes analysiert. Das Ergebnis der AEVA hängt somit auch stark von dem Geruchswahrnehmungsvermögen des Experimentators ab. Die AEVA ist ein Auswahlverfahren, das auf diejenigen Aromastoffe hinweist, die primär das Aroma eines Lebensmittels hervorrufen. Auf deren Identifizierung sollte sich die weitere analytische Arbeit konzentrieren (Reiners 1997, S. 114f).

Headspace-Verdünnungsanalyse (HVA)

Bei diesem Analyseverfahren werden sukzessiv halbierte Gasvolumina gaschromatisch/olfaktorisch analysiert. Die HVA ist eine Ergänzung zur AEVA und für potente, leicht flüchtige Aromastoffe besonders geeignet (Reiners 1997, S. 115f).

SPME-GC-MS-Analyse

Aus der heute modernen Aromaanalytik nicht wegzudenken ist das Verfahren der SPME (Solid-Phase-Microextraction), wobei es sich um eine Adsorptions-/Desorptions-technik handelt, die ihren Einsatz zur Anreicherung von flüchtigen und weniger flüch-

tigen Verbindungen direkt aus gasförmigen oder wässrigen Proben findet. Der größte Vorteil dieser Analysemethode besteht in der Möglichkeit des Verzichts auf den Einsatz von Lösungsmitteln. Nach der Anreicherung der Aromastoffe auf der SPME-Faser erfolgt die Analytik mittels Gaschromatographie-Massenspektrometrikopplung (Krist 2002, S. 47ff).

8. PHYSIKALISCHE UND CHEMISCHE KENNZAHLEN

Diese Kennzahlen wurden bereits bevor die modernen Methoden der Fettanalytik (DC, GC und HPLC) bekannt waren zur Identitätsprüfung sowie zur Prüfung auf Veränderungen durch Lagerung, Bearbeitung etc. herangezogen. Folgende Charakteristika werden in der vorliegenden Arbeit behandelt:

- **Dichte:** Die Dichte eines Öls ist das Gewichtsverhältnis gleicher Volumteile des jeweiligen Öls und Wasser (Europäisches Arzneibuch 1976, S. 54).
- **Brechungsindex:** Unter dem Brechungsindex eines Öls versteht man das Verhältnis des Sinus des Einfallswinkels eines Lichtstrahls in Luft zu dem Sinus des Refraktionswinkels des gebrochenen Strahls in dem jeweiligen Öl (Europäisches Arzneibuch 1976, S. 62).
- **Iodzahl:** Sie gibt an wie viel g Iod von 100 g Öl gebunden werden kann. Die Iodzahl steht im Verhältnis zur Zahl der Doppelbindungen in den Fettsäuren und liefert somit ein Maß für den Gehalt an ungesättigten Fettsäuren (Hänsel/Sticher/Steinegger 1999, S. 236).
- **Säurezahl:** Die Säurezahl gibt an, wie viel mg KOH notwendig sind, um die freien Fettsäuren in 1 g fettem Öl zu neutralisieren (Hänsel/Sticher/Steinegger 1999, S. 236).
- **Hydroxylzahl:** Die Hydroxylzahl gibt an, wie viel mg an KOH der Essigsäure, welche bei der Acetylierung von 1 g Fett gebunden wird, äquivalent sind (Hänsel/Sticher/Steinegger 1999, S. 236).
- **Peroxidzahl:** Die Peroxidzahl gibt an, wie viel Peroxid (angegeben in Milliäquivalenten aktivem Sauerstoff) in 1000 g Öl enthalten ist.
- **Verseifungszahl:** Die Verseifungszahl gibt an, wie viel mg KOH notwendig sind, um die in 1 g Öl vorhandenen freien Säuren und Ester zu neutralisieren bzw. zu verseifen, und ist somit ein Reinheitskriterium (Hänsel/Sticher/Steinegger 1999, S. 237).
- **Unverseifbares:** Das Unverseifbare ist der prozentuale Anteil jener Stoffe, welche sich nach dem Verseifen des fetten Öls mit organischem Lösungsmittel extrahieren lassen und bei 105° C nicht flüchtig sind. Dazu gehören Sterole, Tocopherole, Kohlenwasserstoffe (u.a. Squalen) und Triterpenalkohole (Karleskind 1996).
- **Schmelzpunkt:** Der Schmelzpunkt ist jene Temperatur, bei der das Öl von einem festen in einen flüssigen Aggregatzustand übergeht (Europäisches Arzneibuch 1976, S. 45).
- **Erstarrungspunkt:** Der Erstarrungspunkt ist jene Temperatur, bei der die Erstarrung des Öls während eines Temperaturabfalls beginnt (Europäisches Arzneibuch 1976, S. 42).

9. HALTBARKEIT UND LAGERUNG

Die Kenntnis der Haltbarkeit von pflanzlichen fetten Ölen und ihren Lagerungsansprüchen ist bedeutsam im verantwortungsvollen Gebrauch. Schlechte Rahmenbedingungen bei der Aufbewahrung können die Qualität des Öls mindern und zu schnellerem Verderb und zu Ranzidität führen.

Fettverderb

Fette, Öle und fetthaltige Lebensmittel unterliegen naturgemäß einem mehr oder weniger ausgeprägten exogen oder endogen verursachten Verderbnisprozess. Dieser Prozess kann einerseits enzymatisch durch endogene oder mikrobielle Phospholipasen, Lipasen und Lipoxygenasen ausgelöst werden, wesentlicher ist jedoch der autooxidative Verderb. Jene Zeitspanne zu Beginn, in der Oxidationsvorgänge nur langsam stattfinden und das Produkt noch verkehrsfähig ist, wird als Induktionsphase bezeichnet. Diese ist in ihrer Dauer abhängig von der Fettsäurezusammensetzung, der Temperatur und dem Gehalt an Antioxidantien. Nach dem Verbrauch aller Antioxidantien steigen beim autooxidativen Verderb die Sauerstoffaufnahme, und parallel dazu die Konzentration der primären Oxidationsprodukte exponentiell an. Eine Radikalkettenreaktion startet, die Folge sind organoleptische Veränderungen des Produkts, ein Prozess der auch unter „Ranzigkeit“ bekannt ist. Zudem sind Verfärbungen auf Grund diverser Polymerisationsreaktionen möglich. (Herr 2003, S. 3).

Generell kann man den Mechanismus der Autooxidation in drei verschiedene Phasen einteilen (Herr 2003, S. 4):

- Kettenwachstum
- Kettenverzweigung
- Kettenabbruch

Auch das Fettsäuremuster hat einen Einfluss auf die Beständigkeit gegenüber Sauerstoff. Während gesättigte Fettsäuren relativ stabil sind, unterliegen ungesättigte und vor allem mehrfach ungesättigte Fettsäuren verstärkt dem Prozess der Autooxidation. Gefördert wird die Autooxidation vor allem durch Sauerstoff und Energie in Form von Licht oder Wärme. Metallspuren von Eisen, Kupfer oder Mangan führen ebenfalls zu einer deutlichen Verkürzung der Induktionszeit. Schließlich haben auch freie Fettsäuren einen negativen Einfluss auf die Stabilität (Herr 2003, S. 6f).

Lagerung

Die Stabilität eines Öls gegenüber dem Verderb kann durch dunkle und kühle Lagerung einerseits, als auch durch natürliche vorkommende oder zugesetzte Antioxidantien günstig beeinflusst werden. Auch eine Begasung mit inerten Gasen kann die schadhafte Wirkung des Sauerstoffs wirksam unterdrücken (Herr 2003, S. 8).

Die Haltbarkeit der verschiedenen kaltgepressten Öle bei sachgemäßer Lagerung ist dennoch sehr unterschiedlich:

Pflanzenöl	Haltbarkeit in Monaten	empfohlener Lagertemperatur
Distelöl	9	Raumtemperatur (ca. 20° C)
Erdnussöl	12	Raumtemperatur
Hanföl	9	Kühlschrank
Haselnussöl	6	Raumtemperatur
Kürbiskernöl	12	Kühlschrank
Leinöl	1–2	Kühlschrank
Mandelöl	10	Raumtemperatur
Mohnöl	9	kühler Raum
Olivenöl	12	Raumtemperatur
Rapsöl	12	kühler Raum
Sonnenblumenöl	9	Raumtemperatur
Walnussöl	6	Raumtemperatur
Weizenkeimöl	24	Raumtemperatur

Antioxidantien

Als Antioxidantien bezeichnet man jene Substanzen, die in der Lage sind Oxidationsvorgänge zu verzögern und so einer Ranzidität oder anderen negativen Geruchs- und Geschmacksveränderungen entgegenwirken. Antioxidantien werden nach ihrem Wirkungsmechanismus in verschiedene Klassen unterteilt (Herr 2003, S. 8f):

Lebensmittelantioxidantien			
Primäre Antioxidantien		Sekundäre Antioxidantien	
Phenole	Gallate	Sauerstofffänger	Sulfite
	Hydrochinone		Ascorbinsäure
	Butylhydroxyanisol		Ascorbylpalmitat
	Butylhydroxytoluol	Chelatbildner	Lecithin
	Tocochromanole		Zitronensäure

10. ANWENDUNG PFLANZLICHER FETTER ÖLE

Die Anwendungsmöglichkeiten pflanzlicher Öle sind sehr vielfältig. Der Hauptverwendungszweck ist sicherlich ihr Einsatz als Nahrungsmittel, die Öle werden benötigt zum Kochen oder zum Würzen von Speisen. Bei der äußerlichen Anwendung kann man den Bereich der Kosmetik und den der therapeutischen Einreibungen unterscheiden. Man kann Öle direkt als Haut- oder Haarpflegemittel verwenden oder sie als Grundstoff zur Herstellung von kosmetischen Produkten benutzen. Einzelne Öle wirken schmerzlindernd, entzündungshemmend oder zellregenerierend und helfen bei Sonnenbrand, trockener oder fetter Haut und Hautausschlägen, z.B. Avocadoöl oder Weintraubenkernöl. Zudem gibt es noch eine große Anzahl technischer Anwendungsmöglichkeiten, wie z.B. in der Herstellung von Schmiermitteln, Farben und Lacken. Auch die Natur- und Volksheilkunde nutzt pflanzliche Öle. Einige erscheinen dabei als „Allheilmittel“ und werden bei fast jedem menschlichen Gebrechen eingesetzt. In wie weit hier eine

realistische Wirkung erzielt werden kann, wird im Vergleich mit der medizinischen Anwendung der einzelnen Öle deutlich (Kerschbaum 2001, S. 46 – Ulmer 1996, S. 3f – Kircher 2002, S. 84f).

Als Nahrungsmittel

Abgesehen von einigen „Spezialölen“, wie z.B. Ricinusöl oder Sanddornöl, eignen sich die meisten Pflanzenöle als Speiseöl. Dabei überwiegt vor allem bei kalt gepressten Ölen die Anwendung als Salatöl, denn Öle mit einem hohen Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren sollten grundsätzlich nicht erwärmt werden, da dadurch verschiedene Prozesse, z.B. Oxidation, begünstigt werden, die zum Verderb des Öls führen. Manche Öle weisen einen starken Eigenflavour auf, z.B. Borretschöl oder Kürbiskernöl. Diese werden daher bevorzugt zum Würzen von Speisen benutzt. In der Nahrungsmittelindustrie dienen Pflanzenöle unter anderem als Rohstoff zur Margarineherstellung (Kerschbaum 2001, S. 46 – Ulmer 1996, S. 3f – Kircher 2002, S. 84f).

In erster Linie dienen alle Fette und Öle als Energielieferant für den menschlichen Organismus (etwa 9 kcal/g Fett). Fette und Öle sind aber auch ein wichtiger Träger von verschiedenen Fettbegleitstoffen, insbesondere den fettlöslichen Vitaminen (Vitamine A, D, E und K) sowie fettlöslicher Carotinoide und für die Absorption dieser Nährstoffe im menschlichen Magen-Darm-Trakt unerlässlich. Zudem liefern pflanzliche Öle lebensnotwendige mehrfach ungesättigte Fettsäuren, die für die Synthese von einer Vielzahl essentieller Verbindungen des Immunsystems, der Zellmembranen und Steroidhormone benötigt werden.

Fett als Energieträger liefert, unabhängig von seiner pflanzlichen Quelle, wie bereits erwähnt etwa 9 kcal/g bzw. ca 38 kJ/g, wenn alle drei Fettsäuren des Triglycerids in der β -Oxidation abgebaut werden. Hierbei werden aus 100 g Fett 51,4 Mol ATP gebildet, im Gegensatz zu 23,5 Mol beim Abbau von 100 g Glucose bzw. 20,4 Mol von 100 g Protein (Löffler et al 2007). Somit haben Fette die höchste Energiedichte von allen Lebensmitteln und liefern daher unter den üblichen Ernährungsgewohnheiten etwa 40 % der Gesamtenergie. Die Empfehlungen für die Fettzufuhr liegt bei etwa 30 %, d.h., 30 % der Gesamtenergiezufuhr sollte aus Fetten stammen (DGE et al. 2000). Dies entspricht bei einer durchschnittlichen Energiezufuhr von 2500 kcal/d einer Fettmenge von 83 g/d. Fette unterliegen aufgrund ihrer Lipophilie einem relativ komplexen Absorptionsmechanismus. Im Wesentlichen findet der Abbau der Fette zu Fettsäuren und Monoglyceriden im Duodenum und Jejunum statt. Eine Zungengrundlipase und eine gastrische Lipase tragen ebenfalls, allerdings in nur geringem Maße, zum Abbau der Fette bei. Gallensalze, die in das Duodenum sezerniert werden, emulgieren die Nahrungsfette und mit Hilfe peristaltischer Bewegungen werden die Fette in kleine Tröpfchen, den Fettmizellen, zerlegt, wodurch die Oberfläche um den Faktor 10000 vergrößert und dadurch ein besserer Angriff der Lipasen aus der Bauchspeicheldrüse ermöglicht wird. Diese Mizellen bestehen im Wesentlichen aus langkettigen Fettsäuren, Monoglyceriden und Gallensalzen. Die Fettsäuren und anderen Abbauprodukte gelangen durch passive Diffusion in die Dünndarmmukosazelle, wo sie wieder zu Triglyceriden, Phospholipiden und Cholesterinestern resynthetisiert werden. In Form von Chylomikronen werden die resynthetisierten Produkte in den Ductus thoracicus des Lymphsystems und dann in weiterer Folge in den Blutkreislauf abgegeben. Mit Hilfe von Lipoproteinen unter-

schiedlicher Dichte (Very Low Density Lipoproteins VLDL, Low Density Lipoproteins LDL, High Density Lipoproteins HDL, sowie einige Unterformen dieser Hauptgruppen) erfolgt dann die Verteilung der Lipide auf die Gewebe (Biesalski et al 1999).

Zusätzlich zur Funktion der Fette als Energieträger liefern sie die Fettsäuren und andere Vorstufen für die Synthese von Phospholipiden, die eine wichtige Rolle für die Stabilität, Permeabilität, Reizleitung und Fluidität der Zellmembranen fast aller Zellen spielen. Fettsäuren sind zudem Vorstufen der Eicosanoide (Prostaglandine, Thromboxane und Leukotriene), wichtigen Zellmediatoren auf verschiedenen Ebenen des Stoffwechsels. Die mehrfach ungesättigten Fettsäuren der omega 6- und omega 3-Reihe führen zu unterschiedlich wirksamen Vertretern der Eicosanoide. Nachdem diese Eicosanoide nicht vollständig vom menschlichen Organismus synthetisiert werden können, müssen ihre Vorstufen in Form von Linolsäure und α -Linolensäure durch die Nahrung zugeführt werden, daher werden diese Fettsäuren auch als essentielle Fettsäuren bezeichnet. Der menschliche Organismus kann über das Enzym $\Delta 9$ -Desaturase in eine gesättigte Fettsäure, etwa der Stearinsäure (C18 : 0), eine Doppelbindung einbringen, wodurch die entsprechende omega 9-Fettsäure C18 : 1, die Ölsäure, resultiert. Allen tierischen Zellen fehlen jedoch die entsprechenden Enzyme zur Synthese der omega 3-Fettsäuren, sie verfügen nur über eine $\Delta 9$ -, $\Delta 6$ - und $\Delta 5$ -Desaturase. Durch Kombination von Desaturierung und Kettenverlängerung (Elongasen) können nur die mehrfach ungesättigten Fettsäuren aus der Linolsäure und Linolensäure aus dem Pflanzenreich synthetisiert werden. Durch die Aktivität der $\Delta 6$ -Desaturase, einem Kettenverlängerungsschritt und der abschließenden Einbringung einer weiteren Doppelbindung durch die $\Delta 5$ -Desaturase kann so beispielsweise die Arachidonsäure (C20 : 4n6) aus der Linolsäure (C18 : 2n6) synthetisiert werden. Mit Hilfe ähnlicher Reaktionen können so auch andere mehrfach ungesättigte Fettsäuren synthetisiert werden, allerdings kann immer nur eine Doppelbindung zwischen bereits vorhandene Doppelbindungen und der Carboxylgruppe der Fettsäure eingefügt werden (Löffler et al. 2007).

Derzeit wird davon ausgegangen, dass die empfohlene Zufuhr essentieller Fettsäuren in der Höhe von 2,5 % der Energiezufuhr für omega 6-Fettsäuren und in Höhe von 0,5 % der Energiezufuhr von omega 3-Fettsäuren beträgt, das entspricht bei einer Energiezufuhr von 2500 kcal/d einer Menge von etwa 7 g Linolsäure und 1,4 g Linolensäure. Von Bedeutung ist hierbei auch das Verhältnis der Menge von omega 6- zu omega 3-Fettsäuren, das gemäß dieser Empfehlungen idealerweise 5:1 betragen sollte (DGE et al. 2000).

Ernährungsphysiologische Bewertung von Pflanzenölen

Die weitaus größte Zahl an pflanzlichen Ölen und Fetten weist einen hohen Gehalt an ernährungsphysiologisch wertvollen Fettsäuren auf, vor allem die pflanzlichen Öle, die bei Raumtemperatur flüssig sind. Wie bereits erwähnt, sind einige mehrfach ungesättigte Fettsäuren für den Menschen essentiell und sie haben eine weitreichende Wirkung für die menschliche Gesundheit. Da alle Fette und Öle jedoch einen hohen Energiegehalt haben, sind sie immer zunächst unter diesem Aspekt zu betrachten und ihre Zufuhr sollte daher eine Menge von 30 % der Gesamtenergie nicht überschreiten. Von ernährungsphysiologischer Bedeutung ist daher unter Beachtung der Quantität vor allem die Qualität der Fette und Öle, welche wesentlich durch ihren Gehalt an Fettsäuren bestimmt wird. Hierbei sind einerseits die absoluten Mengen an ungesättigten

Fettsäuren von Bedeutung, hinzu kommt aber auch das Verhältnis der mehrfach ungesättigten Fettsäuren, der einfach ungesättigten Fettsäuren (im Wesentlichen Ölsäure) und der gesättigten Fettsäuren im Allgemeinen und das Verhältnis von omega 6- zu omega 3-Fettsäuren im Besonderen. Auch der trans-Fettsäuregehalt (s.u.) ist für die Beurteilung der Fettqualität von Bedeutung.

Das Verhältnis der einzelnen Fettsäurefamilien wird durch den Quotienten P:M:S ausgedrückt, also der Menge an Polyenfettsäuren (mehrfach ungesättigte Fettsäuren), Monoenfettsäuren (einfach ungesättigte Fettsäuren) und Saturated Fatty Acids (gesättigte Fettsäuren) ausgedrückt. Dieses Verhältnis sollte nach dem derzeitigen Stand der Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr 0,7:1,3:1 betragen, oder anders formuliert, sollten die gesättigten Fettsäuren maximal ein Drittel der in Form von Fett zugeführter Energie ausmachen, entsprechend 10 % der Gesamtenergiezufuhr. Mehrfach ungesättigte Fettsäuren sollten analog etwa 7 % der Gesamtenergie betragen, bzw. auch bis zu 10 %, wenn die Zufuhr von gesättigten Fettsäuren die empfohlenen 10 % der Gesamtenergiezufuhr überschreitet. Insgesamt sollen die gesättigten Fettsäuren bei einer Gesamtfettzufuhr von 30 % der Nahrungsenergie und die ungesättigten Fettsäuren insgesamt in einem Verhältnis von 1 : 2 stehen (DGE et al. 2000). Dabei sollen die ungesättigten Fettsäuren überwiegend aus pflanzlichen Fetten stammen.

Die meisten pflanzlichen Öle weisen eine Fettqualität auf, die diesen Kriterien entspricht bzw. einen deutlich in Richtung ungesättigter Fettsäuren verschobenen Quotienten auf. Pflanzliche Fette, die bei Raumtemperatur fest sind, haben einen hohen Anteil an gesättigten Fettsäuren, und entsprechen daher nicht diesem Quotienten. Dennoch sind alle Fette und Öle pflanzlichen Ursprungs von höherer ernährungsphysiologischer Qualität, da sie im Gegensatz zu tierischen Fetten kein Cholesterin enthalten.

Eine allgemeine Charakterisierung von pflanzlichen Fetten und Ölen hinsichtlich ihrer ernährungsphysiologischen Qualität ist aber kaum möglich, da diese auch von ihrer Herstellungsweise und ihrem Verwendungszweck in der Nahrungszubereitung und Ernährung abhängt. Für die Margarineherstellung werden pflanzliche Öle z.B. einem Härtungsprozess unterzogen, damit sie bei Raumtemperatur streichfähig sind. Durch diesen Prozess werden ungesättigte Fettsäuren zu gesättigten Fettsäuren hydriert, wodurch einerseits der ernährungsphysiologische Vorteil der ungesättigten Fettsäuren vorliegen geht und andererseits unter bestimmten Bedingungen trans-Fettsäuren entstehen können (s.u.). Native, kaltgepresste pflanzliche Öle eignen sich zudem nicht als Fett zum Frittieren, Backen oder Braten, da bei hohen Temperaturen wiederum die ungesättigten Fettsäuren zerstört werden können und dadurch ihr ernährungsphysiologischer Vorteil wieder verloren geht. Zudem ist zu beachten, dass pflanzliche Öle mit einem hohen Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren eine geringere Haltbarkeit als solche mit einem niedrigeren Anteil aufweisen. Daher sind solche Öle dunkel und kühl aufzubewahren und nach Öffnung relativ schnell zu verbrauchen.

Insgesamt ist ein mit schonenden Herstellungsverfahren hergestelltes pflanzliches Öl als ernährungsphysiologisch hochwertiges Fett zu bewerten. Die Aufnahme der einzelnen Fettsäuren von Erwachsenen dürfte derzeit in der Größenordnung 16 % der Energie für gesättigte Fettsäuren, bei 14 % der Energie für einfach gesättigte Fettsäuren und bei lediglich 6 % der Energie für mehrfach ungesättigte Fettsäuren liegen (Elmadfa et al. 2004). Daher ist ein verstärkter Konsum von pflanzlichen Ölen aus ernährungs-

physiologischer Sicht wünschenswert solange der Gesamtkonsum einen Anteil von 30 % der Gesamtenergiezufuhr aus Fetten nicht überschreitet. Nachdem nicht ein einzelnes pflanzliches Öl von besonderer Bedeutung ist, sondern vielmehr die Vielfalt der pflanzlichen Öle mit ihren unterschiedlichen Anteilen an mehrfach gesättigten Fettsäuren aber auch an weiteren Fettbegleitstoffen, wie den verschiedenen Tocopherolen, Sterinen und Phospholipiden, ist es für eine gesunde Ernährungsweise vorteilhaft, verschiedene pflanzliche Öle verstärkt in die Ernährung einzubeziehen. Daher ist eine abwechslungsreiche Verwendung von Olivenöl, Maiskeimöl, Sonnenblumenöl, Weizenkeimöl, Sojaöl und Rapsöl ergänzt durch den Einsatz von Nussölen, Leinsamenöl und Baumwollsaatöl ernährungsphysiologisch sinnvoll, ohne hier ein bestimmtes pflanzliches Öl besonders hervorzuheben.

Die pharmazeutische Verwendung von fetten Pflanzenölen

Ein besonderes Augenmerk in dieser Arbeit wird auf die Einsatzmöglichkeiten pflanzlicher Öle im pharmazeutisch-medizinischen Bereich gelegt. Auf Grund der Fettsäurezusammensetzung der verschiedenen Öle und diverser Begleitstoffe ergeben sich verschiedene therapeutische Anwendungen, die bei den einzelnen Ölen gesondert beschrieben werden.

Als Injektionen

Lipophile Arzneistoffe, welche nicht oral zugeführt werden können, werden in einer injizierbaren Form als ölige Lösung verabreicht. Diese Öle müssen vorher einer Heißluftsterilisation unterzogen werden. Daher hängt von der thermischen Resistenz der Öle auch ihre Verwendungsmöglichkeit ab. Der Säuregrad des Öls darf nicht mehr als 0.2 bis 0.25 betragen. Diese Lösungen dürfen wegen der Gefahr einer Fettembolie nie in die Blutbahn oder in den Liquor injiziert werden. Für Injektionen sind vor allem Erdnussöl, Mandelöl, Maiskeimöl, Mohnöl, Olivenöl, Rizinusöl und Sesamöl geeignet (Roth/Kormann 2000, S. 29).

In pharmazeutischen Zubereitungen

Verwendet werden Pflanzenöle sehr häufig zur Herstellung von Salben, Emulsionen, Cremes, Pflastern, Seifen und Linimenten. Linimente sind zum äußerlichen Gebrauch bestimmte flüssige, halbflüssige, gallertige, oder bei Körpertemperatur schmelzende homogene Mischungen, welche aus fetten Ölen, Seifen, Fetten, Balsamen oder ähnlichen verseifbaren oder emulgierbaren Stoffen bestehen. Zum Teil werden auch gehärtete Pflanzenöle, besonders hydriertes Erdnussöl, sowie Baumwollsaatöl und Rizinusöl eingesetzt. In emulgierter Form dringen Pflanzenfette gut in die Haut ein und durchfetten diese. Deshalb werden ölhaltige Salben vor allem bei rauer und trockener Haut eingesetzt, aber auch bei einer durch Lösungsmittel oder Waschmittel entfetteten Haut. Selbst normales Wasser führt, vor allem in den kalten Wintermonaten, oder bei sehr häufigem Gebrauch zu einer Entfettung der Haut, die ein Nachfetten mit Salben erforderlich macht (Roth/Kormann 2000, S. 29).

Auch in Zubereitungen zur Anwendung am Auge können Öle verarbeitet werden. Ölige Lösungen und Suspensionen sind vor einer Hydrolyse geschützt und weisen dadurch eine längere Wirk- und Verweildauer durch den höheren Viskositätseffekt auf. Solche ophthalmische Lösungen mit Ölen wie z.B. *Oleum Amygdalae*, *Oleum Olivae* oder *Oleum*

Ricini müssen unbedingt teilchenfrei sein, damit es am Auge zu keinen Verletzungen und Entzündungen kommen kann (Valenta 2005, S. 70).

Ölige Nasentropfen werden nur bei Rhinitis sicca³ angewendet, klassische Nasentropfen sind auf wässriger Basis. Bei diesen Nasalia greift man ebenfalls auf pflanzliche fette, abbaubare Öle zurück, da Paraffinöl vom Körper nicht abgebaut werden kann und so über Jahre akkumuliert und gespeichert bleibt (Valenta 2005, S. 86). Durch Zusatz von Tensiden wird bei öligen Nasenzubereitungen ein unmittelbarer Schleimhautkontakt und somit eine sofortiger Wirkstoffeintritt erreicht. Durch die Viskosität der öligen Grundlage wird ein zu rasches Abfließen aus der Nase vermieden (Hunnius 2004, S. 1300).

Therapeutische Verwendung

Pflanzliche Öle wie das Olivenöl, Rizinusöl, Erdnussöl oder Leinöl wirken oral verabreicht in Dosen von 30 bis 60 ml als mildes Laxans. Sie wirken in unverseifter Form als Gleitmittel und nach Hydrolyse im Darmlumen leicht reizend auf die Darmschleimhaut. Fette, bei denen hydrolytisch Hydroxyfettsäuren freigesetzt werden, sind wesentlich stärker antiabsorptiv⁴ und hydragog⁵ wirksam, wodurch die Wasserausscheidung vermehrt wird und es zu einer Stuhlerweichung kommt. Bei Stuhlverhalten (Dyschezie) werden Pflanzenöle zur Erweichung von hartem Kot rektal eingeführt. Eine weitere Verwendung von Pflanzenölen, insbesondere des Olivenöls, ist die Entfernung von Krusten und Borken, sowie die Reinigung der Haut von anhaftenden Salben (Roth/Kormann 2000, S. 29).

Fette und Öle in der Kosmetik

Obwohl sie anscheinend keine spektakulären Wirkungen bieten, gehören Öle und Fette zu den wichtigsten Kosmetikinhaltsstoffen. Lipophile Stoffe sind mehr oder weniger wasserunlöslich und werden daher zur Unterstützung des Lipidmantels der Haut eingesetzt. Dieser Lipidmantel stellt eine Barrierefunktion gegenüber der Außenwelt dar. Lipophile Stoffe machen daher die Haut wasserabweisend, reduzieren den transepidermalen Wasserverlust und schützen so die Haut vor Austrocknung. Durch Auffüllung mikroskopischer Hautvertiefungen führen sie zu einer spürbaren Glättung der Haut und reduzieren auf diese Weise auch kleinere Fältchen. Cremes auf Basis von Ölen mit einem niedrigen Erstarrungspunkt lassen sich besser auf der Haut verteilen. Höher-schmelzende Fette und Wachse führen zu einer festeren Konsistenz und werden daher vor allem in Lippenstiften eingesetzt. Bei den pflanzlichen Fetten und fetten Ölen spielen darüber hinaus die interessanten Wirkungen der Begleitstoffe eine Rolle. In vielen Ölen sind fettlösliche Vitamine oder Provitamine enthalten, wie zum Beispiel das β -Carotin und die Vitamine A und E. Ein weiterer wichtiger Bestandteil von Pflanzenölen sind Phytosterine. Diese haben eine dem Cholesterin ähnliche Struktur und können dieses in der Haut weitgehend ersetzen, was sich durch eine besonders gute bar-

³ Rhinitis sicca: Form des chronischen Schnupfens mit Ekzem- und Borkenbildung am Naseneingang und an der Innenfläche der Nasenflügel mit Juckreiz und Trockenheitsgefühl (Pschyrembel 1994, S. 1332).

⁴ Antiabsorptiv: eine Wasseraufnahme aus dem Darm in das Lumen wird verhindert.

⁵ Hydragog: die Wasserausscheidung fördernd (foodnews.ch/06.03.07).

rierestärkende Wirkung bemerkbar macht. Insbesondere bei älterer Haut haben Phyto-sterine einen sehr guten Pflegeeffekt.

Ein weiteres wichtiges Kriterium für die Auswahl eines Öls für kosmetische Zwecke ist die Zusammensetzung der enthaltenen Triglyceride, bzw. der an Glycerin gebundenen Fettsäuren. Ungesättigte Säuren machen die Öle flüssig und leicht verteilbar. Daher werden ölsäurehaltige Pflanzenöle, wie das Olivenöl, für die Hautpflege eingesetzt. Höher ungesättigte Pflanzenöle setzen Linolsäure frei, die schuppige Haut verhindert, da sie unter anderem in Ceramid I (Barriestoff) eingebaut wird. γ -Linolensäure wirkt entzündungshemmend und juckreizlindernd und wird dadurch in topischen Zubereitungen für die Behandlung sehr trockener und neurodermitischer Hautzustände eingesetzt. Der Wirkstoffcharakter dieser Öle lässt sich noch erhöhen, wenn diese in nanoverkapselter Form verabreicht werden, da dadurch die Penetration gesteigert wird. Wenn man von der Struktur der menschlichen Haut, insbesondere des Stratum corneum ausgeht, und die Barrierefunktion auf möglichst natürliche Weise verstärken möchte, haben Pflanzenöle eindeutig Vorrang gegenüber den Kosmetikgrundlagen auf reiner Kohlenwasserstoffbasis. Kohlenwasserstoffe kommen zwar auch im Lipidmantel der Haut vor, doch führen von außen applizierte hohe Konzentrationen von körperfremden Paraffinölen oder Vaseline zu einer verminderten Regenerationstätigkeit der Haut, da sie einen undurchlässigen Film auf der Hautoberfläche bilden. Die wesentlichen Gründe des Einsatzes dieser Stoffe liegen darin, dass sie keine Zersetzungsprodukte bilden und gegenüber Luftsauerstoff und Sonnenstrahlung stabil sind, während Pflanzenöle diesbezüglich durch Antioxidantien wie Butylhydroxyanisol oder -toluol geschützt werden müssen.

Da Öle und Fette hydrophob sind, müssen sie für eine wasserhaltige Creme in eine stabile Emulsion übergeführt werden. Dies geschieht heute vor allem mit Emulgatoren. Bei Pflegemitteln für die empfindliche Haut sind membranbildende Komponenten gut geeignet, da die physikalische Struktur der Produkte den natürlichen Verhältnissen der Haut mehr entspricht. Alternativ können Öle in Oleogele übergeführt werden, die ebenfalls wie Cremes angewendet werden können, aber wasserfrei und deshalb auch mikrobiologisch stabiler sind. Diese Oleogele gehören zu den hydrophoben Gelen, welche aus flüssigem Paraffin mit Polyethylenen, oder aus fetten Ölen, die mit kolloider Kieselsäure oder Aluminium- oder Zinkseifen verdickt werden, zusammengesetzt sind. Öle können aber auch Hilfsstoffcharakter haben, wie als Träger für Duftstoffe oder fettlösliche Vitamine (Lautenschläger 2004).

Eine weitere Anwendung von pflanzlichen fetten Ölen ist jene als Badeöl. Badeöle sind in Wasser unlöslich und schwimmen, soweit ihnen noch nicht Tenside beigegeben wurden, als dünne Schicht auf dem Badewasser. Man unterscheidet zwischen spreitenden und nicht spreitenden Ölbädern. Bei spreitenden Ölbädern ist das Öl im Wasser durch Tensidzusatz dispergiert. Je nach Menge des Emulgatoranteils haben sie ein milchig-trübes (hoher Emulgatoranteil), oder ein klares (sehr hoher Emulgatoranteil) Aussehen. Typische Emulgatoren für Ölbäder sind ethoxylierte oder propoxylierte Fettalkohole, Ester der Phosphorsäure, Ricinolsäuresulfate und Alkoholethersulfate. Beim Baden bildet sich ein Ölfilm auf der Haut, der die Haut vor dem Austrocknen schützt, soweit der Film nicht durch nachträgliches Duschen oder starkes Abrubbeln entfernt wird. Bei nicht spreitenden Ölen schwimmt das Öl als dünner Film auf der Wasseroberfläche, da sie keinen oder nur einen sehr geringen Emulgatoranteil besitzen.

Die rückfettende Wirkung auf die Haut ist bei nicht spreitenden Ölbädern größer, wenn der Film nicht durch mechanische Maßnahmen entfernt wird. Grundsätzlich sind für therapeutische Zwecke Ölbäder ohne Emulgatorzusatz zu bevorzugen. Neuere Ölbadekonzentrate aus Phosphatidylcholin und Ölen bilden spontan eine Mischung aus Liposomen und Nanopartikeln, wenn sie ins Wasser gegeben werden. Sie haben eine gute hautpflegende Wirkung und aufgrund der guten Hautaffinität sind nur geringe Einsatzmengen pro Bad erforderlich. Reine Ölbäder werden zu therapeutischen Zwecken bei trockener Haut oder bestimmten Hauterkrankungen, wie Neurodermitis eingesetzt (Raab/Kindl 2004, S. 306, Lautenschläger 2004).

11. DIE WICHTIGSTEN BESTANDTEILE FETTER PFLANZENÖLE

Fettsäuren in pflanzlichen Ölen

Fettsäuren lassen sich durch ihre Kettenlänge und anhand der Anzahl ihrer Doppelbindungen definieren (Bauer 1928, S. 53f):

- 12 : 0 Laurinsäure
- 14 : 0 Myristinsäure
- 16 : 0 Palmitinsäure
- 16 : 1 Palmitoleinsäure
- 18 : 0 Stearinsäure
- 18 : 1 Ölsäure
- 18 : 2 Linolsäure
- 18 : 3 α -Linolensäure
- 20 : 0 Arachinsäure
- 20 : 4 Arachidonsäure
- 22 : 0 Behensäure
- 24 : 0 Lignocerinsäure

Fette Pflanzenöle enthalten in Gegensatz zu tierischen Fetten überwiegend ungesättigte Fettsäuren. Ihr Anteil beträgt oftmals über 80 %. Die Nutzung pflanzlicher Öle anstelle tierischer Fette ist aus ernährungsphysiologischer Sicht deshalb von Bedeutung, da sie die notwendige Versorgung des menschlichen Organismus mit mehrfach ungesättigten Fettsäuren, den sogenannten essentiellen Fettsäuren, gewährleisten. Essentielle Fettsäuren sind Bestandteile der Phospholipide, die für die Permeabilität der Zellmembranen, die Fixierung von Enzymen an Mitochondrienleisten und für den Ionentransport unentbehrlich sind (Kerschbaum 2001, S. 48 – Fleischhacker 2002, S. 24).

Ölsäure

Die Ölsäure ist zwar keine essentielle Fettsäure, hat jedoch große Bedeutung, da sie in jedem Fett in unterschiedlicher Menge enthalten ist. Chemisch handelt es sich um eine 18 : 1, ω -9 Fettsäure, d. h. sie ist einfach ungesättigt. Generell werden zwar mehrfach ungesättigte Fettsäuren ernährungsphysiologisch als die wertvolleren betrachtet, dennoch wird der Ölsäure ebenso eine cholesterinsenkende Wirkung zugesprochen wie

den mehrfach ungesättigten Fettsäuren. Einer Studie zufolge wurde herausgefunden, dass eine Diät, welche reich an einfach ungesättigten Fettsäuren wie der Ölsäure ist, den Blutcholesterinspiegel senken und das Immunsystem stärken kann. Verglichen mit mehrfach ungesättigten Fettsäuren unterdrückt die Ölsäure am effektivsten arteriosklerotische Entwicklungen und vermindert eine örtliche Akkumulation von oxidiertem Low-density-Lipoprotein (LDL), welches mit einer Ausbildung von arteriosklerotischen Plaques einhergeht. Zudem gilt es mittlerweile als gesichert, dass die Ölsäure beim Zellaufbau von Kleinkindern eine besonders wichtige Rolle spielt und sich positiv auf die Lernfähigkeit auswirkt (Parker et al. 2003, Fleischhacker 2002, S. 14)

Omega 6-Fettsäuren

Zu den ω -6-Fettsäuren zählen unter anderem die Linolsäure (18:2, ω -6) und die γ -Linolensäure. Sie gehören zu den oben erwähnten essentiellen Fettsäuren und sind auch deshalb von großer Bedeutung, da sie Ausgangsstoffe für die Synthese der Prostaglandine und Leukotriene sind. γ -Linolensäure wird im gesunden menschlichen Organismus durch das Enzym Δ 6-Desaturase aus Linolsäure gebildet. Bei Fehlen dieses Enzyms kann weder ausreichend γ -Linolensäure, noch die entsprechenden für den Organismus wichtigen Stoffwechselprodukte gebildet werden. Die Aktivität des Enzyms wird unter anderem durch gesättigte Fettsäuren, Alkohol, Stress und durch einen zu hohen Cholesterinspiegel gehemmt. Die Inaktivität des Enzyms kann unabhängig von der Linolsäure durch gezielte Aufnahme der γ -Linolensäure aus pflanzlichen Ölen umgangen werden (Fleischhacker 2002, S. 25).

Omega 3-Fettsäuren

Zu den ω -3-Fettsäuren gehört die α -Linolensäure. Sie ist außer in pflanzlichen Ölen nur in wenigen tierischen Nahrungsmitteln, z.B. in Lachs oder Hering, enthalten. Das Wirkungsspektrum der ω -3-Fettsäuren ist vielfältig. So sind ihre Metaboliten entzündungshemmend, mindern das Arterioskleroserisiko und senken nachweislich den Triglycerid- und Cholesterinspiegel. Vor allem Walnussöl und Rapsöl sind reich an α -Linolensäure (Fleischhacker 2002, S. 25).

trans-Fettsäuren

Natürlicherweise liegen ungesättigte Fettsäuren in der Regel in cis-Konfiguration vor, das heißt, die Fettsäureteile liegen auf der gleichen Seite von der Doppelbindung aus gesehen. Diese Konfiguration macht einen Teil der physiologischen Bedeutung aus, da sie dadurch eine räumliche Anordnung erhalten, die für den Schmelzpunkt der Fettsäuren und der daraus abgeleiteten Verbindungen im Organismus wie den Phospholipiden eine Rolle spielt. Durch die Aktivität von Mikroorganismen im Magen-Darm-Trakt von Wiederkäuern können cis-Fettsäuren allerdings in ihre trans-Form umgelagert werden, daher findet sich in Milch und Milchprodukten ein gewisser Anteil von trans-Fettsäuren in deren Fettanteil. In pflanzlichen Fetten finden sich normalerweise keine trans-Fettsäuren, allerdings kann durch die Lebensmittelverarbeitung aus cis-Fettsäuren, z.B. aus der Linolsäure die Elaidinsäure (tC18:1) entstehen. Hydrogenisierungsprozesse bei der Fetthärtung, aber auch bei Verwendung von Fetten mit einem hohen Anteil an ungesättigten Fettsäuren als Frittierfett, können zur Entstehung von nennenswerten Mengen an trans-Fettsäuren führen. Derzeit wird davon ausgegangen,

daß trans-Fettsäuren einen stärkeren Effekt auf eine Erhöhung des Cholesterinspiegels haben, als ungesättigte Fettsäuren, und daher atherogen wirken, obwohl sie über Doppelbindungen verfügen. Ob diese Effekte in der Praxis allerdings eine quantitative Bedeutung haben, ist derzeit noch sehr umstritten, dennoch gibt es Bestrebungen, den Gehalt an trans-Fettsäuren in Lebensmitteln zu reduzieren, was durch entsprechende Anpassungen in der Lebensmittelverarbeitung bzw. ausreichende Sorgfalt bei der Lebensmittelzubereitung technologisch durchaus möglich ist (Bieselaski et al. 1999).

Die wichtigsten Vitamine pflanzlicher Öle

Vitamin E (α -Tocopherol)

Vitamin E ist ein Überbegriff für alle Tocopherole und Tocotrienole mit Vitamin E-Aktivität. In topischen Zubereitungen werden wegen der größeren Stabilität die Ester von Vitamin E, die Acetate, Succinate oder Nicotinate eingesetzt. Bei der Penetration in die Haut, erfolgt durch Esterasen die Spaltung in die eigentliche Wirkform, das freie Vitamin E. Vitamin E wird als Antioxidans in topischen Zubereitungen in Konzentrationen von 0.05–0.2 % eingesetzt. Die hauptsächliche Bedeutung des Vitamin E liegt in seiner Eigenschaft als Radikalfänger. Die Effekte können primärer oder sekundärer Art sein. Im ersten Fall werden sowohl einwirkende Noxen, wie der Singulett-Sauerstoff durch Oxidation des Tocopherols direkt abgefangen, im zweiten Fall werden bereits ablaufende radikalische Kettenreaktionen zum Stillstand gebracht. Radikalreaktionen sind im Bereich des Hautorgans für eine Vielzahl von entzündlichen Erkrankungen und degenerativen Prozessen verantwortlich und können im schlimmsten Fall der Auslöser für ein Karzinom sein (Raab/Kindl 2004, S. 260).

Als mögliche Haupteigenschaften von Vitamin E in kosmetischen Zubereitungen werden diskutiert (Raab/Kindl 2004, S. 260):

- Schutzwirkung gegen UV-Strahlen im Sinne einer Erythem-, einer Entzündungs- und einer Ödemhemmung
- Vorbeugung UV-induzierter Hautalterung durch Verhinderung der durch UVA-Strahlung hervorgerufenen Schädigung des Bindegewebes
- Verhinderung der Ausbildung von Altersflecken
- Erhöhung der Mitoseaktivität der Basalzellschicht
- Erhöhung des Feuchthaltevermögens der Hornschicht durch Regulierung des transepidermalen Wasserverlusts und damit eine Verbesserung des Hautoberflächenreliefs

In dermopharmazeutischen Produkten sind als Hauptwirkungen von Vitamin E zu nennen (Raab/Kindl 2004, S. 260):

- Beschleunigte Wundheilung
- Gesteuerte Narbenbildung
- Besserung entzündlicher Hautprozesse
- Linderung bei Juckreiz

Die Multiaktivität des Vitamin E als Wirkstoff ist auf seine Molekülstruktur zurückzuführen, die aufgrund der Lipophilie eine ausgezeichnete Penetration in tiefere Hautschichten

ten erlaubt. Durch die Polarität des Moleküls (hydrophiler Chromanring und lipophile Seitenkette) wird außerdem ein direkter Einbau in intra- und extrazelluläre Membranen ermöglicht. Dadurch werden die Membranen stabilisiert, sowie durch physikalisch-chemische Wechselwirkungen die Membranfluidität aufrechterhalten. Dazu kommen die hervorragenden Radikalfängereigenschaften, die sich vor allem auf die lipophilen Zellmembranen erstrecken, während die Wirkungen der anderen Radikalfänger vor allem in hydrophilen Zellkompartimenten zum Tragen kommen.

Die Konzentrationen von Vitamin E in kosmetischen und topischen Zubereitungen schwanken in breiten Grenzen. In kosmetischen Produkten betragen sie zwischen 2 und 10 %, in dermatopharmazeutischen zwischen 10 und 25 %. Da die Schäden, die durch radikalische Einflüsse auf das Hautorgan entstehen erst in den letzten Jahren richtig erkannt wurden, dürfte die Bedeutung von Vitamin E als Wirkstoff eher noch zunehmen (Raab/Kindl 2004, S. 260).

Alle pflanzlichen Fette und Öle enthalten auch Vitamin E, allerdings sind die Gehalte der einzelnen Vitamere unterschiedlich. Man findet in wechselnden Konzentrationen die Vitamin E-wirksamen Verbindungen α -Tocopherol, β -Tocopherol, γ -Tocopherol und δ -Tocopherol, sowie in geringeren Mengen die entsprechenden Tocotrienole. Neben den physiologischen Wirkungen von Vitamin E, insbesondere des α -Tocopherols als Radikalfänger und Membranstabilisator in den Zellen des menschlichen Körpers, spielen die verschiedenen Vitamin E-Formen auch eine grundlegende Rolle für den Oxidationsschutz der jeweiligen Fette und Öle und damit letztlich für die Stabilität des Triglycerids gegenüber dem Ranzigwerden. Die verschiedenen Vitamere zeigen hierbei auch eine unterschiedliche Wirksamkeit, die im Allgemeinen in der Folge δ -, γ -, β -, α -Tocopherol abnimmt. Unterschiedliche Kombinationen der Vitamere haben allerdings auch eine unterschiedliche Wirksamkeit, die von der Fettsäurezusammensetzung und den äußeren Einflüssen auf das Fett abhängt.

Obwohl alle Vitamere in pflanzlichen Fetten und Ölen zu finden sind, spielen quantitativ nur γ - und α -Tocopherol eine Rolle. Einige Angaben zu den jeweiligen Mengen finden sich in der folgenden Tabelle.

Vitamin E ist aufgrund seiner molekularen Struktur in der Lage, Lipidperoxide, die bei der Lagerung von pflanzlichen Fetten und Ölen durch die Anlagerung von Sauerstoff an die Doppelbindungen von ungesättigten Fettsäuren im Laufe der Zeit entstehen, zu binden und somit die Kettenreaktion der Fettoxidation zu unterbrechen (Kamal-Eldin et al. 1996).

Tocopherol- und Tocotrienol-Gehalte (mg/100 g) von pflanzlichen Ölen und industriellen Fetten (modifiziert nach Schwartz et al. 2008)

Probe/Probenzahl	α -T	α -T3	β -T	γ -T	β -T3	γ -T3	δ -T	δ -T3	Σ T	Σ T3s	α -T_Äq.
RS raff/10	24	—	tr	39	—	—	0.98	—	63	—	28
RS raff 2/10	22	—	tr	37	—	—	1.9	—	61	—	25
RS raff 3/10	22	—	tr	42	—	—	1.9	—	66	—	26
RS kp/10	19	—	tr	50	—	—	1.5	—	70	—	24
RS bio/8	19	—	tr	51	—	—	1.5	—	71	—	24
OO raff/9	17	tr	0.27	0.89	—	-c	tr	tr	18	tr	17
OO ex virg/10	24	tr	0.30	1.4	—	-c	tr	tr	26	tr	24

Probe/Probenzahl	α -T	α -T3	β -T	γ -T	β -T3	γ -T3	δ -T	δ -T3	Σ T	Σ T3s	α -T_Äq.
Sonneblumen/10	59	0.11	2.4	1.4	—	tr	0.27	tr	63	tr	60
Maiskeim/2	18	0.94	1.1	44	—	1.3	2.2	0.26	66	2.5	23
Kokosnuss/9	0.20	3.0	tr	0.12	0.17	0.64	0.10	0.32	3.9	1.1	
Sesam/10	7.9	tr	0.41	36	—	0.34	1.2	-c	45	0.3	12
Leinsamen/8	1.2	—	tr	52	—	—	0.95	—	54	—	6.4
Lein/6	3.8	—	0.09	72	—	—	1.5	—	78	—	11
Weizeinkeim/6	192	2.5	65	tr	8.2	—	0.55	0.24	257	11	225
Walnuss/1	6.6	tr	-c	39	—	0.17	4.6	tr	50	0.3	11
Frittierfett A/1	12	11	-c	6.7	1.2	15	0.15	3.6	18	31	16
Frittierfett fat B/1	11	17	0.12	0.10	1.2	19	tr	4.4	12	42	17
Frittierfett C/1	14	4.7	tr	20	0.28	7.2	0.72	1.7	35	14	17
Margarine D/2	13	4.1	0.17	12	-c	5.9	0.34	1.4	25	11	15
Margarine E/1	11	2.9	0.16	14	0.28	4.2	0.66	0.98	26	8.4	13
Margarine F/1	12	0.84	tr	22	1.5	0.63	0.24	34	2.5	15	
Ziehfett G/1	11	5.1	0.24	7.2	0.86	7.5	0.39	1.8	18	15	13
Ziehfett H/2	12	7.9	0.31	7.2	0.97	11	0.28	2.3	20	22	15

α -T: α -Tocopherol, α -T3: α -Tocotrienol, β -T: β -Tocopherol, β -T3: β -Tocotrienol, γ -T: γ -Tocopherol, γ -T3: γ -Tocotrienol, δ -T: δ -Tocopherol, δ -T3: δ -Tocotrienol, RS: Rapsamen, raff. raffiniert, kp: kaltgepresst, bio: biologisch, OO: Olivenöl, ex verg; extra vergine; Σ T: Summe der Tocopherole, Σ T3: Summe der Tocotrienole, α -T Äq.: α -Tocopheroläquivalente, tr: Spuren, c: coeluiierend

Vitamin A (Retinol)

Vitamin A liegt in verschiedenen chemischen Formen mit unterschiedlicher biologischer Aktivität vor. Man unterscheidet das Retinol, das Retinal und die Retinsäure. Letztere wird als Arzneimittel bei der medizinischen Behandlung von Akne vulgaris verwendet. Der Hauptgrund, warum die Retinsäure nicht in der Kosmetik verwendet werden sollte, sind die Nebenwirkungen, die eine Therapie mit Retinsäure verursachen kann. Die Retinsäure hat eine stark teratogene Wirkung, die auch nach Absetzen der Therapie noch zwei Jahre lang bestehen bleibt. Zudem kann es zu Abschälungen und Rötung der Haut, Juckreiz, Haarverlust und zur Steigerung der Transaminasen im Blutserum kommen. Durch Stoffwechselfvorgänge werden verschiedene Formen des Vitamin A in der Haut ineinander umgewandelt. Inaktiviert liegen die Retinoide als Retinolester vor. In dieser Form werden sie auch in der Haut gespeichert. Gebunden an ein Retinol bindendes Protein werden sie innerhalb des Organismus und somit auch in der Haut transportiert. Mangelserscheinungen an Vitamin A führen zu Hyperkeratosen. Durch die Verdickung der Hornschicht erscheint die Haut ledrig, schuppig und faltig. Ausgelöst werden diese Effekte auch durch chronische Sonneneinstrahlung. Das Absorptionsmaximum der Retinoide liegt zwischen 330 nm und 360 nm. Deshalb führt gerade UVA-Strahlung zu einer Senkung des Retinoidgehaltes der Haut. Da Retinoide eine wichtige Rolle bei der Differenzierung der Keratinozyten spielen, wird der kontinuierliche Erneuerungsprozess der Haut empfindlich gestört. UVA-Strahlung dringt auch in tiefere Hautschichten der Dermis. Hier beeinflusst eine Senkung des Vitamin A Gehaltes die Bildung von Bindegewebsfasern negativ. Fibroblasten werden hyperaktiv, Kollagenasen werden verstärkt produziert, eine geordnete Bildung eines kollage-