

Ernährung

Oktober 2006

WISSENSCHAFTLICHER PRESSEDIENST - HERAUSGEBER: PROF. DR. R. MATISSEK
LEBENSMITTELCHEMISCHES INSTITUT DER DEUTSCHEN SÜSSWARENINDUSTRIE, KÖLN

HEUTE

Flavonoide in Kakao und Schokolade

Schutz vor kardiovaskulären Erkrankungen?

Prof. Dr. Helmut Sies,
Institut für Biochemie und Molekularbiologie I,
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Seiten 1–5

Die Vielfalt des Kakaos

Der Einfluss von Provenienz und Varietät auf seinen Geschmack

Prof. Dr. Reinhard Lieberei,
Department Biologie, Universität Hamburg

Seiten 6–11

REDAKTION UND RÜCKFRAGEN:

FLEISHMAN-HILLARD GERMANY GMBH - INTERNATIONAL COMMUNICATIONS

HANAUER LANDSTR. 182C, 60314 FRANKFURT/M., TEL.: (069)405 702 -0, FAX: (069)43 03 73, E-MAIL: WPD@FLEISHMAN.DE

VERÖFFENTLICHUNG MIT QUELLENANGABE „LCI - MODERNE ERNÄHRUNG HEUTE“

ABDRUCK HONORARFREI • BELEGEXEMPLAR ERBETEN

Flavonoide in Kakao und Schokolade

Schutz vor kardiovaskulären Erkrankungen?

Zusammenfassung

Die Kenntnis über die Schutzwirkung von in der Kakaobohne enthaltenen Flavonoiden hat sich in jüngster Zeit vertieft. Zum einen verfestigte sich der epidemiologische Nachweis einer Schutzwirkung bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen für die Zufuhr von flavanolreichen Kakao- und Schokoladeprodukten, zum anderen wurde experimentell am Menschen eine Verbesserung der Endothelfunktion von Arterien und der Mikrozirkulation der Haut nachgewiesen. Die Gefäßwirkung korreliert mit dem Spiegel von (-)-Epicatechin, dem hauptsächlich vorkommenden Flavanol, und geht mit einer Erhöhung des Stickoxidspiegels im Blutplasma einher. Die molekulare Basis der Epicatechineffekte ist noch nicht vollständig bekannt. Nahrungsmitteltechnologischer Fortschritt führten zu Produkten, die reich an Flavanol sind.

Prof. Dr. Helmut Sies, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Institut für Biochemie und Molekularbiologie I

Flavonoide gehören zu den sekundären Pflanzenstoffen und kommen in der Nahrung häufig vor. Zur Untergruppe der Flavonoide gehören u. a. die Flavanole. Der Fundus an gesundheitsbezogenen Kenntnissen über pflanzliche Flavonoide ist reich, er überspannt eine Erfahrung über Tausende von Jahren und betrifft insbesondere Entzündungen, Herzerkrankungen und Krebs [1, 2]. Dass die Bohne des Kakaobaums (*Theobroma cacao*) reich an Flavonoiden ist und welche gesundheitlichen Aspekte sich davon ableiten, wurde 2001 in dieser Reihe dargestellt [3]. Neuere Studien haben dies in erstaunlich eindeutiger Weise weiter belegt und auf diese soll hier eingegangen werden. Es handelt sich um Fortschritte in der Epidemiologie, um biomedizinische und klinische Anwendungen, verbunden mit Fortschritten in der chemischen Analytik und der Lebensmitteltechnologie.

Epidemiologie: erniedrigtes Sterblichkeitsrisiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen

Frühe Hinweise aus der Epidemiologie zeigten eine Assoziation zwischen verminderter Mortalität an kardiovaskulären Erkrankungen und der Flavonoidaufnahme mit der Nahrung [4]. Diese Beobachtungen haben Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der Flavonoide im Allgemeinen und der unter anderem im Kakao vorkommenden Flavan-3-ole im Besonderen beflügelt. Kürzlich erschien eine auf die Kakaofaufnahme fokussierte epidemiologische Arbeit, welche über einen Zeitraum von 15 Jahren mit erstaunlicher Deutlichkeit eine inverse Assoziation zwischen Kakaofaufnahme und Blutdruck sowie der Sterblichkeit an kardiovaskulären Er-

krankungen und der Gesamt mortalität zeigt [5]. Die Studie bezog sich auf 470 ältere Männer (im Durchschnitt 72 Jahre alt), welche am Anfang der Studie keine chronische Erkrankung aufwiesen. Der Blutdruck wurde zu Beginn und 5 Jahre später gemessen und die Sterblichkeit und Todesursachen wurden nach 15 Jahren aufgenommen. Die Verzehrsgewohnheiten der Teilnehmer wurden 1985, 1990 und 1995 registriert. Ein Drittel der Männer konsumierte zu Beginn der Studie keine kakaohaltigen Lebensmittel. Unter den Kakaoverzehrern betrug der mittlere Tageskonsum 2,11 Gramm. Im Drittel mit der höchsten Kakaofaufnahme lag der mittlere systolische Blutdruck um 3,7 mm Hg und der mittlere diastolische Blutdruck um 2,1 mm Hg niedriger als bei den Männern der niedrigsten Terzile des Kakaoverzehrs. Im Beobachtungszeitraum verstarben 314 Männer, davon 152 an Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Im Vergleich zum Drittel mit niedrigstem Kakaoverzehr lag das adjustierte relative Risiko mit dem höchsten Kakaoverzehr um 50 Prozent niedriger bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen und um 47 Prozent niedriger für alle Todesursachen. Obwohl diese Beobachtungen keinen kausalen Beweis darstellen (der Kakaoverzehr könnte auch ein „Marker“ für andere gesundheitsförderliche Lifestylefaktoren sein), wird durch Studien dieser Art am Menschen eine enge Beziehung von kakaohaltigen Lebensmitteln und Gesundheitsaspekten nahe gelegt.

Dies zeigt auch eine Metaanalyse zum Thema Schokolade und Prävention kardiovaskulärer Erkrankungen [6]. Das relative Risiko, das sich für die Sterblichkeit an kardiovaskulären Erkrankungen aus der Metaanalyse von 136 Pu-

blikationen der Jahre zwischen 1966 und 2005 ergab, lag bei der Terzile mit der höchsten Kakaofaufnahme um 19 Prozent niedriger als bei der untersten Terzile. Die epidemiologischen Hinweise für eine Rolle von Kakaoflavanolen bei der Prävention von Herz-Kreislauf-Erkrankungen sind also deutlich.

Flavanoleffekte auf die Gefäße

Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems haben häufig eine Dysfunktion der inneren Auskleidung der Gefäße (= Endothel) zur Grundlage. Die endotheliale Zellschicht ist von essenzieller Bedeutung für Struktur und Funktion der Gefäße [7] und die endotheliale Dysfunktion ist ein gut zugänglicher Parameter zur Einschätzung des Zustands von Gefäßen. An der Arm-Arterie (A. brachialis) wurde gezeigt, dass zwei Stunden nach Einnahme eines Kakaogetränkes mit hohem Flavanolgehalt die durch das Endothel vermittelte Weitstellung des Gefäßes („flow-mediated dilation“, FMD) deutlich verbessert ist, während an denselben Probanden an einem anderen Versuchstag die Einnahme eines Kakaogetränkes mit niedrigem Flavanolgehalt keinen nennenswerten Effekt auf die endotheliale Funktion hat [8]. Ähnliches wurde auch mit Durchblutungsmessungen am Finger beobachtet [9]. Mit dem aus Kakaobohnen isolierten Baustein der Flavanol-Oligomere, dem (-)-Epicatechin (siehe Abbildung 1), ist der Gefäßeffekt ebenfalls zu erreichen [10]. Diese Befunde erlauben den Schluss, dass das Flavan-3-ol (-)-Epicatechin oder seine im Körper entstehenden Stoffwechselprodukte (Metabolite) die positive Gefäßantwort begründen. Inwieweit diese kurzzeitige Gefäßantwort, die nach etwa zwei Stunden ihr Maximum erreicht und nach ca. sechs Stunden wieder abgeklungen ist, mit der Prävention von über lange Zeit sich entwickelnden Herz-Kreislauf-Erkrankungen zusammenhängt, ist allerdings derzeit noch offen. Hierzu müssten mittel- und langfristige Interventionsstudien am Menschen erfolgen.

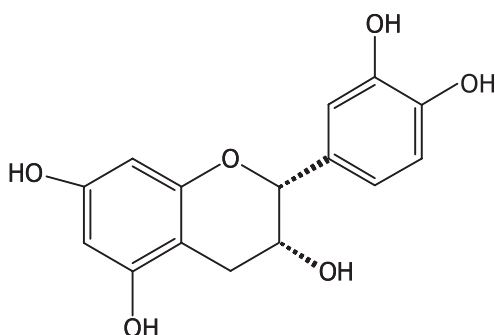


Abbildung 1: (-)-Epicatechin

Endothelfunktion: Was könnte der Mechanismus sein?

Unter den verschiedenen Einflussfaktoren auf die Funktion des Endothels ragt das Stickoxid (NO; Stickstoffmonoxid) heraus. Stickoxid wird von Stickoxidsynthasen (NOS; NO-Synthasen) in Endothelzellen synthetisiert. Es dient als Signal zur Weitstellung der Gefäße. Als ungeladenes Molekül kann es vom Ort seiner Synthese zu den glatten Muskelzellen diffundieren und dort den Erschlaffungsmechanismus über Guanylat-Zyklasen in Gang setzen. In der Tat wurden in den Untersuchungen am Menschen Hinweise auf Beteiligung des NO-Systems bei der Wirkung von Flavonoiden gefunden: Die im Blutplasma zirkulierenden Speicherformen des NO, im Wesentlichen an Eiweiß gebundenes NO, sind nach Einnahme flavanolreichen Kakaos erhöht, während dies nach Verzehr von Kakao mit niedrigem Flavanolgehalt nicht beobachtet wird [8, 10]. Hemmung der NO-Bildung durch Gabe eines Enzyminhibitors der NO-Synthase führt zum Verlust der Gefäßantwort [9]. Es ist also durchaus denkbar, dass Komponenten des NO-Stoffwechsels im Endothel Hauptangriffspunkte der Kakaoflavonoide sind und so die Gefäßeffekte der Substanzen vermittelt werden.

Allerdings sind auch andere Botenstoffe tangiert. Das Verhältnis der entzündungsvermittelnden Leukotriene zu den endothelschützenden Prostazyklinen im Blutplasma wird durch Einnahme flavanolhaltigen Kakaos abgesenkt [11], einhergehend mit einer Verminderung der Blutplättchenaktivität. Lipoxygenasen als Enzyme für die Leukotrienbildung werden durch Flavonoide gehemmt, es kann somit von einer antiinflammatorischen Wirkung ausgegangen werden [12]. Die Oxidierbarkeit von Low-Density-Lipoprotein (LDL) im Blutplasma von Probanden, welche täglich ca. 2,6 Gramm Polyphenole erhalten hatten, war deutlich eingeschränkt [13]. Da die LDL-Oxidation eine Rolle in der Pathogenese der Arteriosklerose spielt, wird dieser Effekt als günstig für die Gefäßfunktion angesehen.

Positive Effekte auf andere Gefäßareale?

Die inzwischen in mehreren Publikationen bestätigten Gefäßeffekte der Kakaoflavonoide sind in ihrer Bedeutung für den Gesamtorganismus noch nicht vollständig erfasst. Neben Unterschieden zwischen arteriellen und venösen Gefäßen bestehen auch deutliche Unterschiede zwischen einzelnen

Gefäßbetten und ein Unterschied der Ansprechbarkeit zwischen Arterien, Arteriolen und der Mikrozirkulation besteht möglicherweise ebenfalls. In der Haut, dem größten Organ des Körpers, führt beispielsweise die Einnahme von flavanolreichem Kakao über mehrere Wochen zu deutlich positiven Effekten in der Mikrozirkulation, sowohl in der kutanen als auch der subkutanen Durchblutung. Weiterhin wird eine Schutzwirkung gegenüber UV-Belastung und eine Verbesserung kosmetisch relevanter Hautparameter beobachtet [14]. Untersuchungen zur Wirkung an Koronararterien, welche die direkte Beziehung zur Prävention von Herzerkrankungen aufzeigen würden, stehen noch aus. Auch die Hirnarterien (A. cerebri) sind von Interesse, denn Gefäßschädigungen spielen beim Schlaganfall eine bedeutende Rolle.

Fortschritte in der Analytik und der Lebensmitteltechnologie

Die Flavan-3-ole im Kakao liegen überwiegend als Oligomere des (-)-Epicatechins vor, ein Teil besteht jedoch aus dem Monomer (-)-Epicatechin und seinen Isomeren (+)-Catechin (siehe Abbildung 2). Die Analytik dieser Substanzen sowie der im Stoffwechsel entstehenden Metabolite hat in den letzten Jahren Fortschritte erfahren [15]. Im Gastrointestinaltrakt wird nach Passage durch den Magen im Dünndarm und vor allem im Dickdarm eine Vielzahl von Bruchstücken nachgewiesen, die im Wesentlichen durch die Tätigkeit der Darmflora gebildet werden und zu einem gewissen Teil in das Portalblut aufgenommen werden [16]. Die Leber ist dann der Hauptort des Stoffwechsels und Glukuronidierung, Methylierung und Sulfatierung der Muttersubstanzen sind die wesentlichen Reaktionen. Die Konzentration des Epicatechin-Glukuronids im Blutplasma ist höher als die des freien Epicatechins. Es ist daher sinnvoll, die biologischen Wirkungen der Flavan-3-ol-Metabolite genauer zu untersuchen,

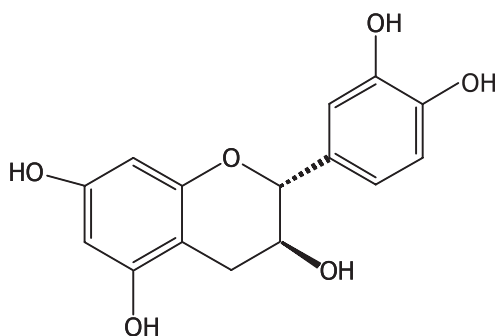


Abbildung 2: (+)-Catechin

eben, ebenso wie die Wirkungen von Phenolsäuren und anderen mikrobiellen Abbauprodukten der Flavanoide.

In dem aufwändigen Weg der Bereitung von Schokolade und anderen Produkten der Kakaobohne sind viele Schritte enthalten, welche eine Verminderung des ursprünglich hohen Gehaltes an Flavan-3-olen bewirken können. Daher gibt es starke Unterschiede im Gehalt bioaktiver Flavan-3-ole in verschiedenen Kakaoprodukten. Als Folge des gestiegenen Interesses an flavanolreichen Produkten wurden Fortschritte in der Lebensmitteltechnologie erzielt, welche einen hohen Gehalt von Flavanol bis in das Endprodukt garantieren [17].

Alles nur positiv?

Die Konzentrationen von (-)-Epicatechin und seinen Metaboliten im Blutplasma erreichen ihr Maximum etwa zwei Stunden nach Einmalgabe. Über die Gehalte in Organen und in subzellulären Komponenten gibt es nur wenig Information. Die Frage, ob es bei nutritiver Zufuhr von Kakaoflavanolen Risikobereiche (Obergrenzen) gibt, ist offen, ebenso die Frage nach unerwünschten Wirkungen von Begleitstoffen. Für Anthocyanidine, eine den Flavonoiden verwandte Stoffgruppe, wurden Effekte auf Topoisomerasen beschrieben, welche zu Doppelstrangbrüchen der DNA bei hohen Konzentrationen führen können [18]. Auch andere toxikologische Aspekte, die bei hohen Dosen von Flavonoiden beobachtet wurden, bedürfen weiterer Beachtung [19].

Fazit

Da Flavonoide auch in einer Vielzahl von anderen Nahrungsquellen vorkommen, ist die Diskussion zu deren Wirkung auf die Endothelfunktion im Hinblick auf die Prävention von Herz-Kreislauf-Erkrankungen nicht auf Kakao und abgeleitete Produkte beschränkt [20]. Auch rote Weintrauben (Rotwein) und grüner Tee sind beispielsweise Quellen von Flavonoiden und der Vergleich zwischen Kakao und diesen verschiedenen Quellen wäre von Interesse.

Korrespondenzanschrift

Prof. Dr. Helmut Sies
 Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
 Institut für Biochemie und Molekularbiologie I
 Postfach 10 10 07
 D-40001 Düsseldorf
 Germany
 E-Mail: sies@uni-duesseldorf.de
 Internet: <http://www.uniklinik-duesseldorf.de/biochemie-und-molekularbiologieins>

**Literaturverzeichnis**

- [1] Middleton E., Kandaswami C., Theoharides T.C. (2000): The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease, and cancer. *Pharmacol Rev* 52: 673–751
- [2] Dillinger T.L., Barriga P., Escárcega S., Jimenez M., Salazar Lowe D., Grivetti L.E. (2000): Food of the gods: cure for humanity? A cultural history of the medicinal and ritual use of chocolate. *J Nutr* 130: 2057S–2072S
- [3] Bitsch I. (2001): Kakao und Schokolade: gut für die Gesundheit. *Neue Erkenntnisse über bioaktive Substanzen. Moderne Ernährung* 4, November 2001, 1–4
- [4] Hertog M.G.L., Feskens E.J.M., Hollman P.C., Katan M.B., Kromhout D. (1993): Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease. The Zutphen Elderly Study. *Lancet* 342: 1007–1011
- [5] Buijsse B., Feskens E.J.M., Kok F.J., Kromhout D. (2006): Cocoa Intake, Blood Pressure and Cardiovascular Mortality. *Arch Intern Med* 166: 411–417
- [6] Ding E.L., Hutfless S.M., Ding X., Girotra S. (2006): Chocolate and Prevention of Cardiovascular Disease: A Systematic Review. *Nutr Metab* 3:2 (doi: 10.1186/1743-7075-3-2)
- [7] Born G.V.R., Schwartz C.J., Editors (1997): *Vascular Endothelium. Physiology, Pathology, and Therapeutic Opportunities*. Schattauer, Stuttgart, New York
- [8] Heiss C., Dejam A., Kleinbongard P., Schewe T., Sies H., Kelm M. (2003): Vascular effects of cocoa rich in flavan-3-ols. *J Am Med Assoc (JAMA)* 290: 1029–1030
- [9] Fisher N.D., Hughes M., Gerhard-Herman M., Hollenberg N.K. (2003): Flavanol-rich cocoa induces nitric-oxide-dependent vasodilation in healthy humans. *J Hypertens* 21: 2281–2286
- [10] Schroeter H., Heiss C., Balzer J., Kleinbongard P., Keen C.L., Hollenberg N.K., Sies H., Kwik-Urbe C., Schmitz H.H., Kelm M. (2006): (-)-Epicatechin mediates beneficial effects of flavanol-rich cocoa on vascular function in humans. *Proc Natl Acad Sci (USA)* 103: 1024–1029
- [11] Schramm D.D., Wang J.F., Holt R.R., Ensusa J.L., Gonsalves J.L., Lazarus S.A., Schmitz H.H., German J.B., Keen C.L. (2001): Chocolate procyanidins decrease the leukotriene-prostacyclin ratio in humans and human aortic endothelial cells. *Am J Clin Nutr* 73:36–40
- [12] Sies H., Schewe T., Heiss C., Kelm M. (2005): Cocoa polyphenols and inflammatory mediators. *Amer J Clin Nutr* 81: 304S–312S
- [13] Osakabe N., Baba S., Yasuda A., Iwamoto T., Kamiyama M., Takizawa T., Itakura H., Kondo K. (2001): Daily cocoa intake reduces the susceptibility of low-density lipoprotein to oxidation as demonstrated in healthy human volunteers. *Free Rad Res* 34: 93–99

- [14] Heinrich U., Neukam K., Tronnier H., Sies H., Stahl W. (2006): Long-term ingestion of high-flavanol cocoa provides photoprotection against UV-induced erythema and improves skin condition in women. *J. Nutr* 136: 1565–1569
- [15] Kelm M.A., Johnson J.C., Robbins R.J., Hammerstone J.F., Schmitz H.H. (2006): High-performance liquid chromatography separation and purification of cacao (*Theobroma cacao* L.) procyanidins according to degree of polymerization using a diol stationary phase. *J Agric Food Chem* 54: 1571–1576
- [16] Manach C., Scalbert A., Morand C., Rémésy C., Jiménez L. (2004): Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr* 79: 727–747
- [17] Wollgast J. (2004): The contents and effects of polyphenols in chocolate. Ph. D. Dissertation, Faculty of Agricultural and Nutritional Sciences, Giessen, pp 1–349
- [18] Habermeyer M., Fritz J., Barthelmes H.U., Christensen M.O., Larsen M.K., Boege F., Marko D. (2005): Anthocyanidins modulate the activity of human DNA topoisomerases I and II and affect cellular DNA integrity. *Chem Res Toxicol* 18: 1395–1404
- [19] Skibola C.F., Smith M.T. (2000): Potential health impacts of excessive flavonoid intake. *Free Rad Biol Med* 29: 375–383
- [20] Perez-Vizcaino F., Duarte J., Adriantsitohaina R. (2006): Endothelial function and cardiovascular disease: Effects of quercetin and wine polyphenols. *Free Rad Res* 40: 1054–1065

Die Vielfalt des Kakaos

Der Einfluss von Provenienz und Varietät auf seinen Geschmack

Zusammenfassung

Das bekannteste Kakaoprodukt ist die Schokolade. Lange Zeit gab es für Konsumenten lediglich die Wahl zwischen bitterer Schokolade mit relativ hohem Kakaoanteil und Milkschokolade mit einem Kakaoanteil unter 40 Prozent. Heute ist die Vielfalt der Schokoladen und weiterer Kakaoprodukte kaum noch überschaubar. Viele Schokoladen laden durch fantasiereiche Kompositionen zum Genießen ein, neue Produkte tragen mit Bezeichnungen wie Java, Arriba, Madagaskar, Sao Tomé den Verweis auf die geografische Herkunft des verwendeten Kakaos in ihrem Namen. Deutlich ist der Trend zu sehr viel höheren Kakaoanteilen als früher, bis hin zu über 90 Prozent. Ein Grund für die Vielfalt der Produkte liegt in der Variabilität des Rohkakaos. Der Blick in ein Schokoladenregal ähnelt heute dem Blick in die Vielfalt der Weinregale. Aus unterschiedlichen Kakaovarietäten, vergleichbar beim Wein, und verschiedenen Herkünften, vergleichbar den Weinanbaugebieten, ergeben sich für den Verbraucher neue Informationen, deren Bedeutung jedoch weitgehend unbekannt ist.

Prof. Dr. Reinhard Lieberei, Institut für Angewandte Botanik, Universität Hamburg

Der Weg von der Kakaofrucht zum Produkt:

Ernte, Fermentation, Trocknung

Die Kakaofrüchte reifen als fest geschlossene Früchte am Baum, sie sitzen mit sehr kurzen Fruchtstielen direkt am Stamm oder an starken Ästen. Die Früchte fallen beim Erreichen des Reifezustandes nicht ab, daher muss auf den Erntezeitpunkt sehr genau geachtet werden, damit nicht unreife oder überreife Samen angeliefert werden. Die Samen liegen in fünf Längsreihen gegliedert in der Frucht und sind von einem schleimigen Fruchtmus, der Pulpa, umgeben. Die Pulpa verdirbt leicht. Um sie zu entfernen, werden die Samen in geeignete Behälter gegeben und sorgfältig abgedeckt. Innerhalb kurzer Zeit entsteht aus dem Zucker der Pulpa im Zuge einer alkoholischen Gärung Ethanol, gleichzeitig erwärmt sich der Fermentationsansatz. Ist die Pulpa abgebaut und abgeflossen, tritt in den Fermentationsansatz Luft-sauerstoff ein, unter weiterer Erwärmung oxidiert Ethanol zu Essigsäure. Diese Essigsäure wird in die Samen aufgenommen, die Samen quellen dabei leicht auf und sterben ab. In den Speicherzellen der Samen, in denen Eiweiße, Stärke und Fette (= Kakaobutter) gespeichert sind, werden durch die Ansäuerung Enzyme aktiviert, die als Spaltprodukte der Eiweiße Peptide und freie Aminosäuren liefern. Diese Produkte der Fermentation sind wichtige Aromavorstufen im Samen (siehe Abbildung 1).

1. Entnahme der Samen mit Pulpa aus der Frucht
2. Fermentationsansatz in Kisten oder abgedeckten Haufen
3. Mikrobieller Abbau und Abfluss der Pulpa, Entstehung von Ethanol
4. Zutritt von Luftsauerstoff, Entstehung von Essigsäure aus dem Ethanol
5. Essigsäure tritt in die quellenden Samen ein
6. Absterben der Samen, Abbau von Eiweißen zu Peptiden und freien Aminosäuren
7. Weitere Reaktionen mit aus den Speicherzellen freiwerdenden Stoffen
8. Abschluss der Fermentation, Vorstufen des Kakaoaromas liegen vor, werden jedoch erst bei späterer Röstung frei
9. Trocknung des Fermentationsgutes
10. Versand des trockenen Rohkakaos

Abbildung 1: Fermentation und Aromavorstufenbildung

Neben den Hauptspeicherstoffen Fett, Stärke und Eiweiß enthalten die Kakaosamen große Mengen spezieller Inhaltsstoffe, vor allem Flavonoide und einfache phenolische Substanzen, aber auch Theobromin, Coffein und weitere Substanzen in kleinen Mengen. Die Flavonoide reagieren bei der Fermentation mit anderen Inhaltsstoffen, es entsteht eine Vielfalt von Verbindungen, die je nach Erntegut, Fermentationsverlauf und Trocknung die qualitativen Vorläufer für das spätere Kakaoaroma darstellen, das sich bei der Röstung entfaltet.

Qualitative Faktoren des Rohkakaos

Wichtigste Qualitätsmerkmale von Rohkakaos sind der Fettgehalt, das Aromapotenzial (durch die Anbauregion, die Sorte und die Sorgfalt der Fermentation bestimmt) und die Färbung. Weitere Merkmale sind der Gehalt an Polyphenolen, Coffein und Theobromin. Die Flavonoide tragen erheblich zur antioxidativen Wirkung des Kakaos bei.

Das Pflanzenmaterial

Der Weg des Kakaos vom Baum bis in die Schokolade enthält viele Schritte, deren Bedeutung für die Qualität des fertigen Produktes erst nach und nach enträtselt werden kann, denn die Vielfalt der geschmacksbestimmenden Komponenten im Kakaosamen erlaubte bislang weder eine eindeutige noch eine vollständige Zuordnung der einzelnen Stoffe zur Geschmacksempfindung „Schokolade“.

Das Ausgangsmaterial für die Schokoladenherstellung liefert zweifelsohne die Kakaopflanze. Dieser Baum, der von Linné (1735) den schönen Namen *Theobroma cacao* („Nahrung der Götter“) bekommen hat, ist einer von 22 Arten der Gattung *Theobroma*. Die gesamte Gattung ist in den feuchten Tropen Südamerikas beheimatet, im Amazonastiefland, dem größten zusammenhängenden Regenwaldgebiet der Erde. Die Indios des Amazonastieflandes verwenden neben *T. cacao* fünf weitere Arten für die Herstellung kakaohähnlicher Produkte, weltweit wird jedoch bislang nur die Art *T. cacao* genutzt. Das sehr große Regenwaldgebiet ist hinsichtlich der Nährstoffe, der Niederschläge, des Klimas und der Oberflächengestaltung so uneinheitlich, dass im Ursprungsgebiet des Kakaobaumes ganz unterschiedliche und oft isolierte Populationen von *Theobroma cacao* ihre Diversität entfalteteten.

Bereits vor der Entdeckung Amerikas durch Kolumbus war der Kakao bei den Mayas und Azteken von außerordentlicher ökonomischer Bedeutung. Kakaosamen und Kakaopflanzen waren über Wanderungszüge bis nach Mexiko gelangt [1]. Die Mayas hatten bereits im 7. Jahrhundert unserer Zeitrechnung Kakaopflanzungen angelegt [2]. Somit war das Verbreitungsgebiet des Kakaobaumes zur Zeit der Entdeckung Amerikas bereits weit aus der Region des ursprünglichen Vorkommens (center of origin), der Amazonasregion, in sekundäre Verbreitungsgebiete, in die Circum-karibischen Region, ausgeweitet worden.

Vor allem die Länder an der Nordküste Südamerikas und die mittelamerikanische Region waren gekennzeichnet als sekundäre Verbreitungsgebiete des Kakaos [3]. Die hier genutzten kleinen Populationen von Kakaobäumen waren, getrennt von den primären Kakaovorkommen, erfolgreich weiterkultiviert worden. Als Resultate entstanden einzelne Kulturen, die durch den begrenzten oder gar nicht stattfindenden genetischen Austausch spezielle lokale Varietäten bildeten, wie z. B. der Kakao in der Region des Maracaibo-Sees (Venezuela), in Nicaragua oder in Yukatan.

In den schon in vorkolumbischen Zeiten isolierten Populationen gingen die pflanzlichen Merkmale bereits soweit auseinander, dass der für Mittelamerika typische Criollo-Kakao von den Pflanzensystematikern 1964 als eigene Unterart neben den im Ursprungsgebiet vorkommenden Forastero-Kakao gestellt wurde [4].

Ausdehnung des Kakaoanbaus und weltweite Verbreitung

Die ersten Jahrzehnte des 20. Jahrhunderts waren durch intensive Kakaozüchtungsarbeit gekennzeichnet. Ziele waren vor allem hohe Produktion und hohe Resistenz gegen Pilze, vor allem gegen Hexenbesen, hervorgerufen durch *Crinipellis perniciosa*. In der Folge kam es bedingt durch stark steigende Nachfrage nach Rohkakaos zur schnellen und bis heute wachsenden Verbreitung des Kakaoanbaus über den gesamten Tropengürtel. Neue bedeutende Kakaoproduzenten werden Indonesien und Vietnam, bald sicher auch China sein.

- Biologische Eigenschaften des Baumes
- Keimung und Entwicklung, Gleichmäßigkeit der Reife
- Wachstumsform der Pflanze, Verzweigungen
- Wurzelsystemausprägung
- Blatt: Form und Farbe, Blattansatz, Lebenszeit, physiologische Leistung
- Blüten: Farbe, Form, Ansatz, Befruchtungstypus
- Früchte: Form, Farbe, Größe, Oberflächenstrukturen, Abreife
- Samen: Form, Farbe, Größe, Inhaltsstoffe, Abreifezeitpunkt
- Pulpa: Farbe, Konsistenz, Zucker, Säuren, Abreifeverhalten, Aromakomponenten
- Resistenz gegen biologische und klimatische Faktoren

Abbildung 2: Kriterien der Variabilität

Die Indikatoren für Variabilität sind vorwiegend genetisch festgelegt, aber viele der genannten Faktoren werden durch Umwelteinflüsse mitbestimmt oder sogar entscheidend beeinflusst (siehe Abbildung 2).

Die extreme Dynamik der Verbreitung des Kakaos über die ganze Welt einschließlich der Kreuzungs- und Selektionsarbeit wird eindrucksvoll dargestellt in dem kürzlich erschienenen Buch von Bartley zur genetischen Diversität des Kakaobaums [3]. Die wissenschaftlichen Genbanken sind heute vor allem auf Trinidad und an der Universität Reading in England zu finden (www.icgd.reading.ac.uk).

Die Anbausysteme

Im Zuge der Verbreitung der Kakaokultur über den gesamten Tropengürtel und der außerordentlichen Zunahme der Kakaoproduktion von 0,2 Mio. Tonnen pro Jahr zu Beginn des 20. Jahrhunderts auf 3,9 Mio. Tonnen im Jahr 2005 sind erhebliche Austauschprozesse an Saatgut, aber auch an definierten, z. T. durch Pfropfung klonierten Pflanzen zustande gekommen. In jeder Region wurden solche Genotypen angebaut, deren Eignung in der Produktion am besten schien. Eignung war vor allem definiert durch hohen Ertrag an Rohkacao, weniger durch spezifische Qualitätsfaktoren.

Der Kakaobaum stammt ursprünglich aus der lichtarmen, beschatteten unteren Etage des feuchttropischen Regenwaldes. Doch wie nahezu jede Pflanze lässt sich auch Kakao in einem weiten Bereich klimatischer Faktoren anbauen, wenn geeignete Zusatzmaßnahmen angeboten werden. So kann der Anbau von Kakao auch ohne Beschattung betrieben werden, allerdings ist eine erhöhte Versorgung mit Mineraldünger und mit Wasser erforderlich. Die Bäume wachsen unter Stress, die Blätter der äußeren Krone sind kurzlebiger, aber der Ernteertrag ist höher als bei Schattenkulturen. Neben dieser recht teuren Kulturmethode existieren viele Mischkulturen, deren Eignung je nach Anbauregion unterschiedlich ist, z. B. Kakao und Kokos, Kakao und Banane. Das wohl berühmteste Mischkultursystem ist das Cabruca-Pflanzsystem in Bahia (Brasilien), in dem der Kakao in den ausgelichteten Küstenregenwald gepflanzt wird und somit sehr erfolgreich und ökologisch umsichtig in eine Region gebracht wurde, die ähnliche Bedingungen wie das Ursprungsgebiet mehr als 1.000 km weiter nördlich aufweist. In den unterschiedlichen Anbausystemen tritt natürlich

durch die stark variierenden Umweltfaktoren und deren Zusammenspiel die Beeinflussung der nichtgenetischen Qualitätsfaktoren sehr prägnant hervor, z. B. ergab ein qualitativer und quantitativer Vergleich der Pulpa pro Frucht bei Anbau identischer Klone in Malaysia und in Ghana außerordentlich hohe Unterschiede [3, 10, 11].

Die Aufarbeitung der Samen

Nach der Fruchternte findet die Fermentation der Samen in unterschiedlichsten Behältern statt und geht von unterschiedlichsten Startbedingungen aus. Die Pulpamenge, bedingt durch das Pflanzenmaterial und das Pflanzsystem; die Samengröße, bedingt durch die Mutterpflanze und die Umweltfaktoren; der Abbauprozess der Pulpa, bedingt durch Pulpazustand, Mikrobenflora und Fermentationsbehälter – alle diese Faktoren bestimmen gemeinsam die Reaktionen der Aromavorstufenbildung im Samen. Als qualitätsbestimmende Größe kommt zusätzlich die Beeinflussung der Fermentation durch Vermischung des Fermentationsgutes während des Prozesses und die Festlegung der Fermentationsdauer hinzu.

An die Fermentation schließt sich eine möglichst schnelle und einheitliche Trocknung an, um den Restwassergehalt in den Samen auf ca. 7 Prozent zu senken und somit Schimmelfall im Lager und beim Transport zu vermeiden. Getrocknet wird an sonnigen Tagen durch die Sonneneinstrahlung, bei hoher Feuchtigkeit und Regen wird geheizt. Überschreiten hierbei die Trocknungstemperaturen 50 Grad Celsius, treten nachweisbare Veränderungen im Trockengut auf.

Lagerung und Transport sind ebenfalls Faktoren, die sich auf die Qualität auswirken können. Vor diesem Hintergrund sind Kakaohändler und Schokoladenhersteller gleichermaßen darauf bedacht, diese Prozesse kurz zu halten und die Bedingungen zu kontrollieren.

Kakaohandel und Qualitätsbeurteilung

Nach botanischen Gesichtspunkten wurde die Art *Theobroma cacao* in die Unterarten *T. cacao* ssp. *cacao* (Criollo) und *T. cacao* ssp. *sphaerocarpum* (Forastero) untergliedert. Dies geschah aufgrund vieler morphologisch-anatomischer Merkmale, durch die sich diese Gruppen unterscheiden lassen [4]. Nach neuesten molekularbiologischen

Tabelle 1: Herkunft oder Marke: eine kurze Auswahl markanter Namen (aus der Aufstellung geht hervor, dass die Bezeichnungen nicht für eine definierte Kakaosorte stehen, sondern vor allem geschichtlich erklärbare Sortenmischungen/Populationen beschreiben)

<u>Traditionelle Bezeichnungen:</u>	<u>Herkünfte:</u>
Criollo: alle ursprünglichen Kulturen eines Anbaugebietes wurden als Criollo oder creole = nativ bezeichnet, hellbrechende Samen	Sao Tomé: Insel im Atlantik vor Kamerun mit Kakaomehrerer Herkünfte, im wesentlichen Forastero aus den brasilianischen Staaten Bahia und Espirito Santo, aber auch Criollo aus Venezuela
Forastero: alle Neuzugänge in einem Anbaugebiet waren forastero = fremd. Die Neuzugänge stammten aus dem Amazonasgebiet, violette und braune Samen	Amazonas: alle Kakaoherkünfte mit Forastero-Eigenschaften
Trinitario: früher: Pflanzenimporte aus Trinidad nach Venezuela, vermutlich Forasteros; heute: Bezeichnung für definierte Hybride aus Criollo und Forastero aus Trinidad	Ecuador: regionale Dominanz von Criollo, heute auch Klonsorten
Nacional: eine Varietät/Population auf der Basis von Criollo aus Ecuador	Java: alte gemischte Herkünfte, vor allem Criollo
Real: eine Population aus Nicaragua, vermutlich von Criollo abgeleitet	Trinidad: gemischte Herkünfte, heute oft gezielte, durch Klonierung weitervermehrte Kreuzungshybriden aus Criollo und Forastero
Porcelana: Criollos mit weicher Fruchtoberfläche, vorwiegend Surinam, aber auch Java	Venezuela: vor allem Criollo
Pentagona: Criollo mit ausgeprägten Fruchtrippen	Ghana: Forastero aus Brasilien, über Sao Tomé eingeführt als West African Amelonado, später durch Criollo-Genotypen ergänzt
Lagarto, Jacaré: Forastero-Varietäten mit warziger Fruchtoberfläche	Elfenbeinküste: Forastero aus Brasilien, über Sao Tomé eingeführt als West African Amelonado
Klonsorten: neue Sorten liefern durch vegetative Vermehrung genetisch identisches Material, derzeit vorwiegend in Ecuador in Nutzung	Kamerun: sehr diverse Mischung aus Forastero- und Criollo-Herkünften, gesammelt im Botanischen Garten in Victoria, Kamerun, als „Victoria-Kakao“
	Ceylon: Ressourcen aus Trinidad, Criollo-Hybride
	Indonesien: frühe Pflanzungen auf der Basis von Criollo, heute überwiegend Forastero

Befunden ist der Unterschied zwischen den Unterarten derart gering, dass die Gliederung in Unterarten möglicherweise nicht gerechtfertigt erscheint. Alle genannten Unterschiede der Pflanzen sind über natürliche oder durch menschliche Aktivitäten der Trennung von Pflanzenpopulationen voneinander und Weiterkultivierung in unterschiedlichen Regionen entstanden. Prinzipiell sind aber alle diese Pflanzen noch miteinander kreuzbar und liefern fertile Nachkommen, sie gehören damit einer Art an. Botanisch lassen sich die Unterschiede als Sorten, Varietäten oder isolierte Populationen bezeichnen (siehe Tabelle 1).

Für den Handel und die Produktion ergeben sich jedoch gerade aus diesen vielen regionalen Anpassungen definitive Unterschiede bei den Handelsprodukten. Diese Unterschiede beruhen aber nicht nur auf dem Pflanzenmaterial, sondern auf der gesamten Kette der Produktion, d. h. vom pflanzlichen Genotyp über das Anbausystem, den Erntezeitpunkt, den gesteuerten Fermentationsablauf bis hin zur kontrollierten Trocknung. Wenn alle diese qualitätsgebenden Prozesse wiederholbar und zuverlässig vorgegeben sind, wird ein qualitativ weitgehend gleichbleibendes Produkt in den Handel kommen.

Die Rohkakaolieferungen aus dem gesamten Tropenbereich unterscheiden sich in vielen Aspekten wie Sorte, gemischtes Material von Großplantagen, Zufallsmischungen aus der Produktion vieler Kleinbauern. Sie sind aber je nach Produktionsland in dieser Weise typisch. Von daher wurde vor einigen Jahren eine Merkmalsammlung für Rohkakao angelegt, der Cocoa-Atlas. In diesem Atlas sind zuverlässig die Daten zur Zusammensetzung und mittleren Qualität der jeweiligen Rohkakaos erfasst. Bei der Beschreibung und Beurteilung werden Struktur und Größe der Samen, Fermentationsgrad (durch den Schnitttest) und chemische Parameter herangezogen. Rückschlüsse auf Erntegut, Fermentationsverlauf und anschließende Trocknung lassen sich daraus ziehen [9].

Bewertung und Prozessierung

Eine besondere Kunst ist die Qualitätssicherung durch den Kakaohandel. Im Einkauf sowohl von Spezialchargen sogenannter Edelkakaos als auch im Einkauf der Massenkakaos gilt es, fehlbehandelte Rohkakaos zu vermeiden, denn aus einem ungeeignetem Rohstoff kann kein hochwertiges Produkt entstehen. Jeder Rohkakao unterliegt bereits im Anbauland mehrfachen Kontrollen und wird bei der Anlandung erneut geprüft. Internationale Prüfkriterien werden angewendet, z. B. von der Cocoa Association of London Limited (CAL) oder der Association Francaise du Commerce des Cacaos (AFCC). Vor der Verarbeitung durchläuft das Material eine weitere Eignungsuntersuchung. Erst nach diesen Prüfungen wird entschieden, für welche Produktionslinie das Material infrage kommt.

Die vorwiegend aus Criollo- oder Trinitarioklonen produzierten Feinaroma-Kakaos haben aufgrund ihrer Gehalte an ätherischen Ölen charakteristische Aromenoten wie „fruchtig“ oder „blumig“, bei gleichzeitig geringer Bitterkeit und niedrigem Säuregrad. Geschulte Aroma-Testpanels ordnen geröstete und vermahlene Proben aller Kakaosorten nach gründlicher Prüfung für die jeweilige Verwendung ein.

In welcher Weise dann aus einem sehr guten Rohkakao im Rahmen der Prozessierung die Aromavorstufen genutzt werden, um den Schokoladengeschmack zum Nutzen der Verbraucher gekonnt zu entfalten, ist stets ein streng gehütetes Firmengeheimnis.

Viele Produzenten gehen immer mehr auf gezielten Einkauf über, bis hin zu Vertragsanbau mit bestimmten Plantagen, um definierte Chargen mit besonderer Qualität zu sichern. Dieser Weg führt unter anderem zu einer direkteren Nutzung der genotypischen Variabilität und verspricht für die Zukunft eine noch interessantere Angebotslage an Schokolade als bislang.

Fazit

Auf die Gourmets kommt eine interessante Zeit zu. Die Vielfalt der Geschmackserlebnisse bei reinen Schokoladenprodukten nimmt stark zu, da mittlerweile sowohl im Anbau als auch in der Begleitforschung sehr auf die qualitätsbestimmenden Feinheiten des Rohkakaos geachtet wird. Dies trifft zu für die sehr sorgfältige Auswahl der neuen Kakaobaumsorten, für die Bestimmung des Erntezeitpunktes der Früchte und für die Lenkung von Fermentation und Trocknung. Somit steht dem Kakaohandel ein erweitertes Spektrum von Rohkakao zur Verfügung. Diese Möglichkeiten werden von den Schokoladenherstellern schon heute genutzt und bieten dem Feinschmecker neue Geschmackserlebnisse.

Korrespondenzanschrift

Prof. Dr. Reinhard Lieberei
Universität Hamburg
Department Biologie
Martin-Luther-King-Platz 2
D-20146 Hamburg
reinhard.lieberei@uni-hamburg.de



Literaturverzeichnis

- [1] Wolters B. (1999): Dispersion and ethnobotany of the cacao tree and other amerindian crop plants. *Journal of Applied Botany*, 73, 128–137
- [2] Dand R. (1999): *The international cocoa trade. Second Edition* CRC Press Boca Raton, Boston, New York, Washington, D.C., 418 pp
- [3] Bartley B.G.D. (2005): *The genetic diversity of cacao and its utilization*. CABI Publishing, Oxfordshire, Cambridge, 342 pp
- [4] Cuatrecasas J. (1964): *Cacao and its allies: a taxonomic revision of the genus Theobroma: Contributions from the U.S.National Herbarium* 35 (6), 379–614
- [5] *International Cocoa Germplasm Database:* www.icgd.reading.ac.uk
- [6] Cheesman E.E. (1944): Notes on the nomenclature, classification and possible relationships of cacao populations. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 21 (8), 144–159
- [7] Preuss P. (1901): *Expedition nach Central- und Südamerika 1899/1900. Berichte des Kolonialwirtschaftlichen Komitees Berlin*, 374 pp
- [8] Pound F.J. (1938): *Cacao and Witchbroom Disease of South America (Marasmius perniciosus). Report on a visit to Ecuador, the Amazon Valley and Colombia, April 1937 – April 1938*. Yuille's Printerie, Port-of-Spain, Trinidad and Tobago, 58 pp
- [9] Lieberei R., Rohsius C. (2002): *Cocoa-Atlas. Compact Disc. Foundation of the German Cocoa and Chocolate Industry*. ISBN 3-9808866-03
- [10] Elwers S. (2002): *Abschlußbericht „Phenolische Substanzen und antioxidatives Potential in Kakao – Gehalte und prozessierungsbedingte Veränderungen.“ German Cocoa and Chocolate Foundation*
- [11] Pettipher G.L. (1986): Analysis of Cocoa Pulp and the Formulation of a Standardised Artificial Cocoa Pulp Medium. *Journal of the Science of Food and Agriculture* (37), 297-309