

Betalaine in Beten und Feigenkaktusfrüchten

Horst Schmandke, Nuthetal

Pflanzen, die nicht die farbigen Anthocyane bilden, enthalten als Farbstoffe die kationischen Antioxidanzien Betalaine [1]. Dazu gehören auch die rotviolettten Betacyane und gelben Betaxanthine, die in der Roten sowie Gelben Bete (*Beta vulgaris*) und in den rötlichen, gelben und auch weißen Früchten des Feigenkaktus (*Opuntia ficus indica*) vorkommen.

Chemische Struktur und Eigenschaften sowie Vorkommen

Sowohl Betacyane als auch Betaxanthine werden aus Betalaminsäure (1) gebildet (Abb. 1) [2].

Durch Kondensation mit Cyclo-3,4-dihydroxy-phenylalanin (Cyclodopa) werden aus Betacyanen die Aglykone Betanidin (3) und das C 15-Epimere Isobetanidin gebildet. Die entspre-

chenden 5-O- β -Glucoside werden Betanin (4) und Isobetanin genannt. Ebenfalls wird 14,15-Dehydrobetanin (Neobetain) gebildet.

Die Betaxanthine dagegen entstehen durch Kondensation der Betalaminsäure (1) mit Aminosäuren bzw. Aminen. So bilden sich z. B. mit Glutaminsäure Vulgaxanthin II, mit Leucin Vulgaxanthin IV und mit Prolin Indicaxanthin (2) sowie mit Glutamin Vulgaxanthin I und mit Dopamin Miraxanthin V.

Wie Abbildung 1 ebenfalls zu entnehmen ist, ist die Stabilität der Betalaine abhängig von der Temperatur und dem pH-Wert. So werden innerhalb einer halben Stunde bei 50, 70 und 90 °C in einem Fruchtextrakt des Feigenkaktus 36, 75 bzw. 90 % des Betanins abgebaut [3, 4]. Das Stabilitätsmaximum des Betanins liegt bei pH 4,5–5,0, für die Betaxanthine bei pH 7 [2].

Die bisher in Roten und Gelben Beten sowie in Kaktusfeigenfrüchten nachgewiesenen Betacyane und Betaxanthine sind in Tabelle 1 zusammen gestellt [2, 5], die wenigen Angaben über die Gehalte von Betanin und Indicaxanthin in Roten Beten und Kaktusfeigenfrüchten in Tabelle 2 [1, 3, 6–8].

Absorption und Stoffwechsel

In Humanstudien wurden 12 Stunden nach einer oral verabfolgten Dosis von 16 mg Betanin und 28 mg Indicaxanthin (in Fruchtpulpe der Kaktusfeige) knapp 4 % als Betanin und 76 % als Indicaxanthin mit dem Harn ausgeschieden [9]. Nach Gabe von 120 mg Betanin (in Rote-Bete-Pulpe) wurden 0,9 % im Harn nachgewiesen [1].

Im Blutserum wird die maximale Konzentration für Betanin (0,2 nmol/ml) und Indicaxanthin (6,9 nmol/ml) nach 3 Stunden erreicht. Die Halbwertszeiten für die beiden Verbindungen betragen im Blutserum 0,9 bzw. 2,4 Stunden. Zum Zeitpunkt der maximalen Konzentration im Blutserum sind an 1 mg LDL-Protein 2,5 pmol Betanin und 98 pmol Indicaxanthin gebunden.

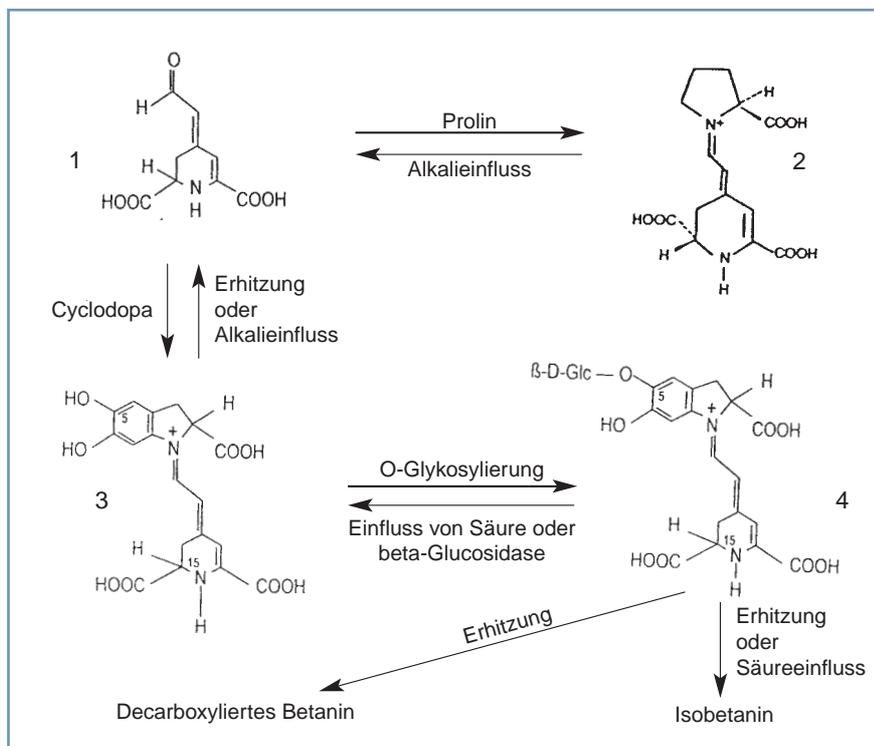


Abb. 1: Bildung der Betacyane Betanidin (3) und Betanin (4) sowie des Betaxanthins Indicaxanthin (2) aus Betalaminsäure (1) in der Pflanze und chemischer Abbau der gebildeten Verbindungen während der Lagerung und Verarbeitung der Bete bzw. Früchte des Feigenkaktus

Betanidin, das Aglykon des Betanin, konnte im Blutserum nicht nachgewiesen werden [9]. In Übereinstimmung damit stehen Befunde an der Ratte [10, 11].

Nach einer oralen Gabe von 4,4 µmol Betanin (in einer Suspension von Rote-Bete-Pulver) werden innerhalb von 24 Stunden jeweils 3 % mit dem Fäzes und dem Harn ausgeschieden. Die Halbwertszeit für Betanin im Blutserum beträgt für die Ratte 0,5 Stunden. Die Metabolisierung des absorbierten Betanins im Organismus dürfte gering sein, da 4 Stunden nach einer intravenösen Injektion von 4,5 µmol Betanin bereits 88 % als Solches mit dem Harn ausgeschieden werden. In Zellkulturen mit Hepatozyten wurden nach 7 Stunden keine Abbauprodukte von Betanin, Isobetanin und Indicaxanthin gefunden.

Damit bleibt als Begründung für die geringe Absorption des Betanins nur noch sein Abbau im Magen-Darm-Trakt übrig. In diesem Sinne konnte bisher in vitro gezeigt werden, dass innerhalb von 24 Stunden bei 37°C bis zu 30 % des Betanins, welches Darmgewebe oder Darminhalt (Mikroflora) zugesetzt wurde, abgebaut wird, wobei der Stoffwechsel durch die Mikroflora am ausgeprägtesten ist. Allerdings ist in keinem Fall beispielsweise die Abspaltung der Glucose, also die Bildung von Betanidin, beschrieben worden.

Biologische Wirkung

Die antioxidative Wirkung von Rote-Bete-Pulpe in vitro ist seit langem bekannt.



Rote Bete

Tab. 1: In Bete und Früchten des Feigenkaktus vorkommende Betalaine

Mit Betalaminsäure umgesetzte Aminokomponente	Betalaine	Bete Rote	gelbe	Feigenkaktusfrüchte
Cyclodopa	Betacyane			
	Betanidin	+		
	Betanin	+		+
	Isobetanin	+		+
	Neobetanin	+		
	Betaxanthine (Bx)			
Glutamin	Vulgaxanthin I	+	+	+
Glutaminsäure	Vulgaxanthin II	+		
Leucin	Vulgaxanthin IV		+	+
Dopamin	Miraxanthin V		+	
Prolin	Indicaxanthin		+	+
Serin	Serin-Bx		+	+
γ-Aminobuttersäure	γ-Aminobuttersäure-Bx		+	+
Valin	Valin-Bx		+	+
Isoleucin	Isoleucin-Bx		+	+
Phenylalanin	Phenylalanin-Bx		+	+
Tryptophan	Tryptophan-Bx		+	

Tab. 2: Betalaingehalt in Rote Bete und Feigenkaktusfrüchten in mg/kg frischer Pulpe

	Betanin	Indicaxanthin
Rote Bete	400–600 300–600 ¹	0 ² 0 ²
Gelbe Feigenkaktusfrüchte		
Sizilien	10 12	84 93
Rötliche Feigenkaktusfrüchte		
Sizilien	51	26
Spanien	190	300
Weißer Feigenkaktusfrüchte		
Sizilien	1	59

¹nur geringe Mengen an Isobetanin und Betanidin; ²nur geringe Mengen an Vulgaxanthin I und II

Die Aktivität gegenüber dem 2,2'-Azino-bis-3-ethylbenzthiazolin-6-sulfonsäure-Radikal ist in mit Betanin bzw. Vulgaxanthin I angereicherten Fraktionen bestimmt worden. Dabei hat sich Betanin, verglichen mit Vulgaxanthin I, als der stärkere Radikalfänger erwiesen, wobei allerdings eine deutliche pH-Abhängigkeit existiert. Im sauren Bereich ist die Aktivität am geringsten [12].

Die Hemmung der durch Cytochrom C, Metmyoglobin oder durch Sojabohnen-Lipoxygenase bewirkten Linolsäure-Peroxidation erfolgt sehr effektiv mit Betanin und Betanidin. Das gilt auch für die mikrosomale Lipid-Peroxidation und für die Oxidation menschlicher LDL mit H₂O₂-aktiviertem Metmyoglobin [1].

Im Falle einer durch Kupfer induzierten Oxidation menschlicher LDL erwies sich Indicaxanthin als ein stärkerer Inhibitor als Betanin [13].

An gesunden Versuchspersonen wurde nunmehr nachgewiesen, dass eine tägliche Gabe von 6 mg Betanin und 47 mg Indicaxanthin (als Früchtepulpe des Feigenkaktus) zu einer signifikanten Verminderung des oxidativen Stresses führt (Tab. 3) [8]. Damit sind Beziehungen zu Arteriosklerose [14] und Krebs gegeben. In letzterem Fall sind am Mäusemodell signifikante Wachstumshemmungen bei durch Kanzerogene erzeugtem Haut- oder auch Lungenkrebs erzielt worden [15].

Fazit

Die Betalaine der Roten und Gelben Beten sowie in Feigenkaktusfrüchten sind sehr effektive Antioxidanzien in anorganischen und biologischen Systemen mit einem erheblichen präventiven Potenzial gegenüber Arterio-

Tab. 3: Veränderung der Biomarker-Konzentration [8] in Blutserum und LDL vor (I) und nach (II) zweiwöchiger Verabfolgung von 6 mg Betanin + 47 mg Indicaxanthin (als Fruchtepulpe des Feigenkaktus) pro Tag und gesunder Versuchsperson

Biomarker	I	II
Malondialdehyd (µmol/l)	1,1	0,3
15-F _{2t} -Isoprostan ¹ (ng/l)	45	31
LDL-Hydroperoxide (nmol/mg LDL-Protein)	6,5	3,9

¹8-epi-Prostaglandin F₂ [14]

Zusammenfassung

Betalaine in Bete und Feigenkaktusfrüchten

H. Schmandke, Nuthetal

In Lebensmitteln kommen die Betalaine, also Betacyane und Betaxanthine, in Roten und Gelben Beten (*Beta vulgaris*) sowie in Feigenkaktusfrüchten (*Opuntia ficus indica*) vor. Die Hauptvertreter sind Betanin (bis zu 600 mg/kg Pulpe) und Vulgaxanthin I in Roten Beten, Vulgaxanthin I in Gelben Beten sowie Indicaxanthin (bis zu 300 mg/kg Pulpe) und Betanin (bis zu 190 mg/kg Pulpe) in den Früchten des Feigenkaktus.

Die Stabilität der Betalaine ist temperatur- und pH-abhängig. So wird Betanin durch Säure zu seinem Aglykon, Betanidin, gespalten oder durch Erhitzen decarboxyliert. Indicaxanthin beispielsweise wird durch Alkali zu Betalaminsäure und Prolin abgebaut. Die Absorptionsrate von Betanin ist gering (Urinausscheidung: ~ 4 %); die von Indicaxanthin beträgt dagegen das 20-fache davon. Stoffwechselprodukte sind im Blutserum, Leber und Harn nicht gefunden worden. Im Dickdarminhalt werden in vitro etwa ein Drittel des dosierten Betanins abgebaut. Die Abbauprodukte sind noch unbekannt.

Die Betalaine sind effektive Oxidationshemmer in vitro, auch in biologischen Systemen (z. B. in LDL). In vivo (gesunder Mensch) führen Betanin und Indicaxanthin zu einer signifikanten Verminderung einiger Biomarker für oxidativen Stress in Blutserum und LDL. Es bestehen deshalb Beziehungen zu Arteriosklerose und Krebs (Haut und Lunge).

Ernährungs-Umschau 52 (2005), S. 56–58

sklerose und Krebs. Diese Wirkeigenschaften nutzbar zu machen, besteht noch erheblicher Forschungsbedarf. Dazu gehören die erhöhte Verfügbarkeit der einzelnen Betacyane und Betaxanthine, der Stoffwechsel in vivo einschließlich desselben durch die Mikroflora sowie die biologische Wirkung der Betalaine und ihrer Abbauprodukte im Zusammenhang mit der Entwicklung von Arteriosklerose und Krebs.

Literatur:

1. Kanner J, Harel S, Granit R: Betalains – A new class of dietary cationized antioxidants. *J Agric Food Chem* 49, 5178-5185 (2001)
2. Stintzing FC, Schieber A, Carle R: Rote Bete als färbendes Lebensmittel – eine Bestandsaufnahme. *Obst-, Gemüse- und Kartoffelverarbeitung* 85, 196-204 (2000)
3. Fernández-López JA, Almela L: Application of high-performance liquid chromatography to

the characterization of the betalain pigments in prickly pear fruits. *J Chromatogr A* 913, 415-420 (2001)

4. Pákai G, Barta J, Varsányi I: Decomposition of anticarcinogen factors of the beetroot during juice and nectar production. *Cancer Lett* 114, 105-106 (1997)
5. Stintzing FC, Schieber A, Carle R: Identification of betalains from yellow beet (*Beta vulgaris* L.) and cactus pear (*Opuntia ficus indica* L. Mill.) by high-performance liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry. *J Agric Food Chem* 50, 2302-2307 (2002)
6. Goldman IL, Eagen KA, Breitbach DN, Gabelman WH: Simultaneous selection is effective in increasing betalain pigment concentration but not total dissolved solids in red beet. *Am Soc Horticult Sci* 121, 23-26 (1996)
7. Butera D, Tesoriere L, di Gaudio F, Bongiorno A, Allegra M, Pintaudi AM, Kohen R, Livrea MA: Antioxidant activities of Sicilian prickly pear (*Opuntia ficus indica*) fruit extracts and reducing properties of its betalains: Betanin and Indicaxanthin. *J Agric Food Chem* 50, 6895-6901 (2002)
8. Tesoriere L, Butera D, Pintaudi AM, Allegra M, Livrea MA: Supplementation with cactus pear (*Opuntia ficus indica*) fruit decreases oxidative stress in healthy humans. A comparative study with vitamin C. *Am J Clin Nutr* 80, 391-395 (2004)

9. Tesoriere L, Allegra M, Butera D, Livrea MA: Absorption, excretion, and distribution of dietary antioxidant betalains in LDLs: potential health effects of betalains in humans. *Am J Clin Nutr* 80, 941-945 (2004)
10. Krantz C, Monier M, Wahlström B: Absorption, excretion, metabolism and cardiovascular effects of beetroot extract in the rat. *Food Cosmet Toxicol* 18, 363-366 (1980)
11. Reynoso RC, Giner TV, González de Mejía E: Safety of a filtrate of fermented garambullo fruit: Biotransformation and toxicity studies. *Food Chem Toxicol* 37, 825-830 (1999)
12. Escribanao J, Pedreno MA, Garcia-Carmona F, Munoz R: Characterization of the antiradical activity of betalains from *Beta vulgaris* L. roots. *Phytochem Anal* 9, 124-127 (1998)
13. Tesoriere L, Butera D, di Gaudio F, Allegra M, Gentile C, Livrea MA: Increased resistance to oxidation of betalain-enriched human low density lipoproteins. *Free Radic Res* 37, 689-696 (2003)
14. Schmandke H: F₂-Isoprostane aus Arachidonsäure – Biomarker für oxidativen Stress? *Ernährungs-Umschau* 47, 172-176 (2000)
15. Kapadia GJ, Tokuda H, Konoshima H, Nishino H: Chemoprevention of lung and skin cancer by *Beta vulgaris* (beet) root extract. *Cancer Lett* 100, 211-214 (1996)

Anschrift des Verfassers:
Prof. Dr. Horst Schmandke
 Eichhörnchenweg 22a
 Ort Bergholz-Rehbrücke
 14558 Nuthetal