



Foto © Daniel Wincel/stock.adobe.com

Betalaine als natürliche Lebensmittelfarbstoffe

PROF. DR. FLORIAN KUGLER • PROF. DR. FLORIAN C. STINTZING • PROF. DR. DR. REINHOLD CARLE

Neben Geruch und Geschmack eines Lebensmittels ist dessen Farbe ein nicht zu unterschätzendes Qualitätsmerkmal, denn „das Auge des Verbrauchers isst immer mit“. Die Färbung von Lebensmitteln mit synthetischen und zunehmend auch natürlichen Farbstoffen spielt daher eine bedeutende Rolle in der Lebensmittelproduktion.

Der Einsatz von Farbstoffen ist nicht uneingeschränkt möglich; er wird durch die Zusatzstoff-Zulassungsverordnung (ZZuV) geregelt. So dürfen laut ZZuV Grundnahrungsmitteln wie Milch, Brot, Teigwaren, Fleisch und Fisch keine Farbstoffe zugesetzt werden. Eine Färbung darf bei Grundnahrungsmitteln nur durch Zugabe färbender Lebensmittel (z. B. Rote Bete, Eigelb) oder durch Zusätze zum Tierfutter bei Lebensmitteln tierischer Herkunft (z. B. Carotinoide im Hühner- oder Fischfutter) erfolgen. Für einige Farbstoffe ist die Verwendung strikt auf spezielle Produktgruppen beschränkt, wie im Fall von Amaranth (E 123), einem Azofar-

stoff, der ausschließlich der Färbung von Aperitifweinen und Fischrogen dienen darf. Mit den Beschränkungen, die zum Teil auch festgelegte Höchstmengen für den Einsatz von Farbstoffen in Lebensmitteln beinhalten, verfolgt der Gesetzgeber im Wesentlichen zwei Ziele: den Schutz des Verbrauchers vor Täuschung und die Begrenzung des Einsatzes von Farbstoffen, deren toxikologische Unbedenklichkeit nicht vollständig geklärt ist.

Lebensmittel werden in der Praxis aus folgenden Gründen gefärbt:

- um Farbverluste auszugleichen, die zum Beispiel bei der Verarbeitung oder während der Lagerung eintreten;
- zur Korrektur von jahreszeitlich bedingten oder von der Qualität der eingesetzten Rohware abhängigen Schwankungen der Farbintensität;
- um die Farbe von Produkten zu verstärken, bei denen der Verbraucher vom Erzeugnis oder vom Geschmackstyp her einen intensive- ren Farbton erwartet;

- zum Schutz von lichtempfindlichen Vitaminen und Aromastoffen während der Lagerung („sun-screen“-Effekt);
- um farblosen, unansehnlichen und auf den Verbraucher unappetitlich wirkenden Produkten eine attraktive Farbe zu verleihen;
- um die Identität und den Charakter eines Produktes zu verstärken und damit die Wiedererkennung durch den Verbraucher sicherzustellen;
- zur Färbung von neuen Trend-Produkten, die insbesondere für junge Konsumenten bestimmt sind;
- zugesetzte Farbstoffe können neben ihrer Funktion als farbgebende Komponente auch als Indikator für die Qualität des Produktes zum Beispiel während der Lagerung dienen und daher auch in der Qualitätssicherung von Bedeutung sein.

Natürliche Färbung mit färbenden Lebensmitteln

Bei den natürlichen Pigmenten lassen sich im Wesentlichen vier Pigmentklassen unterscheiden: Anthocyane, Betalaine, Carotinoide und Chlorophylle. Farbextrakte aus verzehrfähigen pflanzlichen Rohwaren werden als färbende Lebensmittel in der Lebensmittelindustrie eingesetzt. Mit carotinoidhaltigen Karotten-Extrakten wird beispielsweise ein gelblicher Farbton in Speiseeis erzielt, chlorophyllhaltiger Spinat kommt unter anderem bei der Färbung von Teigwaren zum Einsatz. Anthocyanhaltige Konzentrate aus dem Saft von Schwarzen Johannisbeeren finden bei der Färbung von Süßwaren wie zum Beispiel Gelatineprodukten Anwendung, während betalainhaltige Konzentrate aus dem Saft von Roten Rüben unter anderem zur Färbung von Fruchtzubereitungen eingesetzt werden.

Ein färbendes Lebensmittel muss nach herrschender Meinung (EU-Farbstoffrichtlinie 94/36 vom 30. Juni 1994) die folgenden Bedingungen erfüllen:

- Das färbende Lebensmittel muss aus einem üblichen Lebensmittel gewonnen worden sein. (Spinat ist ein gebräuchliches Lebensmittel, nicht aber Gras.)
- Die Verarbeitung der Rohware, aus der das färbende Lebensmittel gewonnen wird, muss ausschließlich unter Anwendung physikalischer Verfah-

ren wie Zerkleinern, Abpressen, Konzentrieren oder Trocknen erfolgen.

- Das färbende Lebensmittel muss noch charakteristische Inhaltsstoffe der ursprünglichen Rohware enthalten.

Sind diese Bedingungen nicht erfüllt, wie im Fall der selektiven Extraktion oder selektiven Aufkonzentrierung von natürlichen Farbstoffen, ist bei Zusatz der färbenden Komponente zum Lebensmittel die Deklaration mit einer E-Nummer gesetzlich vorgeschrieben. Im Gegensatz dazu ist bei färbenden Lebensmitteln zum Beispiel der Hinweis „gefärbt mit Rote Bete-Extrakt“ in der Zutatenliste ausreichend. Der Einsatz von färbenden Lebensmitteln bietet damit gegenüber der Verwendung von isolierten natürlichen Pigmenten oder synthetischen Farbstoffen den Vorteil, dass das färbende Lebensmittel eine Zutat – also kein Zusatzstoff – ist und daher nicht mit einer E-Nummer zu deklarieren ist. In diesem Zusammenhang spricht man auch vom „clean labeling“. Produkte mit einem „clean label“ stoßen aufgrund des gewachsenen Gesundheitsbewusstseins bei vielen Verbrauchern auf größere Akzeptanz.

Für färbende Lebensmittel werden bis 2008 auf dem Europäischen Markt jährliche Zuwachsraten von 10 bis 15 Prozent prognostiziert. Dieser Trend ist auf die nach wie vor ablehnende Haltung der Verbraucher gegenüber synthetischen Farbstoffen zurückzuführen. Die Vorbehalte gehen nicht zuletzt auf die in der Vergangenheit in Verruf geratenen Azofarbstoffe zurück. So stellten japanische Wissenschaftler im Fall des für kurze Zeit zum Färben von Margarine eingesetzten Buttergelbs bei Ratten ein gehäuftes Auftreten von Lebertumoren fest. Auch werden heute einige Azofarbstoffe mit pseudoallergischen Reaktionen sowie dem Hyperkinetischen Syndrom bei Kindern in Verbindung gebracht.

Betalaine

Das Vorkommen der Betalaine beschränkt sich auf 13 Pflanzenfamilien in der Ordnung Caryophyllales und einige Gattungen der Basidiomyceten. Die in den Vakuolen der Pflanzenzellen lokalisierten Betalaine ersetzen in diesen

Familien und Gattungen die Anthocyane, die man interessanterweise noch nie zusammen mit Betalainen vorgefunden hat. Die Pigmentklasse der Betalaine lässt sich in die rot-violetten Betacyane (von griechisch kyanos = blau) und die gelben Betaxanthine (von griechisch xanthós = gelb) unterteilen. Die wasserlöslichen Betalaine zeichnen sich durch eine gute Farbstabilität zwischen pH 3 und pH 7 aus. Im Unterschied zu den lediglich im stark sauren pH-Bereich (pH < 2) farbtreuen Anthocyanen eignen sich Betalaine daher vor allem für die Färbung mildsaurer („low acid“) Lebensmittel wie Milchmischprodukte und Babynahrung. Ähnlich wie andere natürliche Pigmente sind Betalaine empfindlich gegenüber Sauerstoff, Licht und erhöhten Temperaturen. Deshalb erfolgt die Färbung von Lebensmitteln erst am Ende des Verarbeitungsprozesses.

Betalainhaltige Rohwaren und ihre Verarbeitung

Rote und Gelbe Bete

Bisher wird unter den betalainhaltigen Rohwaren nur die zur Familie der Gänsefußgewächse gehörige Rote Bete (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *conditiva*) kommerziell als färbendes Lebensmittel genutzt. Zum Einsatz kommt sowohl Saftkonzentrat als auch durch Sprühtrocknung gewonnenes Rote-Bete-Pulver. Die Gewinnung von Ro-

te-Bete-Saft (**Abb. 1**) beginnt mit dem Entfernen von Wurzelendabschnitt und Hypokotylansatz der Rüben, bevor sie gewaschen und in einem weiteren Schritt zum Beispiel mittels einer Rätzmühle zerkleinert werden. Die resultierende Maische wird gepresst und der gewonnene Saft mit Citronensäure angesäuert. Dadurch wird der natürliche pH-Wert der Rohware von 6,0 bis 6,4 auf das Stabilitätsoptimum des Hauptpigments Betanin von pH 4 bis 5 eingestellt. Ferner kann durch die Ansäuerung beim Haltbarmachen des Saftes auf die farbschädigende Sterilisation verzichtet werden. Außerdem führt das Ansäuern zur Ausfällung und Sedimentation von Proteinen und höhermolekularen Kohlenhydraten. Dies beugt der Belagbildung im Röhrenerhitzer und Verdampfer vor. Nach der Sedimentation wird der klare Saft abgezogen, pasteurisiert und gegebenenfalls vergoren (**Abb. 1**). Das Vergären der Zucker erlaubt das Eindampfen zu pigmentreicheren Konzentraten. Dabei wird jedoch ein weiterer Erhitzungsschritt zur Inaktivierung der Hefen notwendig. Nach dem Abtrennen von Feinpartikeln durch Zentrifugation wird der Klarsaft im Verdampfer aufkonzentriert. Im Fall von fermentiertem Rote-Bete-Saft, bei dem es sich nicht mehr um ein färbendes Lebensmittel, sondern um den natürlichen Farbstoff E 162 handelt, wird bei der Aufkonzentrierung das bei der Fermentation ge-

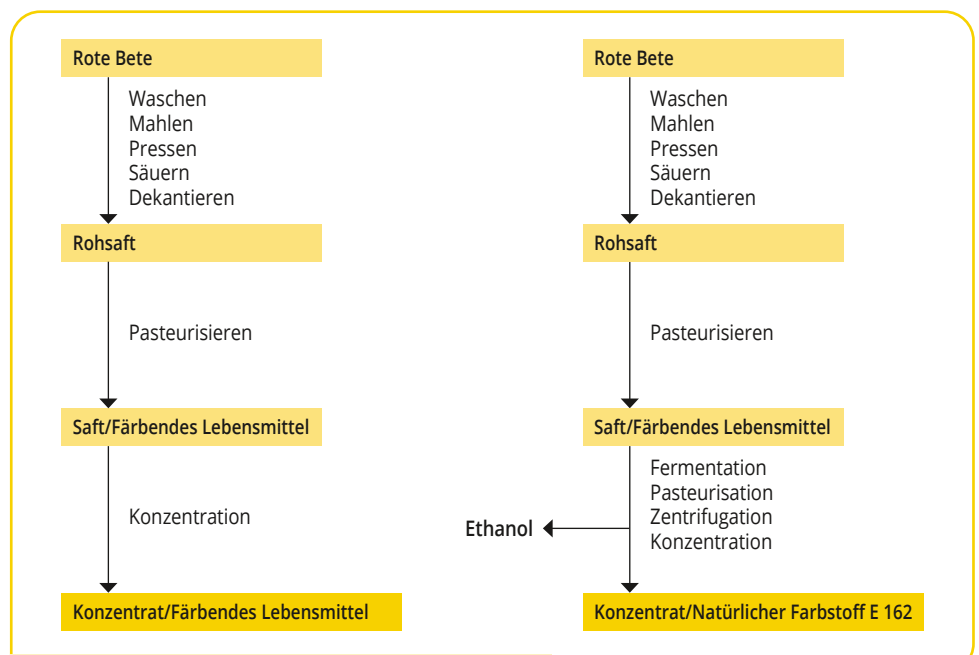


Abbildung 1: Färbendes Lebensmittel oder E 162 aus Roter Bete

bildete Ethanol entfernt. In der Praxis werden beispielsweise Erdbeer-Fruchtzubereitungen, die in Milchmischprodukten wie Joghurt und Eiskrem zum Einsatz kommen, mit Rote-Bete-Konzentrat gefärbt. Auch bei der Herstellung von Wurst- und Fleischwaren, Süßwaren, Backwaren, Fruchtcocktails sowie Trockenmischungen für Instantgetränke, Suppen und Nahrungsmittel finden Rote-Bete-Produkte Verwendung.

Hohe Nitratgehalte (etwa 195 mg/100 g Frischgewicht) und vergleichsweise hohe Oxalsäuregehalte (etwa 75 mg/100 g Frischgewicht) sowie die Gefahr der Übertragung von hitzestabilen Endosporenbildnern in das gefärbte Produkt sind Nachteile beim Einsatz von Zubereitungen aus Roter Bete. Der typisch erdige Betegeschmack, für den Geosmin und verschiedene pflanzeigene Methoxypyrazine verantwortlich sind, ist im färbenden Lebensmittel unerwünscht und stellt einen weiteren Nachteil von Rote-Bete-Produkten dar. Bei der Aufkonzentrierung von Rote-Bete-Saft werden diese nachteiligen Aromakomponenten nur teilweise ausgetrieben. Der Gehalt an rot-violetten Betacyanen und gelben Betaxanthinen schwankt je nach Sorte. So enthielten 20 relativ stark ausgefärbte Sorten Betacyan-Gehalte von 235 bis 387 Milligramm je Kilogramm Frischgewicht und Betaxanthin-Gehalte von 96 bis 219 Milligramm je Kilogramm Frischgewicht. Außerdem weist die Rote Bete als weitere wertgebende Komponente Folsäure mit vergleichsweise hohen Gehalten (etwa 83 µg/100 g Frischgewicht)

Tabelle 1: Betacyan- und Betaxanthin-Gehalte unterschiedlich gefärbter Mangoldpflanzen

Pigmentgehalt (mg/kg FG)	violett	rot-violett	gelb-orange	gelb
Betaxanthine	16,7	20,3	19,9	49,7
Betacyane	58,7	30,3	13,7	-
Betalaine	5,4	50,6	33,6	49,7

auf. Aus der im Vergleich zur Roten Bete eher unbekanntem Gelben Bete (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* cv. „Bejo Zaden“; **Abb. 2**) sind insgesamt zehn verschiedene Betaxanthine bekannt. Allerdings wird für die Färbung von Lebensmitteln die Gelbe Bete bisher nicht genutzt, da es bei der Verarbeitung der Rohware sehr schnell zu unerwünschten Bräunungsreaktionen kommt, die die attraktive gelbe Farbe überdecken.

Farbstieliger Mangold

Ein bei uns in Vergessenheit geratenes großblättriges Gemüse ist der ebenfalls zu den Gänsefußgewächsen zählende Mangold (*Beta vulgaris* L. ssp. *cicla*). Neben dem farblosen Mangold sind auf dem Markt inzwischen auch Kultivare mit farbigen Stielen erhältlich. So weist das gemischte Kultivar „Bright Lights“ eine breite Farbpalette von violett über rot-violett, gelb-orange bis gelb auf (**Abb. 3**). In den unterschiedlich gefärbten Mangoldstielen konnten bis zu 19 Betaxanthine und bis zu neun Betacyane nachgewiesen werden. Das Zustandekommen von verschiedenen Farbausprägungen wird beim Betrachten der

Betacyan- und Betaxanthin-Gehalte (**Tab. 1**) deutlich. Während die violett, rot-violett und gelb-orange gefärbten Mangoldstiele vergleichbare Betaxanthin-Gehalte aufweisen, unterscheiden sie sich relativ stark in ihren Betacyan-Gehalten. In gelbstieligem Mangold konnten erwartungsgemäß nur Spuren von Betacyanen nachgewiesen werden. Das im Vergleich zur Roten Bete breitere Farbspektrum macht farbstieligen Mangold zu einer interessanten Quelle für die natürliche Färbung von Lebensmitteln. Auch ist die Gefahr der Kontamination mit Endosporenbildnern, wie sie bei der Färbung mit Rote-Bete-Produkten besteht, geringer. Allerdings sind die Betalain-Gehalte im Vergleich zur Roten Bete relativ niedrig. Ähnlich wie bei der Roten Bete sind jedoch durch züchterische Maßnahmen nennenswerte Steigerungen des Pigmentgehalts zu erwarten.

Kaktusfrüchte

Auch Früchte von Kaktusfeigen (*Opuntien*) sowie Drachenfrüchte (*Pitayas*) stellen eine vielversprechende Alternative zur Roten Bete dar. Sie bieten nicht nur eine breite Farbpalette von gelb über orange, rot und violett, sondern sind auch frei von sensorisch unerwünschtem Geosmin und Pyrazinverbindungen. Ebenso weisen Kaktusfrüchte im Vergleich zur Roten Bete geringe Nitratgehalte auf. Auch die Gefahr der Verschleppung von Endosporenbildnern ist nicht gegeben. Daher könnte aus Kaktusfrüchten gewonnener Saft schon bald als färbendes Lebensmittel Verwendung finden.

Die ursprünglich aus Mexiko stammenden Opuntien werden heutzutage auch in Südamerika, Kalifornien, Texas, im Mittelmeerraum und inzwischen auch in Indien angebaut. Bei den Opuntien findet man neben Früchten mit farblosem Fruchtfleisch (z. B. *Opuntia ficus*



Abbildung 2: Rote und Gelbe Bete im Querschnitt

Foto: © Institut 1504, Uni-Hohenheim



Abbildung 3: Breite Farbpalette des Mangoldkultivars „Bright Lights“ mit violett, rot-violett, gelb-orange bis gelb gefärbten Stielen und ein weißstielliges Kultivar

Foto: © Institut 150d, Uni-Hohenheim

indica cv. „Bianca“) auch gelb-orange (z. B. *O. ficus-indica* cv. „Gialla“) und rot (z. B. *O. ficus-indica* cv. „Rossà“) gefärbte Früchte (**Abb. 4**). Im gelborange gefärbten Saft des Kultivars „Gialla“ ließen sich zwei Betacyane und insgesamt acht Betaxanthine nachweisen. Der Betaxanthin-Gehalt überstieg mit 48 Milligramm je Liter deutlich den Betacyan-Gehalt von einem Milligramm je Liter. Außerdem fanden sich im Saft von Opuntienfrüchten zum Teil sehr hohe Konzentrationen an freien Aminosäuren (z. B. in *O. ficus-indica* cv. „Aplastillada“: 1769 mg Prolin und 572 mg Taurin je l Saft). Säfte aus Kaktusfrüchten könnten daher in Zukunft auch bei der Herstellung funktionseller Lebensmittel Verwendung finden.

Auch unter den Pitayas, die zum Teil epiphytisches Wachstum zeigen, sind neben Früchten mit weißem Fruchtfleisch (*Hylocereus undatus* [Haworth] Britton & Rose) solche mit intensiv rot bis violett gefärbter Pulpe zu finden. So weist die in Nicaragua und Guatemala angebaute Drachenfrucht *H. costaricensis* [Weber] Britton & Rose ein tief rot und die vorwiegend in Israel angebaute Sorte *H. polyrhizus* [Weber] Britton & Rose (**Abb. 5**) ein intensiv rot-violett gefärbtes Fruchtfleisch auf. Im Saft der Früchte von *H. polyrhizus* ließen sich zehn verschiedene Betacyane nachweisen. Ihr Betacyan-Gehalt lag mit 525 Milligramm je Liter weit über dem der Roten Bete. Das angenehme melonenähnliche Aroma bietet außerdem eine gute Voraussetzung für den Einsatz in Getränken und Dessertprodukten.

Ernährungsphysiologische Bedeutung von Betalainen

Neuere Studien bescheinigen den Betalainen ein hohes antioxidatives Potenzial. Einige Betacyane und Betaxanthine weisen demnach sogar eine höhere antioxidative Kapazität auf als typische Antioxidanzien wie Ascorbinsäure, Rutin und Catechin. Außerdem ließ sich *in vitro* zeigen, dass das Betacyan Betanin und das Betaxanthin Indicaxanthin in LDL-Partikel eingebaut werden und diese vor einer durch Kupferionen induzierten Lipidoxidation schützen können. Vor diesem Hintergrund ist von besonderem Interesse, inwieweit Betalaine für den Körper überhaupt bioverfügbar sind. Dass der Körper die roten Pigmente der Roten Bete wenigstens teilweise resorbiert, wird in der nach dem Verzehr von Roter Bete interindividuell unterschiedlich stark auftretenden Chromurie mit rötlich gefärbtem Urin deutlich. Dieses seit langer Zeit bekannte Phänomen (Beturie), das in der Vergangenheit gelegentlich zu der Fehldiagnose „Hämaturie“ führte, war auch Gegenstand einer neueren Untersuchung, bei der gesunden Probanden einmalig 500 Milliliter Rote-Bete-Saft verabreicht und die Pharmakokinetik der im Urin unverändert ausgeschiedenen Betacyane sowie ihre Gesamtmenge im 24-Stunden-Urin ermittelt wurden. Der im 24-Stunden-Urin wiedergefundene prozentuale Anteil der unveränderten Betacyane an der aufgenommenen Menge lag zwischen 0,21 und 0,39 Prozent und damit in der Größenordnung, die man auch für Anthocyane ermittelt hat.

Die Ergebnisse der Humanstudie deuten auf eine geringe Bioverfügbarkeit der Betacyane hin. Allerdings ist noch nicht geklärt, in welchem Umfang Metabolite der Betacyane gebildet werden und welche ernährungsphysiologische Rolle diesen zukommt. Im Gegensatz dazu ergaben Untersuchungen für das Betaxanthin Indicaxanthin nach dem Verzehr von Kaktusfeigen eine Bioverfügbarkeit von 76 Prozent. Da bisher nur wenige Untersuchungen zu den ernährungsphysiologischen Effekten und der Bioverfügbarkeit von Betalainen vorliegen, ist eine abschließende Beurteilung noch nicht möglich. Allerdings mehrten sich die Hinweise, dass eine betalainreiche Kost bei der Prävention von Krankheiten, die mit oxidativen Schädigungen einhergehen, von Bedeutung sein könnte.

>> Die Literaturliste finden Sie im Internet unter „Literaturverzeichnis“ als kostenfreie pdf-Datei. <<



Abbildung 4: Kaktusfeige „Gialla“ (Mitte) und Längsschnitte der Kultivare „Gialla“ (links) und „Rossà“ (rechts)

Foto: © Institut 150d, Uni-Hohenheim



Abbildung 5: Drachenfrucht *H. polyrhizus* ganz (links) und im Querschnitt (rechts)

Foto: © Institut 150d, Uni-Hohenheim