

## **Flavonoide – in Tee, anderen Getränken und Lebensmitteln**

*Dr. Ulrich Engelhardt*

*Institut für Lebensmittelchemie, Technische Universität Braunschweig*

Höhere Pflanzen enthalten neben den antioxidativ wirksamen Vitaminen C und E und  $\beta$ -Carotin auch eine Reihe niedermolekularer Inhaltsstoffe, die antioxidativ wirken. Unter diesen haben die Polyphenole, insbesondere die Flavonoide, starke Beachtung gefunden [1]. Auf Verpackungen von Teebeuteln des amerikanischen Marktes findet sich u.a. folgender Text:

### ***Tea and Antioxidants***

*You might have heard about antioxidants in fruits and vegetables. But did you know that ... Tea contains 175 mg of antioxidants per serving ? ... Green Tea, which comes from the same plant, contains 135 mg of antioxidants per serving. Research suggests that antioxidants can help neutralize „free radicals“, molecules that can damage cells<sup>1</sup>.*

Unabhängig davon, dass das Deutsche Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz (LMBG) solche Aussagen bei uns ausschließt, soll im Folgenden hinterfragt werden, was an dieser Aussage „dran“ ist. Die beiden Fußnoten des obigen Zitates sind erklärungsbedürftig.

### **Fußnote 2: flavonoids / Flavonoide**

Flavonoide sind nichtnutritive Pflanzenstoffe. Es gibt zahlreiche Untergruppen (Catechine, Flavonole, Flavanole, Anthocyane etc.). Der Name „Flavonoide“ ist auf die gelbe Farbe der zuerst entdeckten Verbindung zurückzuführen (flavus, lateinisch = gelb). Viele Verbindungen sind gefärbt, es gibt aber auch farblose Vertreter, z.B. die Catechine. In älteren Lehrbüchern (z.B. [2]) findet man noch den Begriff Vitamin P („Permeabilitätsvitamin“), mit dem einige Flavonoide (z.B. Rutin) belegt wurden.

---

<sup>1</sup> Sie haben vielleicht davon gehört, dass Antioxidantien in Obst und Gemüse enthalten sind. Aber wussten Sie, dass eine Portion ...Tee 175 mg antioxidative Substanzen enthält? ... Grüner Tee, der aus den gleichen Teeblättern gewonnen wird, enthält 135 mg antioxidativ aktive Substanzen pro Portion. Untersuchungen deuten darauf hin, dass Antioxidantien bei der Neutralisation „freier Radikale“, also zellschädigender Moleküle, helfen können.

Flavonoide sind aber definitionsgemäß keine Vitamine, daher sollte dieser Begriff nicht verwendet werden.

Flavonoide haben vielfältige biologische Wirkungen, z.B. können sie reaktive Sauerstoffspezies (ROS: „reactive oxygen species“) abfangen [1, 3]. Unter bestimmten äußeren Bedingungen können diese ROS zu einem „oxidativen Stress“ im Organismus führen.

### **Oxidativer Stress**

Im Organismus entstehen dabei Radikale aus Sauerstoff. Diese Radikale werden durch „normale“ Vorgänge im Körper gebildet (enzymatisch oder durch das Immunsystem), sie können aber auch z.B. durch Rauchen oder UV-Strahlung entstehen. Diese ROS können Biopolymere wie die DNA, Proteine und Lipide schädigen [1,3].

**Tabelle 1:** Erkrankungen, die mit oxidativem Stress in Zusammenhang stehen (Auswahl)

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>◆ <b>Herz-Kreislauf-Erkrankungen</b></li><li>◆ <b>Krebserkrankungen</b></li><li>◆ <b>Diabetes</b></li><li>◆ <b>Altersbedingte Augenerkrankungen</b></li></ul> |
|---|

Als „Gegenmittel“ gegenüber oxidativem Stress kann man zwischen körpereigenen und Ernährungsfaktoren unterscheiden:

- körpereigene Faktoren sind einige Enzyme (Superoxiddismutase, Katalase), Gluthathion, metallbindende Proteine
- Ernährungsfaktoren sind z.B. die Vitamine E und C, Selen, Carotinoide, Flavonoide und andere Polyphenole

In zahlreichen epidemiologischen Studien wurde z.B. der Zusammenhang zwischen koronaren Herzkrankungen und dem Flavonoidkonsum untersucht. Diese Studien werden wie folgt durchgeführt:

- Man nimmt eine Gruppe gesunder Individuen.
- Man ermittelt deren Teekonsum (oder die Aufnahme eines anderen Lebensmittels/Getränks).
- Diese Gruppe wird über Jahre beobachtet und alle Fälle der interessierenden Erkrankung registriert.
- Andere Einflussfaktoren (Rauchen, Alter...) müssen erfasst werden.
- Man vergleicht den Teekonsum der gesunden und erkrankten Individuen, um festzustellen, ob eine Risikoverminderung gegeben ist oder nicht.

Die meisten der epidemiologischen Studien weisen auf ein vermindertes Risiko bei Menschen mit hohem Flavonoidkonsum hin [4, 5]. Die Aussagen mancher Studien werden aber kritisch diskutiert, weil z.B. relativ wenige Individuen betrachtet wurden [1]. In jedem Fall sind weitere Studien erforderlich [1, 4].

### **Wie funktioniert die antioxidative Wirkung?**

In stark vereinfachter Form soll die Atherosklerose (Gefäßverkalkung) betrachtet werden. Atherosklerose ist ein langsamer Prozess. Es bilden sich Verdickungen der Arterienwand („atherosklerotische Plaques“). Oft dauert es Jahre bis Jahrzehnte, bis Symptome auftreten. Diese Veränderungen kommen auch häufig in den Herzkranzgefäßen vor. Deshalb ist der Herzinfarkt durch Verschluss der Koronararterien die häufigste Todesursache in den Industrieländern.

Die Ernährung spielt bei der Entstehung der Atherosklerose eine wichtige Rolle. Hohe (LDL)- Cholesterinwerte bedingen ein erhöhtes Atheroskleroserisiko. Durch Oxidationsvorgänge werden die in die Gefäßwände eingelagerten LDL-Partikel verändert. Der Körper reagiert darauf mit sog. Fresszellen (Makrophagen), die die oxidierten LDL-Partikel aufnehmen. Dadurch kann das Cholesterin nicht mehr abtransportiert werden. In der Folge setzen sich Kalkablagerungen fest, und der Arterien Durchmesser verengt sich immer mehr, bis es zum totalen Verschluss – letztendlich zum Infarkt - kommt. Antioxidantien können die LDL-Teilchen vor Oxidationen schützen und damit Herz-Kreislauf-Erkrankungen vorbeugen.

## Vorkommen von bestimmten Flavonoiden in Lebensmitteln

Flavonoide kommen in einer großen Zahl von Lebensmitteln vor, aber in einer sehr unterschiedlichen Konzentration. Oft fehlen auch einfach die entsprechenden Daten. Bei Gemüse und Obst haben nach dem derzeitigen Stand Grünkohl, Broccoli, Zwiebel, grüne Bohnen, Sellerie und Apfel vergleichsweise hohe Gehalte. Die Anthocyane (rote bis blaue flavonoide Pflanzenfarbstoffe) finden sich besonders in Früchten und Beeren, z.B. Aronia, Holunder und schwarzen Johannisbeeren [1].

Neuerdings werden häufig mit verschiedenen Testsystemen die antioxidativen Wirkungen direkt erfasst, auch ohne dass einzelne Stoffgruppen analytisch bestimmt wurden [6-9]. Hier tragen neben den Flavonoiden auch andere Polyphenole und sonstige antioxidativ wirksame Substanzen bei. Die Ergebnisse, die in den Tabellen 2 und 3 dargestellt sind, stimmen im Wesentlichen überein. Ähnliche Experimente wurden von Guo et al. für eine Reihe von anderen Früchten und Gemüsen durchgeführt [8]. Die Ergebnisse sind durchaus vergleichbar, aufgrund der Unterschiede im Ausgangsmaterial (Sorten, Anbaugebiet, Reifegrad u.a.m.) können sie selbstverständlich nicht gleich sein [1].

**Tabelle 2:** Vergleich der antioxidativen Aktivität verschiedener Lebensmittel und Getränke. Alle Angaben in  $\mu\text{mol}$  Trolox Äquivalente , nach [6].

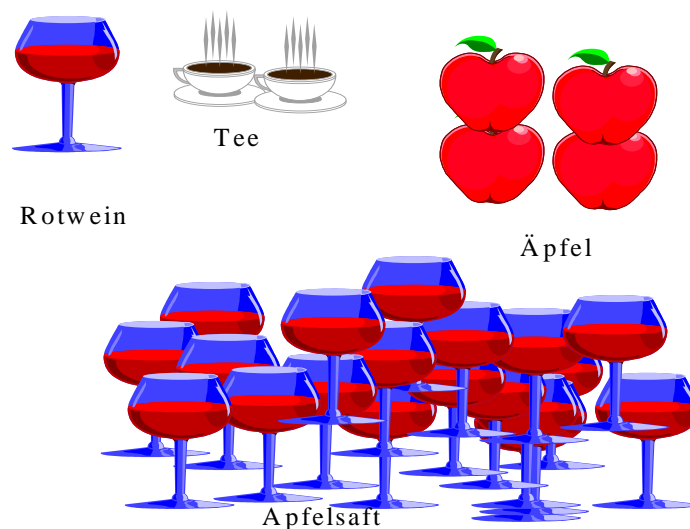
Lebensmittel/Getränk	$\mu\text{mol}$ Trolox Äquivalente
Apfel, geschält	640
Tomate	160
Aubergine	490
Zwiebel	580
Rotwein (Rioja-Bordeaux)	1.400-2.267
Weißwein	147
Schwarzer Tee	933
Grüner Tee	900
Bier	100-200
Apfelsaft	93
Orangensaft	267
Johannisbeersaft	533

Angaben in 100 g Frischgewicht oder in 100 ml Getränk

**Tabelle 3:** Gesamtpolyphenolgehalt und antioxidative Aktivität (nach [7], verändert).

Getränk	Gesamtpolyphenole (mg/L)	Antioxidative Aktivität
Rotwein	2.000	10
Grüner Tee	1.560	10
Schwarzer Tee	1.590	9,2
Johannisbeernektar	1.430	6,7
Traubensaft (rot)	1.070	3,3
Grapefruitsaft	830	2,3
Apfelsinensaft	750	2,1

Abbildung 1 zeigt die notwendigen Mengen einiger untersuchter Produkte, die aufgenommen werden müssen, um eine vergleichbare antioxidative Wirkung zu bringen (nach [6]). Es ist wichtig zu wissen, dass die Flavonoide nicht unbedingt homogen in den essbaren Pflanzenteilen verteilt sind, sondern häufig in den äußeren Schichten in höherer Konzentration vorliegen [1].



**Abbildung 1:** Notwendige Mengen an ausgewählten Getränken, die eine vergleichbare antioxidative Aktivität haben, aus: [6]. In Prosa: 1 Glas Rotwein  $\equiv$  2 Tassen Tee  $\equiv$  4 Äpfel  $\equiv$  5 Portionen Zwiebeln  $\equiv$  5,5 Portionen Aubergine  $\equiv$  3,5 Gläser Johannisbeersaft  $\equiv$  3,5 Gläser (500 ml) Bier  $\equiv$  7 Gläser Orangensaft  $\equiv$  20 Gläser Apfelsaft [6].

### **Werden die Flavonoide überhaupt aufgenommen?**

Die Antwort war lange Zeit unklar. Inzwischen weiß man, dass Flavonoide resorbiert werden können, wenn auch der Umfang noch nicht klar ist [1]. Nach [10] wird die antioxidative Kapazität des Plasmas durch Tee-Extrakt (in diesem Fall aus grünem Tee) deutlich erhöht.

### **Andere mögliche Wirkungen**

Neben den bereits besprochenen Aspekten wird immer wieder die Wirkung bestimmter Flavonoide gegen Krebs genannt. Die Flavonoide haben grundsätzlich Eigenschaften, die für Krebsprävention notwendig sind. In zahlreichen Tierversuchen wurde dies auch für die Tee Flavonoide nachgewiesen, allerdings fehlen nach wie vor Studien bei Menschen [11, 12].

### **Welchen Beitrag kann Tee zur Versorgung an Flavonoiden leisten?**

Wenn wir Gruppen der Flavonole und Flavone heranziehen, so kann z.B. für Großbritannien Folgendes ausgesagt werden:

1. Man geht von einem durchschnittlichen Teekonsum von 600 ml pro Tag und Erwachsenen aus [13].
2. Man entnimmt einer Verzehrstudie [14] eine durchschnittliche Aufnahme von ca. 30 mg Flavonole und Flavone pro Tag.

Darauf basierend wurden Teebeutel verschieden lange aufgebrüht (bis 2 Minuten) und die Gehalte an Flavonolen und Flavonen bestimmt [15]. Es war überraschend festzustellen, dass diese Tees selbst bei sehr kurzen Ziehzeiten einen Beitrag von durchschnittlich bis zu 80% an der Aufnahme dieser Verbindungen haben, zumindest in Großbritannien (in Deutschland wird dieser Anteil durch den geringeren Teekonsum natürlich nicht erreicht werden können). Immerhin kann man nach [1] bei den Flavonolen von einem Anteil von ca. 23,9% durch Tee ausgehen. Die Aufnahme von zwei Gruppen von Flavonoiden mit der Nahrung wurde für die Niederlande mit 23 mg/Tag abgeschätzt, wobei Tee mit 48% und Zwiebeln mit 28% die Hauptmenge ausmachten [1, 12].

Für Dänemark wurde die durchschnittliche tägliche Aufnahme mit 28 mg/Tag abgeschätzt [17].

Tee enthält neben den genannten Antioxidantien auch noch andere Flavonoide wie zum Beispiel *Catechine* (oder Flavanole), die in schwarzem Tee in geringerer Menge, in grünem Tee meist in sehr hohen Dosen vorkommen. *Theaflavine* sind farbgebende Verbindungen aus schwarzem Tee. Eine der Theaflavinkomponenten war in einigen Testsystemen stärker wirksam als das EGCG [3]. Bei schwarzem Tee besteht die Hauptmenge der Polyphenole aus den *Thearubigenen*. Man muss davon ausgehen, dass diese Verbindungen Flavonoide sind, da sie aus solchen entstanden sind. Bisher konnte kein einzelnes Thearubigin komplett strukturell aufgeklärt werden. Jedenfalls ist nach den oben zitierten Daten klar, dass die Thearubigine antioxidativ wirksam sein müssen, da sonst die vergleichbare antioxidative Wirkung von grünem und schwarzem Tee nicht erklärbar ist.

### Tee in Deutschland

In einer Studie wurden von uns repräsentative Teeproben des deutschen Marktes auf Flavonoide und andere Komponenten untersucht [15, 18]. Dabei wurde über je 50 grüne und schwarze Tees, daneben einige Oolongs und Tee-Extrakte, detailliertes Datenmaterial zusammengestellt. Hierbei zeigte sich, dass die Tees des deutschen Marktes in jedem Fall vergleichbare, im Falle der Catechine im schwarzen Tee auch durchaus höhere Gehalte an Polyphenolen im Allgemeinen und Flavonoiden im Besonderen haben [15].

Noch einmal zurück zu unserer amerikanischen Teepackung. Die erste Fußnote auf der Packung lautet:

*Tea is not a substitute for fruits and vegetables, which are an important source of your diet.<sup>2</sup>*

Mit anderen Worten: Auch wer sehr viel Tee (oder Rotwein) trinkt, darf auf Obst und Gemüse nicht verzichten.

---

<sup>2</sup> Tee ist kein Ersatz für Früchte und Gemüse, die eine zentrale Rolle im Rahmen der Ernährung spielen.

## Zusammenfassung

Nach gegenwärtigem Stand kann man schlussfolgern, dass Flavonole, Flavone und andere Flavonoide biologisch wirksam sind und diese Wirkung positiv zu sehen ist. Dadurch begründen sich Empfehlungen nach einer höheren Aufnahme bestimmter Gemüse, aber auch von Tee und anthocyanreichen Säften. Eine Schutzwirkung gegenüber bestimmten Erkrankungen darf aber nicht gleichgesetzt werden mit einer therapeutischen Wirkung; wir haben es mit Lebens- und nicht mit Arzneimitteln zu tun. Es soll jedoch betont werden, dass eine ausgewogene Ernährung wichtig ist und Tee hierzu einen sinnvollen Beitrag leisten kann.

## Literatur

- [1.] Böhm, H., Boeing, H., Hempel, J., Raab, B., Kroke, A. (1998): Flavonole, Flavone und Anthocyane als natürliche Antioxidantien in der Nahrung und ihre mögliche Rolle bei der Prävention chronischer Erkrankungen. *Z. Ernährungswiss.* **37**(2) S.147-63
- [2.] Schormüller, J. Lehrbuch der Lebensmittelchemie. 2. Auflage. Springer Verlag Heidelberg, 1974, S.176f
- [3.] Wiseman, S.; Balentine, D.A.; Frei, B. (1997) Antioxidants in tea. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **37** (8) S.705 – 718
- [4.] Tijburg, L.B.M., Mattern, T., Folts, J.D., Weisgerber, U.M., Katan, M.B. (1997): Tea flavonoids and cardiovascular diseases – A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **37**(8) S.771-785
- [5.] Kromhout, D. (1999) Fatty acids, antioxidants, and coronary heart disease from an epidemiological perspective. *Lipids* **34** S.27-31
- [6.] Papanga, G., Miller, N., Rice-Evans, C.A. (1999) The polyphenolic content of fruit and vegetable and their antioxidant activity. What does a serving constitute? *Free Radic. Res.* **30**, S.152-163
- [7.] Henn, T., Stehle, P. (1998) Gesamtpolyphenolgehalt und antioxidative Kapazität handelsüblicher Getränke. *Ernährungsumschau* **45**(9) S.308-313
- [8.] Guo, C., Cao, G., Sofic, E., Prior, R.L. (1997) High-performance liquid chromatography with coulometric array detection on electroactive components in fruits and vegetables: relationship to oxygen radical absorbance capacity. *J. Agric. Food Chem.* **45** S.1787-96
- [9.] Kähkönen, M.P., Hopia, A.I., Vuorela, H.J., Rauha, J.-P., Pihlaja, K., Kujala, T.S., Heinonen, M. (1999) Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J. Agric. Food Chem.* **47** S.3954-62
- [10.] Nakagawa, K., Ninomiya, M., Okubo, T., Aoi, N., Juneja, L.R., Kim, M., Yamanaka, K., Miyazawa, T. (1999) Tea catechin supplementation increases antioxidant capacity and prevents phospholipid hydroperoxidation in plasma of humans. *J. Agric. Food Chem.* **47** S.3967-73





- [11.] Bertram, B. (1998) Krebsvorbeugende und krebshemmende Wirkung von Tee. W.I.T. 1, S.11-15
- [12.] Dreosti, I.E., Wargowitch, M.J., Yang, C.S. (1997) Inhibition of carcinogenesis by tea: evidence from experimental studies. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. **37** (8) S.705-718
- [13.] MAFF (Ministry of Agriculture Fisheries and Food) (1987) UK Total Diet and Nutrition Report
- [14.] Shepherd, M.J.; Ibe, F. (1995) Flavonoids in UK total Diet samples. Ministry of Agriculture Fisheries and Food, CSL report No. FD95/2,
- [15.] Engelhardt, U.H., Lakenbrink, C. Lapczynski, S. (1999) Antioxidative phenolic compounds in green/black tea and other methylxanthine containing beverages. ACS Symposium series (im Druck)
- [16.] Hertog, M.G.L., Hollman P.C.H., Katan, M.B., Kromhout, D. (1993) Intake of potentially anticarcinogenic flavonoids and their determinants in adults in The Netherlands. Nutr. Cancer **20**, S. 21- 29
- [17.] Leth, T., Justesen, U. (1998) Analysis of flavonoids in fruits, vegetables and beverages by HPLC-UV and LC-MS and estimation of the total flavonoid intake in Denmark. In: Amado, R., Andersson, H. Bardocz, S., Serra, F. (Hrsg) COST 916: Polyphenols in Food. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities S.39-40
- [18.] Engelhardt, U.H (1999) Inhaltsstoffe und Wirkungen des grünen und des schwarzen Tees. Lebensmittelchemie (im Druck)