

Antioxidative Aktivität in Plasma und Harn nach dem Konsum von grünem Tee, Oolong-Tee und schwarzem Tee

Dr. rer. nat. habil. Volker Böhm

Institut für Ernährungswissenschaften, Universität Jena

Einleitung

Tee, eines der meist konsumierten Getränke der Welt, ist seit mehr als 4000 Jahren bekannt und wird als wichtige Quelle für Polyphenole angesehen. Dieser Gruppe der sekundären Pflanzenstoffe wird in verschiedenen Studien, unter anderem aufgrund ihrer antioxidativen Wirkungen, ein protektiver Effekt vor allem gegenüber Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Krebs zugeschrieben. Frische Blätter der immergrünen Pflanze *Camellia sinensis*, die bezogen auf die Trockensubstanz zu etwa 1/3 aus Polyphenolen bestehen, werden zu grünem Tee, zu Oolong-Tee oder zu schwarzem Tee verarbeitet. Zur Herstellung von grünem Tee werden die Teeblätter erhitzt, um die enzymatische Oxidation der Polyphenole zu verhindern. Eine sechsstündige Fermentation ergibt den schwarzen Tee. Die Polyphenoloxidase in den Blättern oxidiert die farblosen Catechine zu den orange-gelben bzw. rot-braunen Theaflavinen und Thearubigenen. Der Oolong-Tee wird, im Gegensatz zum schwarzen Tee, nur ein bis zwei Stunden fermentiert und enthält daher sowohl Catechine als auch Oxidationsprodukte [1, 2].

Antioxidativ wirksame Substanzen in Tee

Während grüner Tee überwiegend Flavanole, Flavandiole und Phenolcarbonsäuren enthält, sind die polymeren Theaflavine und Thearubigene die Hauptpolyphenole des schwarzen Tees. Zu den Flavanolen gehören die bekannten Catechine Epigallocatechingallat, Epigallocatechin, Epicatechin und Epicatechingallat, die hauptsächlich für die antioxidative Wirkung des grünen Tees verantwortlich sind. Aber auch die Theaflavine und Thearubigene des schwarzen Tees sind antioxidativ wirksam [3]. Eigene Untersuchungen ergaben für grüne Tees (n=4) Gesamtphenolgehalte (Gallussäure-Äquivalente, GAE) von 30,4-54,4 mg/g Tee und TEAC-Werte (Trolox equivalent antioxidant activity) für die antioxidative Aktivität zwischen 0,152 und 0,371 mmol/l/g Tee. In schwarzen Tees (n=14) mit Gesamtphenolgehalten (GAE) von 20,3-59,2 mg/g wurden TEAC-Werte von 0,116-0,272 mmol/l/g Tee ermittelt [4]. Somit waren in diesen Untersuchungen grüne und schwarze Tees vergleichbar antioxidativ wirksam. Neben der Sorte hatte in einer weiteren Studie die Aufbrühzeit einen großen

Einfluss auf die antioxidative Aktivität von Tee-Extrakten. Mit zunehmender Extraktionszeit stiegen sowohl die Gesamtphenolgehalte als auch das antioxidative Potential [5].

In Laboruntersuchungen wurden bisher fast ausschließlich die Teecatechine, wie z. B. Epigallocatechingallat, auf ihre antioxidative Aktivität untersucht. Diese Catechine werden nach Teekonsum nur in relativ geringer Menge (2 - 5 % bezogen auf die aufgenommene Menge) im Blut als freie Catechine gefunden. Große Teile der aufgenommenen Catechine werden entweder konjugiert (Bindung an Sulfate bzw. Glucuronsäure) oder schnell verstoffwechselt zu kleineren Molekülen (z. B. Hydroxybenzoesäuren). Diese Stoffwechselprodukte entstehen im Organismus und werden in den Blutkreislauf reabsorbiert oder über den Urin ausgeschieden.

Versuchsbeschreibung

Um die protektive Wirkung von Teekonsum zu prüfen, tranken vier männliche Probanden (Alter: 20-22 Jahre, BMI: 20,5-22,3 kg/m²) nach 13-tägigem Verzicht auf Tee sowie flavonoidarmer Ernährung jeweils 500 ml Tee, hergestellt durch Aufbrühen (3 min) von jeweils 6,5 g grünem Tee, Oolong-Tee oder schwarzem Tee mit auf 80 °C abgekühltem Wasser. Zwischen dem Konsum der verschiedenen Tees war jeweils eine 13-tägige teefreie Phase mit flavonoidarmer Ernährung. Blutproben wurden vor dem Teekonsum sowie 0,5 / 1 / 1,5 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Stunden danach entnommen. Ebenso sammelten die Probanden ihren Harn innerhalb der folgenden Zeitintervalle: 0-3 / 3-6 / 6-9 / 9-12 / 12-24 / 24-48 Stunden. In allen Plasma- und Harnproben wurde die antioxidative Aktivität mittels FRAP-Test (ferric reducing ability of plasma) [6] ermittelt. In diesem Test ist die gebildete Menge an Eisen(II)-Sulfat ein Maß für das antioxidative Potential.

Tee

Tabelle 1 zeigt die Gesamtphenolgehalte (Folin-Ciocalteu-Methode, [7]) sowie die antioxidative Aktivität, gemessen als TEAC-Werte (ermittelt nach Miller et al., [8]), für die drei verwendeten Tees. Grüner und schwarzer Tee enthielten vergleichbare Gehalte an Gesamtphenolen, die signifikant höher lagen als im Oolong-Tee. Demgegenüber wies grüner Tee mit einem TEAC-Wert von 0,186 mmol/l/g signifikant höhere antioxidative Aktivität auf als schwarzer Tee (0,139 mmol/l/g). Oolong-Tee hatte auch hier den niedrigsten Wert (0,100 mmol/l/g). Zwischen dem Gesamtpolyphenolgehalt und der antioxidativen Aktivität konnte ein Zusammenhang festgestellt werden. Ein hoher

Phenolgehalt bedingte eine hohe antioxidative Aktivität und umgekehrt. Die lineare Korrelation der Parameter lag bei $r = 0,847$.

Tabelle 1: Gesamtphenolgehalte (GAE) und antioxidative Aktivität (TEAC) der in der Humanstudie verwendeten Tees

Tee	GAE (mg/g)	TEAC (mmol/l/g)
grüner Tee	$22,4 \pm 0,4$	$0,186 \pm 0,000$
Oolong-Tee	$12,9 \pm 1,1$	$0,100 \pm 0,000$
schwarzer Tee	$22,2 \pm 1,4$	$0,139 \pm 0,010$

Plasma

Die Abb. 1 – 3 zeigen die Veränderungen der antioxidativen Aktivität im Plasma der vier Probanden im Verlauf von sechs Stunden nach Konsum von grünem Tee (Abb. 1), Oolong-Tee (Abb. 2) und schwarzem Tee (Abb. 3). Angegeben ist jeweils die im FRAP-Test gebildete molare Menge an Eisen (II)-Sulfat je Liter Plasma.

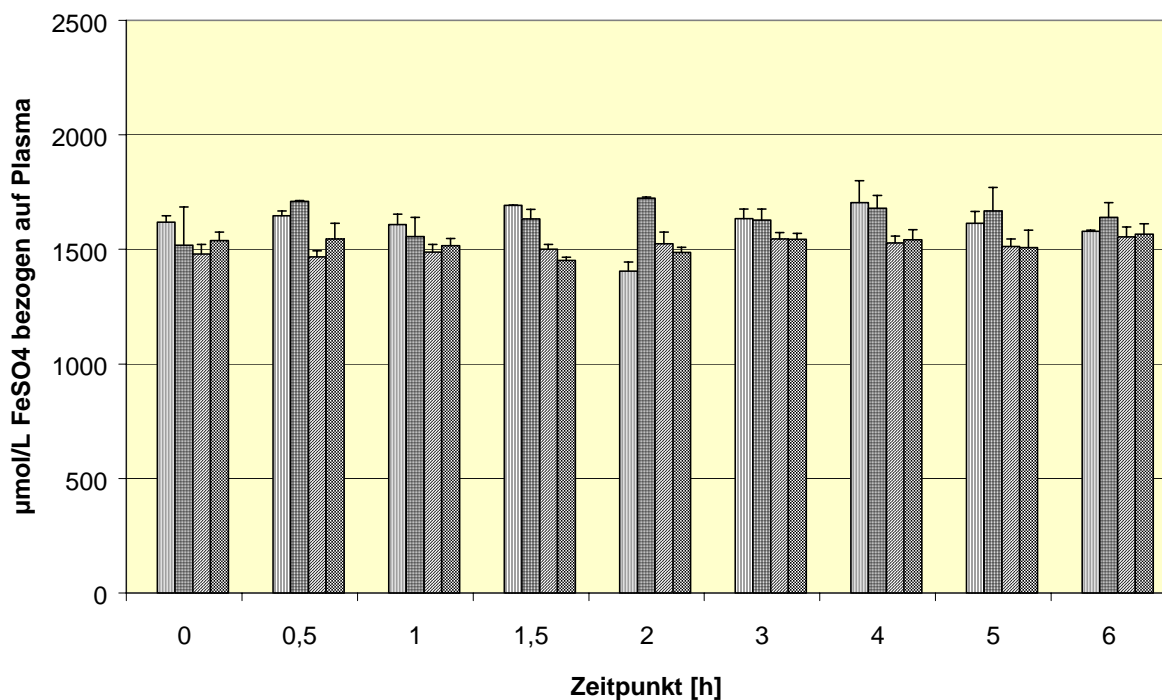


Abb. 1: Antioxidative Aktivität (FRAP-Wert) im Plasma (0-6 h) von vier Probanden nach einmaligem Konsum von grünem Tee

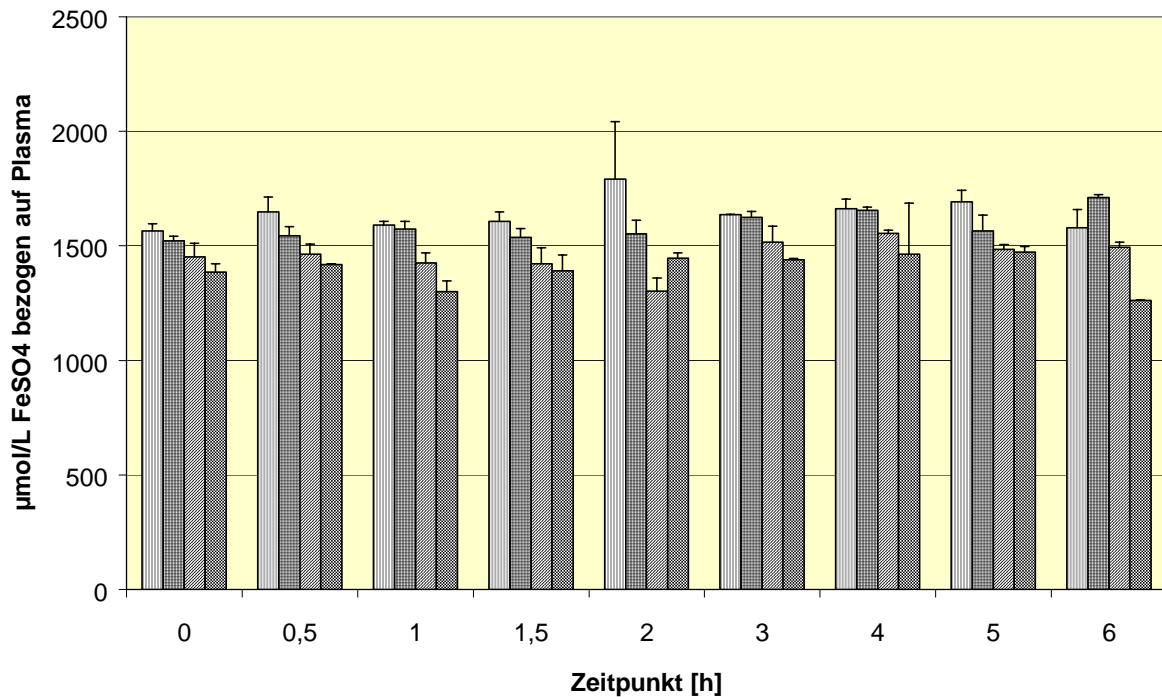


Abb. 2: Antioxidative Aktivität (FRAP-Wert) im Plasma (0-6 h) von vier Probanden nach einmaligem Konsum von Oolong-Tee

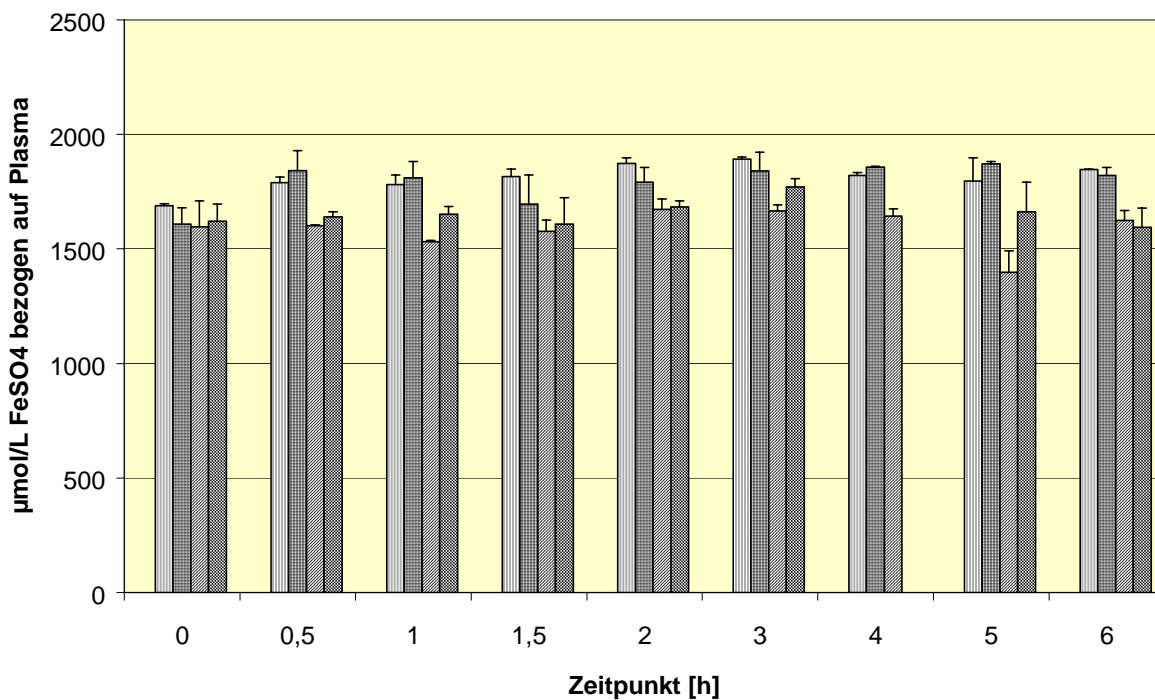


Abb. 3: Antioxidative Aktivität (FRAP-Wert) im Plasma (0-6 h) von vier Probanden nach einmaligem Konsum von schwarzem Tee

Nach Konsum der drei Tees war kein signifikanter Anstieg der antioxidativen Aktivität im Plasma der Probanden zu beobachten. Dies kann unter anderem an der Dominanz der im Plasma vorhandenen, antioxidativ wirksamen Harnsäure liegen [9]. Noch nicht abgeschlossene flüssigchromatographische Untersuchungen der Plasmaproben sollen Aufschluss über die Veränderungen der Gehalte antioxidativ wirksamer Verbindungen nach Teekonsum geben.

Harn

Die Abb. 4 - 6 zeigen die Veränderungen der antioxidativen Aktivität im Harn der vier Probanden im Verlauf von 48 Stunden nach Konsum von grünem Tee (Abb. 4), Oolong-Tee (Abb. 5) und schwarzem Tee (Abb. 6). Angegeben ist jeweils die gebildete molare Menge an Eisen(II)-Sulfat im Harn bezogen auf die pro Stunde ausgeschiedene Harnmenge.

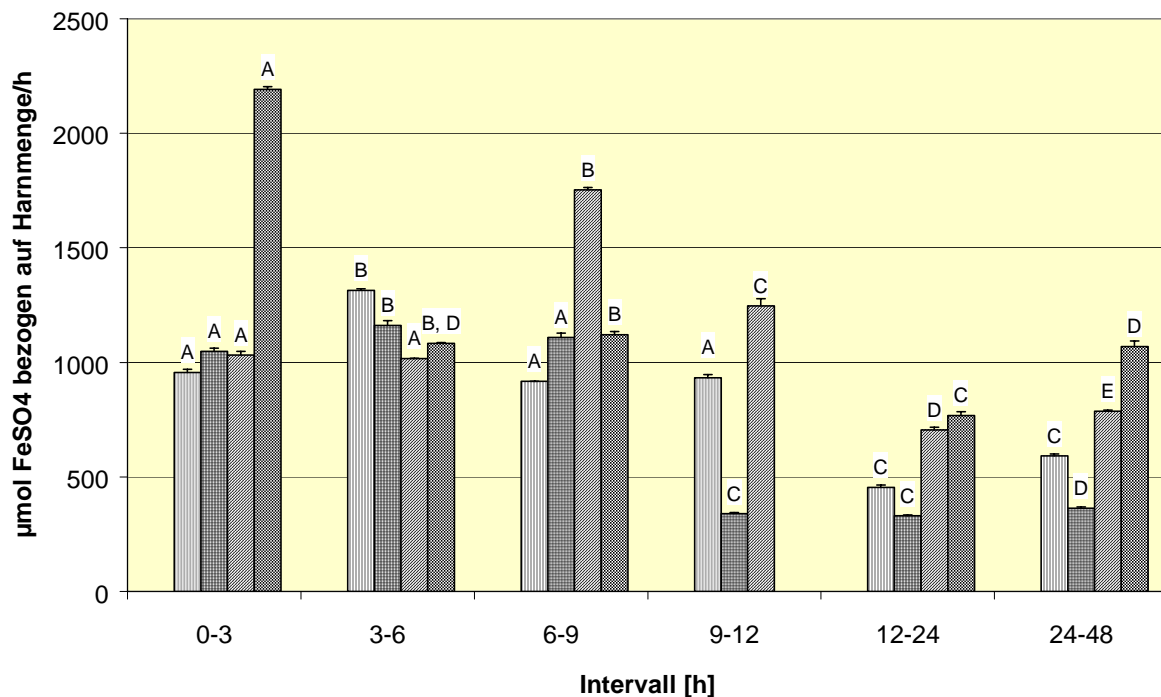


Abb. 4: Antioxidative Aktivität (FRAP-Wert) im Harn (0-48 h) von vier Probanden nach einmaligem Konsum von grünem Tee, Balken mit unterschiedlichen Buchstaben (jeweils probandenweise) sind signifikant verschieden ($p < 0,05$)

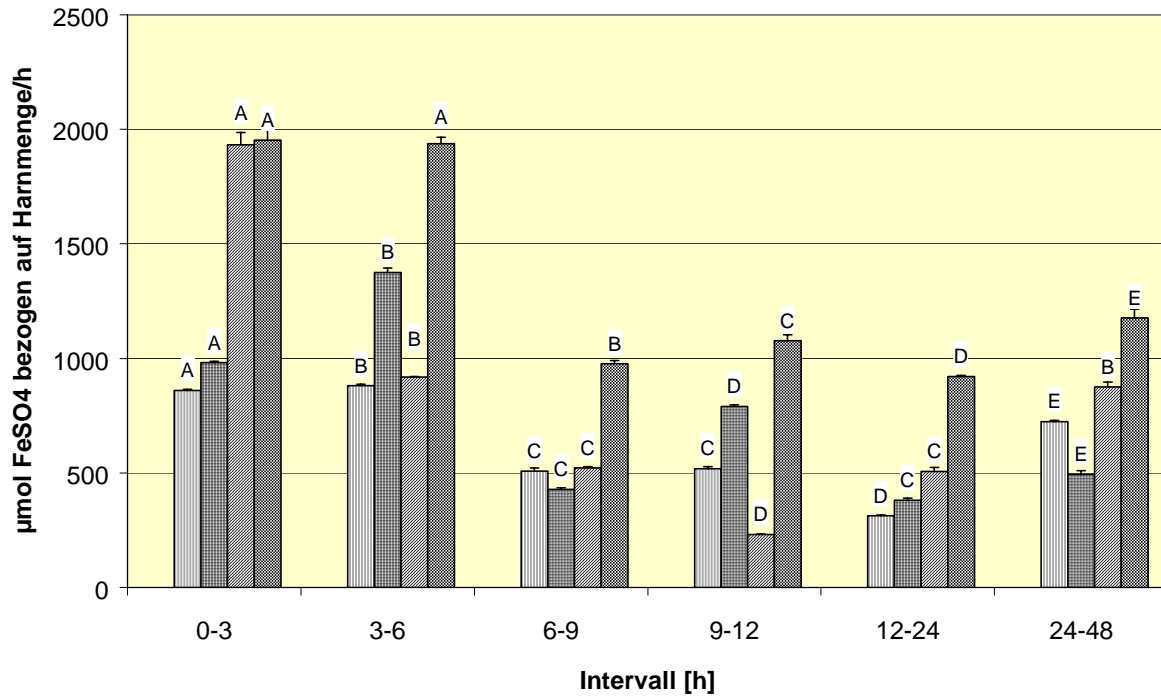


Abb. 5: Antioxidative Aktivität (FRAP-Wert) im Harn (0-48 h) von vier Probanden nach einmaligem Konsum von Oolong-Tee

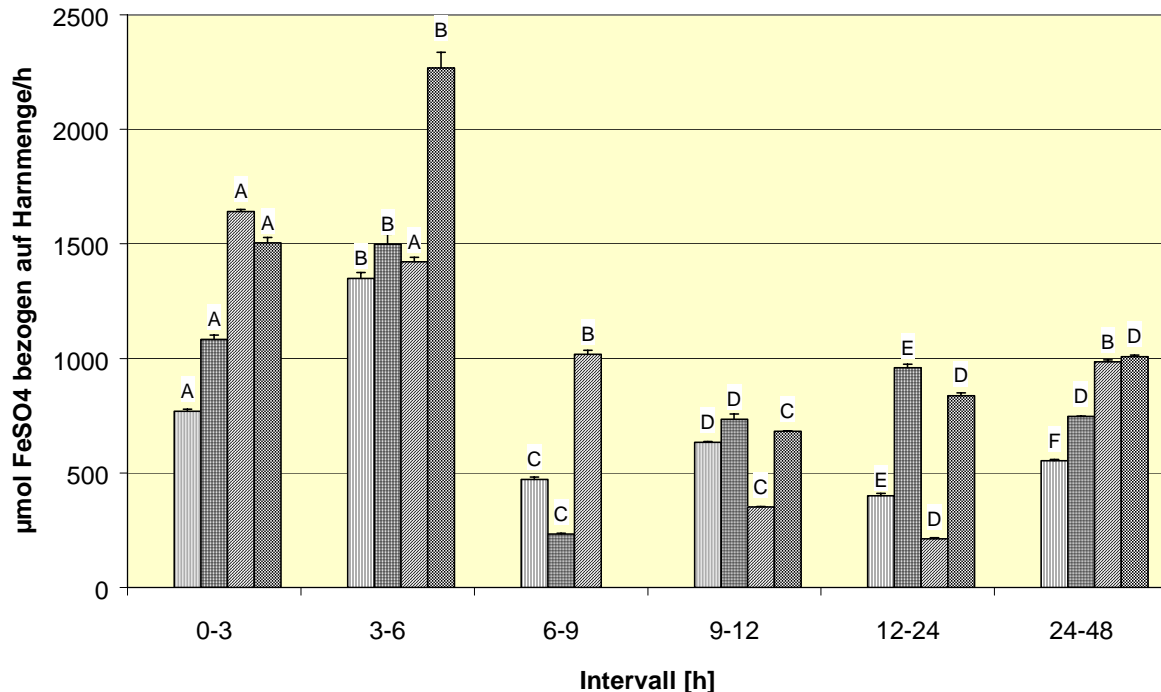


Abb. 6: Antioxidative Aktivität (FRAP-Wert) im Harn (0-48 h) von vier Probanden nach einmaligem Konsum von schwarzem Tee

Jeweils bei drei der vier Probanden stieg nach Konsum aller drei Tees die antioxidative Aktivität im Harn in dem Intervall drei bis sechs Stunden signifikant gegenüber dem Intervall null bis drei Stunden an, um dann in dem nächsten Intervall (sechs bis neun Stunden) wieder signifikant zu fallen. Nach Konsum des grünen Tees (Abb. 4) war dieser Abfall weniger stark ausgeprägt als bei Oolong-Tee und schwarzem Tee. Nach Konsum des schwarzen Tees (Abb. 6) waren sowohl der Anstieg der antioxidativen Aktivität als auch deren Abfall am stärksten ausgeprägt. Die Ursachen für die Unterschiede im Verlauf der antioxidativen Aktivität werden momentan untersucht. In allen Harnproben stiegen die Gehalte einiger Polyphenolmetabolite nach Konsum von Tee an. Gallussäure, 2,5-Dihydroxybenzoesäure und 2,3-Dihydroxybenzoesäure sind drei dieser Stoffwechselprodukte, die auch antioxidative Aktivität aufweisen. Tabelle 2 enthält sowohl die TEAC-Werte als auch die FRAP-Werte dieser drei Verbindungen.

Tabelle 2: Antioxidative Aktivität von drei Polyphenol-Metaboliten, angegeben jeweils als TEAC-Wert und FRAP-Wert

Verbindung	TEAC-Wert (mmol/I)	FRAP-Wert (mmol/I)
Gallussäure	1,187	0,346
2,3-Dihydroxybenzoesäure	0,942	0,267
2,5-Dihydroxybenzoesäure	0,820	0,283

In beiden Tests war die Gallussäure die wirksamste der drei untersuchten Verbindungen. Die beiden Dihydroxybenzoesäure-Derivate wiesen etwa die gleiche antioxidative Aktivität auf. Alle Verbindungen hatten eine antioxidative Aktivität, die in etwa der des wasserlöslichen Vitamin E-Analogen (Trolox) glich. Die Gehalte dieser Stoffwechselprodukte im Harn werden momentan flüssigchromatographisch ermittelt. Nach Ermittlung dieser Werte ist eine Aussage über die antioxidative Relevanz dieser Polyphenol-Metabolite nach Teekonsum möglich.

Die Analyse antioxidativ wirksamer Stoffwechselprodukte im Urin zeigt, dass im Organismus nach Teekonsum protektiv wirksame Moleküle gebildet werden. Die genaueren Wirkorte im Organismus sind noch nicht bekannt. Somit hat Teekonsum eine protektive Wirkung die nicht nur auf der Anwesenheit der originären Polyphenole im Tee beruht sondern auch zu einem großen Teil durch dessen Stoffwechselprodukte bewirkt wird.

Zusammenfassung

Nach Konsum von grünem Tee, Oolong-Tee und schwarzem Tee ist im Plasma der vier untersuchten Probanden keine deutliche Veränderung der antioxidativen Aktivität festgestellt worden. So werden z. B. Catechine entweder konjugiert oder schnell verstoffwechselt zu kleineren Molekülen. Diese Stoffwechselprodukte werden in den Blutkreislauf zurückgeführt oder über den Urin ausgeschieden. Letzteres kann u.a. am signifikanten Anstieg der antioxidativen Aktivität im Harn der Probanden nach Konsum der drei Tees festgestellt werden. So wurden unter anderem Veränderungen der Gehalte an Gallussäure, 2,3-Dihydroxybenzoesäure und 2,5-Dihydroxybenzoesäure im Harn ermittelt. Momentan laufende flüssigchromatographische Analysen der Plasma- und Harnproben sollen Aufschluss über Veränderungen der Gehalte antioxidativ wirksamer Verbindungen nach Teekonsum geben.

Literatur

- [1] Balentine DA, Wiseman SA, Bouwens LCM (1997): The chemistry of tea flavonoids, *Crit Rev Food Sci Nutr* 37:693-704.
- [2] Weisburger JH (1996): Tea Antioxidants and Health, in: Cadenas E, Packer L (eds), *Handbook of antioxidants*, Dekker, New York, 469-486.
- [3] Wiseman SA, Balentine DA (1997): Antioxidants in tea, *Crit Rev Food Sci Nutr*, 37: 705-718.
- [4] Schlesier K, Böhm V, Bitsch R (1999): Einfluß von Herkunft und Sorte auf das protektive Potential von Tee, *Proc Germ Nutr Soc*, 1:5-6.
- [5] Liebert M, Licht U, Böhm V, Bitsch R (1999): Antioxidant properties and total phenolics content of green and black tea under different brewing conditions, *Z Lebensm Unters Forsch A*, 208:217-220.
- [6] Benzie IFF, Strain JJ (1996): The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay, *Anal. Biochem.* 239: 70-76.
- [7] Singleton VL, Rossi JA (1965): Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents, *Am J Enol Vitic*, 16: 144-158.
- [8] Miller NJ, Rice-Evans CA, Davies MJ, Gopinathan V, Milner A (1993): A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates, *Clin Sci* 84: 407-412.
- [9] Böhm V (2000): Bestimmung der antioxidativen Kapazität – methodische Ansätze und Bewertung, *Ernährungs-Umschau* 47:372-375.