



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Akuteinfluss von Matcha Grüntee auf die
sportinduzierte oxidative Stress- und Entzün-
dungsreaktion“

verfasst von / submitted by

Manuel Hinterberger BSc

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Science (MSc)

Wien, 2023 / Vienna 2023

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

UA 066 838

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Masterstudium Ernährungswissenschaften

Betreut von / Supervisor:

Univ.- Prof. Dr. Daniel König

ABSTRACT HINTERGRUND Zahlreiche Untersuchungen zeigen verschiedene positive Einflüsse von Grüntee auf die menschliche Gesundheit. Die hohe antioxidative Kapazität des Genussmittels, bzw. der Grüntee Catechine, vor allem Epigallocatechin-3 (EGCG), ist dafür maßgeblich verantwortlich. **ZIEL** dieser Arbeit war es die antioxidative Wirkung von Matcha Grüntee, sowie der Aufnahme (lt. DGE Empfehlung) von antioxidativen Mikronährstoffen, auf die oxidative Stress- und Entzündungsreaktion (ROS Belastung) nach sportlicher Aktivität zu überprüfen. **METHODIK** Im Rahmen einer Studie mit 20 gesunden Frauen (MW=26,5 Jahre) wurde der Akuteinfluss von Matcha Tee und fünf weiteren Getränken, auf die ROS Belastung nach einem *high-intensity interval training* (HIIT) untersucht. Die Proband*innen konsumierten nüchtern, randomisiert eines der sechs Testgetränke oder Wasser (Kontrolle) und absolvierten zwei Stunden später ein 20 minütiges HIIT. Ihnen wurde 2h vor dem Training, unmittelbar davor, unmittelbar danach und 15 Minuten danach venös und kapillar Blut abgenommen. Die Belastung reaktiver Sauerstoffspezies wurde vor Ort erhoben. Die Parameter der Mikronährstoffe im wurden separat ausgewertet. Ein 24h Recall ihrer Ernährung wurde erhoben. **ERGEBNISSE** Der Konsum von Matcha Grüntee konnte eine geringere ROS-Belastung bewirken, jedoch ohne statistische Signifikanz. Der Konsum antioxidativer Mikronährstoffe konnte teilweise erwünschte Wirkungen erzielen, jedoch nicht im Bereich der DGE-Empfehlungen, sondern bei höherem bis hohem Konsum.

ABSTRACT BACKGROUND Several Studies show various benefits of green tea consumption for human health. The high antioxidative capacity of green tea catechins, especially Epigallocatechin-3 (EGCG), is the main reason for these benefits. **AIM OF WORK** was to evaluate the antioxidative effect of green tea, as well as of the consumption of antioxidative micronutrients (according to DGE recommendations), on the generation of reactive oxygen species (ROS level) post physical activity. **METHODS** 20 healthy women (mean=26,5 yrs) participated in a study, where the direct impact of Matcha green tea and five other beverages, on ROS level after completing a high-intensity interval training (HIIT), was analyzed. The test people consumed randomly one of the six test beverages or water (control group), without anything to eat before on that day. Two hours later they completed a HIIT of 20 minutes. They gave blood samples (capillary and venous) 2 hours before the workout, directly before, directly after and 15 minutes after the workout. The level of ROS was measured directly after taking the samples. Micronutrients were analyzed separately in another laboratory. They also reported their nutrition of the last 24 hours. **OUTCOMES** Consuming Matcha green tea would lead to lower levels of ROS, but the results have no statistical significance. The antioxidative micronutrients partially show beneficial effects, but only when consumed (high) above the DGE recommendations.

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS.....	- 1 -
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	- 4 -
TABELLENVERZEICHNIS	- 4 -
ABKÜRZUNGEN.....	- 6 -
WISSENSCHAFTLICHER HINTERGRUND, GRÜNTÉE GRUNDLAGEN	- 8 -
Herstellung, Verarbeitung und Eigenschaften von Teeblättern.....	- 8 -
Grüntee Polyphenole	- 10 -
Positive Effekte auf die menschliche Gesundheit – Übersicht.....	- 14 -
Darmmikrobiom und anti-adipöse Wirkung	- 14 -
Einfluss auf kardiovaskuläre Gesundheit	- 17 -
Einfluss auf Diabetes mellitus	- 18 -
Antioxidatives Potenzial.....	- 19 -
EGCG - Entzündungsprozesse bei physischer Aktivität.....	- 20 -
Matcha Tee – japanischer Traditionstee.....	- 26 -
Weitere exogene Antioxidantien	- 30 -
AKUTEINFLUSS UNTERSCHIEDLICHER LEBENSMITTEL UND GETRÄNKE AUF DIE SPORTINDUZIERTER OXIDATIVER STRESS- UND ENTZÜNDUNGSREAKTION	- 33 -
Hypothese	- 34 -
Methodik.....	- 34 -
10 RM-Test (10 Repetition-Maximum Test).....	- 36 -
Intervention	- 37 -
BORG-Skala	- 38 -
Laborparameter	- 39 -
Oxidativer Stress, Elektronenspinresonanz (EPR)	- 40 -
24h Recall.....	- 41 -
ERGEBNISSE	- 43 -
DISKUSSION	- 53 -
QUELLENVERZEICHNIS	- 55 -

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – chinesische Teetradition (Khurshid et al., 2016).	_____	- 9 -
Abbildung 2 - chem. Strukturen von Catechinen (Khurshid et al. 2016)	_____	- 11 -
Abbildung 3 - Bioverfügbarkeit von EGCG und anderen Grüntee Polyphenolen (Xing et al. 2019)	_____	- 12 -
Abbildung 4 - Molekulare Struktur von EGCG (Min & Kwon, 2014)	_____	- 12 -
Abbildung 5 - Auswirkungen von Grüntee Polyphenolen auf das Darmmikrobiom	_____	- 14 -
Abbildung 6 - Effekte von Koffein, Oolongtee, Grüntee oder GTE auf die Fettoxidation und den Energieverbrauch in Menschen (Thielecke & Boschmann, 2009)	_____	- 16 -
Abbildung 7 - Antikardiovaskuläre Effekte von GTP, vorrangig EGCG (Xing et al, 2019)	___	- 17 -
Abbildung 8 - Effekte von Grüntee oder GTE – stark GTE haltig – auf den Glucose Stoffwechsel (Thielecke & Boschmann, 2009)	_____	- 18 -
Abbildung 9 - Antioxidative Wirkung von GTP, vorrangig EGCG (Xing et al., 2019)	_____	- 19 -
Abbildung 10 - Profile der drei Interventionsgruppen (Ghasemi & Nayebifar, 2019)	_____	- 23 -
Abbildung 11 - Ergebnisse der Studie Ghasemi & Nayebifar, 2019	_____	- 24 -
Abbildung 12 - Matcha Tee, chemische Analyse (Kolackova et al., 2020)	_____	- 28 -
Abbildung 13 - Matcha Tee, Effekte auf Gesundheit (Kochmann et al, 2020)	_____	- 29 -
Abbildung 14 - Synergie von Tocopherol und Ascorbinsäure (Bruno et al., 2006)	_____	- 30 -
Abbildung 15 – Auswirkungen eines MgD auf zelluläre/molekulare Prozesse (Zheltova et al., 2016)	_____	- 31 -
Abbildung 16 – Stoffwechsel essenzieller Fettsäuren (Leitzmann, 2003)	_____	- 32 -
Abbildung 17 - Zeitlicher Ablauf der Interventionstage (Zeng et al., 2021)	_____	- 37 -

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Deskriptive Daten der Teilnehmer*innen	_____	- 35 -
Tabelle 2 - Deskriptive Daten aller Messungen	_____	- 43 -
Tabelle 3 - Mittelwerte der ROS bei Matcha vs. andere Getränke	_____	- 44 -
Tabelle 4 - lineares Modell, Messzeitpunkte paarweise	_____	- 44 -

Tabelle 5 - ROS-Mittelwerte von preHIIT, postHIIT, 15postHIIT relativ zur baseline, aufgeteilt auf Matcha und Wasser	- 45 -
Tabelle 7 - lineares Modell für Hypothese 1	- 46 -
Tabelle 13 - DACH-Referenzwerte antioxidativen Nährstoffe (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V., 2023)	- 48 -
Tabelle 14 - Aufnahme Kategorien antioxidativer Nährstoffe	- 48 -
Tabelle 15 - ROS-Werte Differenzen aller Nährstoffkategorien	- 50 -

Grafikverzeichnis

Grafik 1 - Akuteinfluss der Testgetränke auf die Sportinduzierten Stress- und Entzündungsreaktionen zu allen vier Messzeitpunkten	- 43 -
Grafik 2 - Verlauf der ROS, Matcha vs. Wasser, alle Messzeitpunkte	- 45 -

Abkürzungen

aA	antioxidative Aktivität
AL	Albumin
ALA	alpha-Linolensäure
CAT	Katalase
CK	Creatinkinase
COMT	catechol-O-methyl-transferase
CP	carbonylierte Proteine
CVD	Cardiovascular diseases
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
DHA	Docosahexaensäure
E%	Energie Prozent
EC	Epicatechin
ECG	Epicatechin-gallate
EGC	Epigallocatechin
EGCG	Epigallocatechin-3-gallat
EGCG	Epigallocatechin-3-gallat
EKG	Elektrokardiogramm
ELISA	Enzyme-linked immunosorbent assay
EPA	Eicosapentaensäure
ET+GTE	Training + Grünteeextrakt
ET+P	Training + Placebo
FRAP	ferric reducing ability of plasma
FS	Fettsäure
GPx	Glutathionperoxidase
GR	Glutathion Reduktase
GTE	Grünteeextrakt
GTI	Gastrointestinaltrakt

(hs)CRP	(hoch sensitives) C-reaktives Protein
HIIT	High-intensity-Training
IL-6	Interleukin 6
LDL	low density lipoprotein
mCRP	monomeric CRP
MDA	Malondialdehyd
MgD	Magnesium Defizit
MOs	Mikroorganismen
n3FS	omega-3 Fettsäuren
n6FS	omega-6 Fettsäuren
nCRP	native CRP
OS	oxidativer Stress
P	Placebo
ROS	Reaktive Sauerstoff Spezies
SGLT1	sodium dependent glucose transporter 1
SOD	Superoxid Dismutase
TAC	totale antioxidative Kapazität
TNF alpha	Tumor Nekrose Faktor alpha
UA	Urinsäure
VO2max	maximale Sauerstoffaufnahme
10RM / 10-Rep-max	10 repetition maximum test

Wissenschaftlicher Hintergrund, Grüntee Grundlagen

Grüntee ist eine Heißgetränk-Zubereitung aus getrockneten Blättern der Pflanze *Camellia sinensis* und weltweit häufig konsumiertes und oftmals traditionsreiches Lebens-/Genussmittel. Seine positiven Wirkungen sind breit bekannt, vielfältig und oftmals gut evidenzbasiert.

Herstellung, Verarbeitung und Eigenschaften von Teeblättern

Die Blätter der *Camellia sinensis* Pflanze werden in unterschiedlichen Weisen zu unterschiedlichen Tee Sorten verarbeitet. Je nach Anbaugebiet und Kultivierung der Teesträucher, Klima und Umweltbedingungen, Erntezeitpunkt und weitere Verarbeitung entstehen unzählige Sorten. Am bedeutendsten ist jedoch der Prozess der Fermentation. Dieser wird bei der Produktion von Grüntee ausgespart bzw. unterbunden, wohingegen voll fermentierte Teeblätter als Schwarztee bezeichnet werden. Das Fermentieren bedingt eine Oxidation und Konzentration mancher Inhaltsstoffe, wie etwa den enthaltenen Polyphenolen (biochemische Gruppe sekundärer Pflanzenstoffe (nicht dem Primärstoffwechsel der Pflanze dienend), Phenole mit >1 Phenolring) (Quideau et al., 2011).

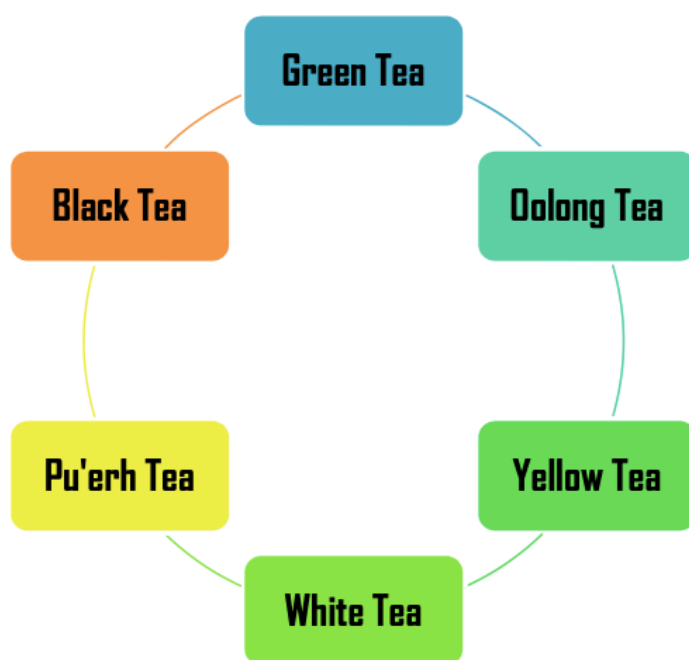
Halb fermentierter Tee (+/- 50%, verschiedene Stufen) trägt den Namen Oolong Tee. Dieser stellt eine Mischung aus Schwarz- und Grüntee dar (Khurshid et al., 2016).

Weißer Tee gilt als die edelste Teesorte. Er besteht lediglich aus ungeöffneten Blattknospen, welche noch kein Chlorophyll ausgebildet haben und von einem weißen Blattflaum bedeckt sind. Die Knospen werden besonders schonend verarbeitet und fermentieren daher kaum (wenige Prozent Fermentationsgrad) (Wu et al., 2022).

Zwischen Oolong Tee und weißem Tee ist der gelbe Tee einzuordnen. Dieser ist bis max. 20% fermentiert. Ähnlich dem weißen Tee, besteht auch gelber Tee aus nicht fertig entwickelten Teeblättern, jedoch kommen verschiedene Wachstumsstufen zum Einsatz (Ye et al., 2022).

Pu'erh Tee wird aus Teesträuchern, welche in der chinesischen Provinz Yunnan wachsen produziert. Die dortigen Gegebenheiten verleihen den Pflanzen eine besondere chemische Zusammensetzung und größere Blätter als anderswo. Je nach Verarbeitung der Blätter wird grüner Pu'erh oder dunkler Pu'erh hergestellt (Pohl et al., 2022).

Abbildung 1 – chinesische Teetradition (Khurshid et al., 2016).



die 6 Hauptsorten der chinesischen Tee Tradition / versch. Zubereitungen aus den Blättern der Camellia sinensis Pflanze (Khurshid et al., 2016).

Bei der Herstellung von Grüntee werden die Blätter nach der Ernte ausgelegt, um sie welken zu lassen. Anschließend erhitzt man die Blätter mit verschiedenen Vorgehensweisen wie Rösten oder Wasserdampf. Dabei deaktiviert ein Enzym namens Polyphenoloxidase jeglichen Fermentationsprozess. Der Tee behält somit die meisten seiner sekundären Pflanzenstoffe, welche bei der Fermentation oxidieren (Xing et al., 2019)

Getrocknet besteht Grüntee zu 15-20% aus Proteinen, 1-4% Aminosäuren, 26% Ballaststoffen, 5-7% Kohlehydraten, 5% Mikronährstoffen, 5% Lipiden und zu 30% aus Polyphenolen (Min & Kwon, 2014).

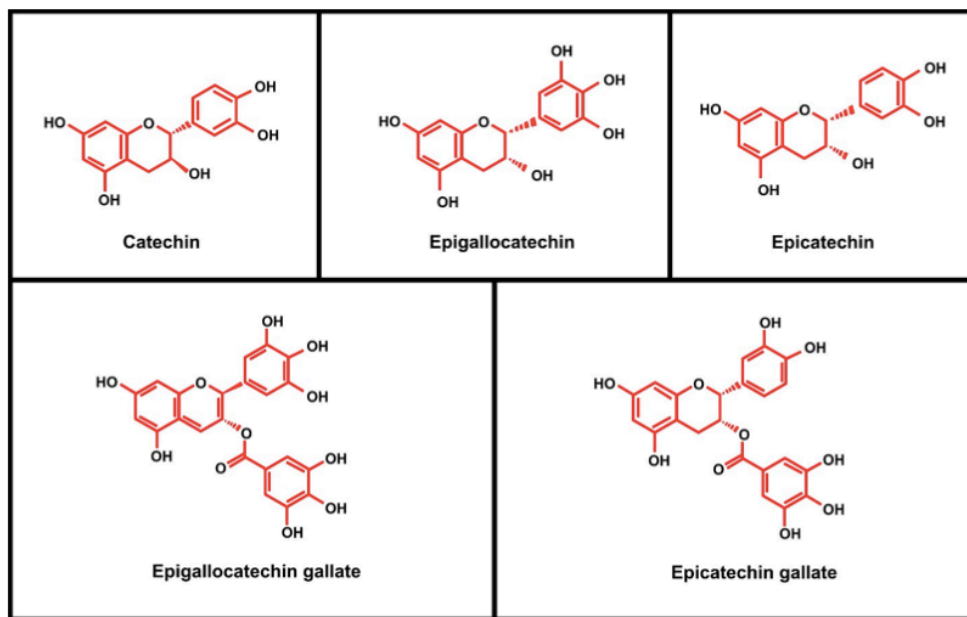
Grüntee werden zahlreiche Vorteile für die menschliche Gesundheit nachgesagt. Diese sind maßgeblich auf dessen hohe Gehalte an Polyphenolen zurückzuführen. Deren Hydroxylgruppen entschärfen freie Radikale/ROS. Zudem können sie Enzyme, welche die ROS-Produktion bedingen, wie Cyclooxygenase, Lipooxygenase oder Xanthin Oxidase hemmen (Khurshid et al., 2016).

Grüntee Polyphenole

Besonders wichtig ist die Gruppe der Catechine (Stoffgruppe: Polyphenole → Flavonoide → Catechine). Studien zum Thema Grüntee in der Ernährung arbeiten meist mit Grünteeextrakt (GTE) und dieser weist sehr hohe Werte an Catechinen auf. Epicatechin (EC), Epicatechin-gallate (ECG), Epigallocatechin (EGC), Epigallocatechin 3-Gallat (EGCG) sind mit 50-75% die häufigsten. Ihre Wirkung gegenüber freien Radikalen steigt in derselben Reihenfolge wie sie angeführt sind (Sadowska-Krepa et al., 2019).

Vergleichsweise besitzen diese Grüntee Catechine außerordentliche antioxidative Kapazitäten und können zudem die Aktivität enzymatischer Radikalfänger Systeme, wie etwa Glutathion Peroxidase / Reduktase, Katalase noch verbessern (Kochman et al., 2020).

Abbildung 2 - chem. Strukturen von Catechinen (Khurshid et al. 2016)



Chemische
Strukturen
der in Grün-
tee enthalte-
nen Catechine
(Khurshid et
al., 2016)

Vor allem EGCG hat sich in zahlreichen Untersuchungen als ein besonders wertvoller Inhaltsstoff gezeigt. Vorteilhafte Effekte offenbarten sich in Studien (Großteils Zellkultur Studien, Tierversuche, teilweise Humanstudien) in Verbindung mit Tumorerkrankungen, Kardiovaskulären Erkrankungen, Diabetes mellitus, Neurodegenerative Erkrankungen und Erkrankungen der Leber (Min & Kwon, 2014). Aufgrund seines antioxidativen – aber teilweise auch prooxidativen – Potenzials, wirkt es antiinflammatorisch, worauf seine zahlreichen Effekte zurückzuführen sind. Die pro-oxidativen Wirkungen kommen teilweise gegen Krebserkrankungen zu tragen. Es kann karzinogene Prozesse wie die Angiogenese oder Proliferation hemmen, oder wirkt pro apoptotisch (Zelltod induzierend) (Min & Kwon, 2014). Diese Wirkungen zeigten sich trotz einer tendenziell eher geringen Bioverfügbarkeit von <10%. Langsame Löslichkeit im Gastrointestinaltrakt (GTI), langsame und schwere Absorption, schnelle Verstoffwechselung und Eliminierung sowie weitläufige Verteilung im Gewebe tragen hierzu bei. Bei Nagetieren zeigten sich Werte von 2-13% Bioverfügbarkeit (Min & Kwon, 2014).

Abbildung 3 - Bioverfügbarkeit von EGCG und anderen Grüntee Polyphenolen (Xing et al. 2019)

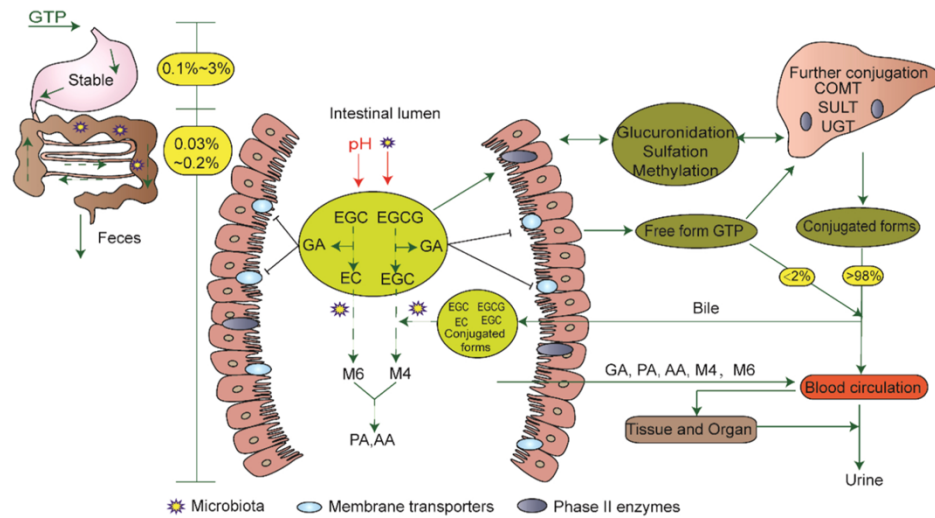
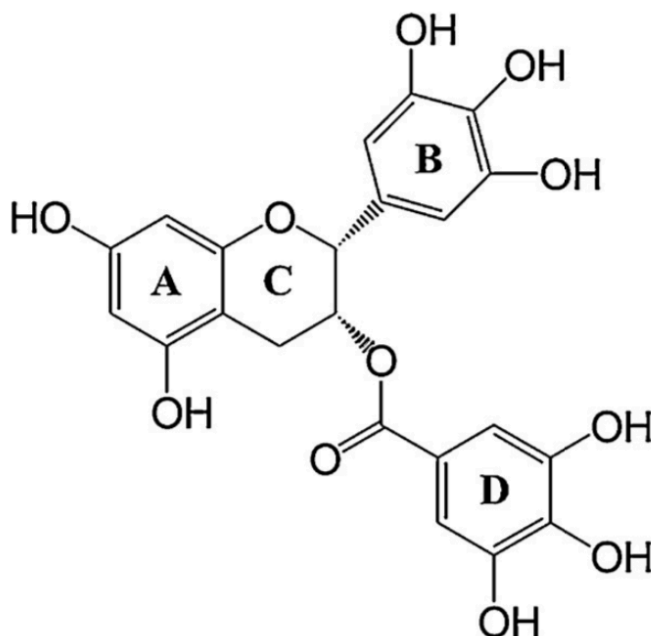


Figure 4. Bioaccessibility, bioavailability and metabolism of green tea polyphenols. GA: gallic acid; PA: phenolic acids; AA: aromatic acids; M6:5-(3',4'-dihydroxyphenyl)- γ -valerolactone; M4:5-(3',4',5'-trihydroxyphenyl)- γ -valerolactone; membrane transporters (multidrug resistant proteins, ATP-binding cassette transporters, P-glycoprotein); Phase II enzymes (COMT: catechol-O-methyltransferase; SULT: sulfotransferase; UGT: glucuronosyltransferases).

Abbildung 4 - Molekulare Struktur von EGCG (Min & Kwon, 2014)



Molekulare Struktur von EGCG – Epigallocatechin-3-gallate - [(2R,3R)-5,7-dihydroxy-2-(3,4,5-trihydroxyphenyl)chroman-3-yl]3,4,5-trihydroxy-benzoat (Min & Kwon, 2014)

EGCG besteht aus drei aromatischen Ringen (A,B,D) die durch einen Pyran Ring (C) verbunden sind. Seine antioxidative Aktivität entsteht durch die Ringe B und D welche OH-Gruppen an Radikale abtreten. Die OH-

Gruppe an Position 5' des B Rings kann das Wachstum von *Helicobacter pylori* im Magen hemmen.

Helicobacter pylori ist ein Bakterium welches häufig zu gesundheitlichen Probleme wie Magengeschwüren und sogar -karzinomen führen kann. (Ranjbar et al., 2022).

Positive Effekte auf die menschliche Gesundheit – Übersicht

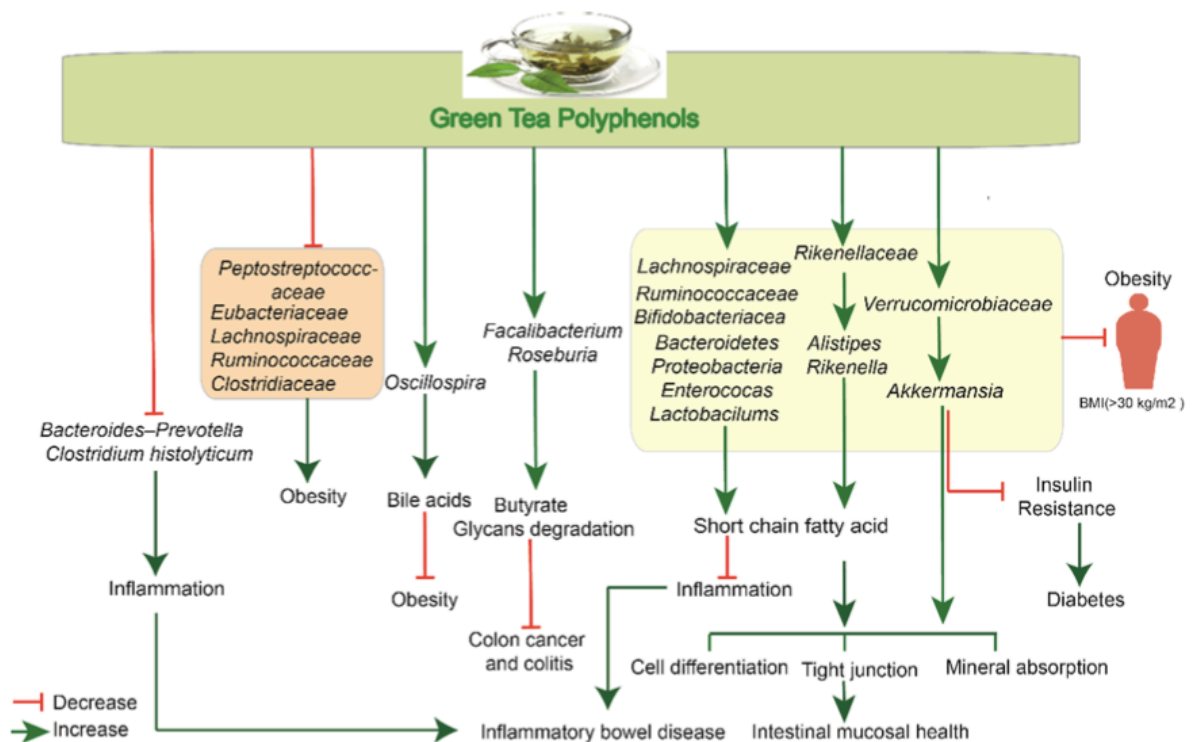
Im Folgenden werden die gesundheitlichen Vorteile welche nicht Fokus dieser Arbeit sind, übersichtsmäßig dargestellt, um ein umfassendes Bild des Heißgetränks zu bieten.

Die zusammengefassten Erkenntnisse wurden 2019 von Xing et al. als Übersichtsarbeit des aktuellen Wissensstandes veröffentlicht.

Auch ein Review der Autoren Thielecke & Boschmann, 2009 trug schon damals viele Erkenntnisse zusammen.

Darmmikrobiom und anti-adipöse Wirkung

Abbildung 5 - Auswirkungen von Grüntee Polyphenolen auf das Darmmikrobiom (Xing et al., 2019)



Obwohl die zugrundeliegenden Mechanismen noch nicht restlos geklärt sind, zeigte sich in Untersuchungen bereits, dass EGCG und ECG das menschliche Darmmikrobiom vorteilhaft beeinflussen können. EGCG und ECG haben starke antibakterielle Wirkungen gegen pathogene Mikroben im Darm, wie etwa *Clostridium perfringens*, *Clostridium difficile*, *Bacteroides* spp., *E.coli* O157, H7, und *H. pylori*. Dieser Wirkung liegt mutmaßlich ein schädigender Einfluss an bakteriellen Zellmembranen zugrunde - durch unter Anderem der Förderung der Bildung von Wasserstoffperoxid, welches die Zellmembrandurchlässigkeit beeinflussen kann und so das Wachstum und die Proliferation der pathogenen Mikroben hemmt. Zudem fördern EGCG und ECG das Wachstum von günstigen MOs wie *Bifidobacterium* spp., *Lactobacillus* spp., und *Clostridium coccoides*-*Eubacterium rectal*. Besonders relevant scheint das Verhältnis der Stämme Firmicutes/Bacteroidetes zu sein. Bei übergewichtigen Menschen zeigte sich höheres Maß an Bacteroidetes, bei schlanken Menschen an Firmicutes. Mit einsetzendem Gewichtsverlust adipöser Proband*innen, änderte sich dieses Verhältnis dementsprechend. Eine Veränderung des Mikrobioms kann sich unter anderem vorteilhaft auf Entzündungsgeschehen und Insulinresistenz auswirken (Xing et al., 2019).

Die antiadipösen Wirkungen von Grünteepolyphenolen (GTP), vornehmlich EGCG, beschränken sich jedoch nicht auf den Einfluss im Mikrobiom. Mehrere Untersuchungen (Abb. 9, Seite 16) zeigten auch eine verbesserte Verstoffwechslung von Glucose und Lipiden. In den verschiedenen Modellen mit EGCG-Supplementation zeigte sich etwa eine abgeschwächte Glucose-/Insulin-Antwort bei adipösen Männern (bessere Insulinsensitivität, Einfluss auf die Ausbildung von Glucose Transportern); eine erhöhte Adiponectin Sezernierung, verringerte Plasmagehalte an Cholesterol und LDL; verringerte Leptin Gehalte und Energieabsorption, erhöhte Fett Oxidation (Maus-Modell). Zudem zeigte sich von

EGCG und GTP allgemein, eine hemmende Wirkung bzgl. der Freisetzung proinflammatorischer Cytokine aus adipösem Gewebe.

Weitere molekulare Mechanismen dahinter wären unter anderem Hemmung der Adipozyten Differenzierung und Proliferation; Reduzierung der Fett Absorption; Hemmung der catechol-O-methyl-transferase (COMT) in braunem Fettgewebe (Thielecke & Boschmann, 2009).

Abbildung 6 - Effekte von Koffein, Oolongtee, Grüntee oder GTE auf die Fettoxidation und den Energieverbrauch in Menschen (Thielecke & Boschmann, 2009)

Citations	Type of study	Population	Test components (daily dosage)	Duration of intake	Main outcomes		
					Weight (kg)	Fat mass (kg)	BMI
Chantre and Lairon (2002)	Multi-center, open, uncontrolled	7 M, 63 F BMI: 28.9	GTE (375 mg catechins, of which 270 mg was EGCG)	12 weeks	-3.5	Not reported	Not reported
Hase et al. (2001)	Case-control	23 M, BMI: 24-25	Control (118.5 mg catechins, of which 32 mg was EGCG and 75 mg caffeine) GTE (483.0 mg catechins, of which 300 mg was EGCG and 75.5 mg caffeine)	12 weeks	-0.5	-1.7	-0.6
Kajimoto et al. (2006)	Double blind, three parallel arm, controlled	98 M, 97 F BMI: 25.7	Control beverage (41 mg catechins, of which 9 mg was EGCG and 52 mg caffeine)	12 weeks	-1.1 [*]	-3.9% [*]	-0.4 [*]
			Green tea beverage, low (444 mg catechins, of which 152 mg was EGCG and 50 mg caffeine)		-1.2 [*]	-3.9% [*]	-0.4 [*]
			Green tea beverage, high (646 mg catechins, of which 224 mg was EGCG and 49 mg caffeine)		-1.2 [*]	-3.9% [*]	-0.4 [*]
Kovacs et al. (2004)	Randomized parallel, placebo-controlled	26 M, 78 F BMI: 25-35	Control (placebo) GTE (573 mg catechins, of which 323 mg was EGCG, and 104 mg caffeine)	13 weeks	0.6	0.5	0.2
Nagao et al. (2007)	Multi-center, Randomized, double-blind, controlled	140 M, 100 F, BMI: 26.8	Control beverage (96 mg catechins, of which 16 mg was EGCG and 75 mg caffeine) Green tea beverage (583 mg catechins, of which 100 mg was EGCG and 72 mg caffeine)	12 weeks	-1.6 [*]	-1.8 [*]	-0.6 [*]
Nagao et al. (2005)	Double blind, controlled	35 M, BMI: 24.9-25.0	Control (oolong tea containing 19 mg catechins, of which 3 mg was EGCG and 78 mg caffeine) GTE (690 mg catechins, of which 136 mg was EGCG, and 75 mg caffeine)	12 weeks at low calorie diet	-1.1 [*]	-0.7 [*]	-0.4 [*]
Tsuchida et al. (2002)	Randomized, double-blind, controlled	43 M, 37 F BMI: 25.9-26.5	Control (126.5 mg catechins, of which 25.2 mg was EGCG and 81 mg caffeine) GTE (588 mg catechins, of which 115 mg was EGCG and 83 mg caffeine)	12 weeks	-1.3 [*]	-1.4 [*]	-0.5 [*]
Diepvens et al. (2006)	Double-blind, placebo-controlled, parallel design	46 F, BMI: 27.7	Control + low energy diet (2790 mg maltodextrin) GTE + low energy diet (1206.9 mg catechins, of which 595.8 mg was EGCG and 236.7 mg caffeine)	12 weeks	0	0	0.1
Chan et al. (2006)	Randomized, parallel, placebo-controlled	34 obese f, BMI: 30.9	Capsulated green tea powder (659 mg catechins, of which was 538 mg EGCG and 150 mg caffeine)	12 weeks	-1.8	-0.2%	-0.3
Westerterp-Plantenga et al. (2005)	Randomized, parallel, placebo-controlled	23 M, 53 F BMI: 25-35	Low habitual caffeine control (<300 mg caffeine) (placebo)	13 weeks	Low habitual caffeine	-2.8	-0.9 [*]
			High habitual caffeine control (>300 mg caffeine) (placebo)		-2.1 [*]		
			Low habitual caffeine GTE (<300 mg caffeine) (375 mg catechins, of which 270 mg was EGCG and 150 mg caffeine)		0.3	0.1	0.2
Auvichayapat et al. (2008)	Randomized, controlled	18 M, 42 F BMI: 27-28	High habitual caffeine GTE (>300 mg caffeine) (375 mg catechins, of which 270 mg was EGCG and 150 mg caffeine)	12 weeks	-0.7 [*]	-0.86	-1.09
Hsu et al. (2008)	Randomized, parallel, double-blind, placebo-controlled	78 obese F BMI: 30.8	Control (cellulose) GTE (491 mg catechins, of which 302 mg was EGCG and 27 mg caffeine)	12 weeks	-0.12	-0.05	Not reported

Main outcomes = net effects of GTE (change corrected for change in control group), unless stated otherwise, ^{*}p < 0.05. M, male; F, female; BMI, body mass index. # Hase et al. (2001) reported percentages of change. For the mean of this article the absolute figures were calculated by relating the changes to the absolute baseline values reported by Hase et al. (2001).

Einfluss auf kardiovaskuläre Gesundheit

in vitro	in vivo	compound	observed effects
	volunteers without history of stroke, coronary heart disease, or cancer	green tea	↓CVD mortality
	patients with coronary artery disease	EGCG	↑ endothelial function ↓ endothelial dysfunction
	patients with or without coronary heart disease (CHD)	green tea	↓ CHD risk
	male Sprague–Dawley rats	EGCG	↓ hyperlipidemia and total cholesterol ↓ cardiac hypertrophy formation ↑ bcl-2 protein, SOD, and GPx ↓ p53 protein, MDA content, and SBP
	male Sprague–Dawley rats	EGCG	↓ ROS restored Ca^{2+} homeostasis prevented myocyte apoptosis
rat heart cardiomyoblast cells		EGCG	↑ telomere repeat-binding factor 2 ↓ telomere attrition ↓ p53 expression antiapoptotic effect
	male Sprague–Dawley rats	EGCG	↑ telomere repeat-binding factor 2 ↓ telomere attrition and p53 expression
human aortic endothelial cells		EGCG	↓ ET-1 synthesis and secretion
human umbilical vein endothelial cells		EGCG	↑ NO production ↓ membrane translocation of Rac-1 and p47phox
	male and female volunteers	GTE	↓ NADPH oxidase ↓ ROS generation ↑ Akt activation and antioxidant enzymes
human aortic endothelial cells		EGCG	↓ oxidation of low-density lipoprotein(LDL) ↓ intracellular Ca^{2+} ↑ Nrf-2 expression ↑ HO-1 mRNA and protein
rabbit platelets	male Sprague–Dawley rats	EGCG, EGC	↓ PLCg2 phosphorylation, AA liberation, and serotonin secretion; ↑PGD2
	Sprague–Dawley rats	EGCG	↓ NFκB activation ↓ CTGF expression
	male Sprague–Dawley rats	EGCG	↓ lipid peroxidation ↑ activities of SOD, CAT, and GPx free radical scavenger restored mitochondrial function
	male albino Wistar rats	EGCG	↓ lysosomal enzymes ↓ lipid peroxidation preserved membrane integrity
	male Sprague–Dawley rats	EGCG	↓ caspase-3 ↓ lipid peroxidation ↑ SOD, CAT, and bcl-2 expressions ↓ left ventricular end diastolic pressure ↑ left ventricular developed pressure and coronary flow
	male spontaneously hypertensive rats	EGCG	↓ infarct size improved cardiac hemodynamics
	heart failure (HF) rats	EGCG	↑ left ventricular end diastolic pressure ↑ mean blood pressure ↑ heart weight/body weight ↑ posterior wall thickness ↓ left ventricular systolic pressure ↓ maximum rate of left ventricular pressure rise (+ dP/dtmax) ↓ maximum rate of left ventricular pressure ↓ G-protein-coupled receptor kinases (GRK2) and β1-adrenoceptors

Abbildung 7 - Antikardiovaskuläre Effekte von GTP, vorrangig EGCG (Xing et al, 2019)

Zahlreiche Untersuchungen mit GTE oder EGCG, der letzten 20 Jahre zeigten diverse positive Effekte auf die Herzkreislaufgesundheit. Etwa inverse Korrelationen zwischen regelmäßigem Grüntee Konsum und der kardiovaskulären Mortalität (Cardiovascular diseases) (Xing et al., 2019).

Einfluss auf Diabetes mellitus

Des Weiteren wirkt Grüntee(-extrakt) bzw. EGCG mutmaßlich gegen Diabetes mellitus Erkrankungen. In Tierversuchen stellte sich heraus, dass Grüntee Catechine die Aktivität der Verdauungsenzyme α -Amylase, α -Glucosidase und Sucrase hemmen können und somit die Aufnahme von Kohlenhydraten reduzieren können. Zudem zeigte sich, ebenfalls in Tierversuchen, dass die Glucose Aufnahme in der Skelettmuskulatur durch Catechine erhöht wurde, im Fettgewebe wiederum reduziert (Thielecke & Boschmann, 2009).

Abbildung 8 - Effekte von Grüntee oder GTE – stark GTE haltig – auf den Glucose Stoffwechsel (Thielecke & Boschmann, 2009)

Citation	Type of study	Population	Test components	Duration of intake	Main outcomes
Hosoda et al. (2003)	Randomized, controlled, crossover	20 subjects with type-2 diabetes	Control (water) 1.5 l oolong tea (containing 386 mg EGCG)	30 day	Plasma glucose and fructosamine were reduced from 229 to 162 $\mu\text{mol/l}$ ($p < 0.001$) or 409.9 to 323.3 $\mu\text{mol/l}$ ($p < 0.01$)
Tsuneki et al. (2004)	Controlled	22 healthy subjects	Control (water) 1.5 g Green tea powder (84 mg EGCG) after an oral glucose challenge	Single administration	Plasma glucose was significantly reduced after an OGTT
Hase et al. (2001)	Case-control	23 healthy males	Control (118.5 mg catechins, of which 32 mg was EGCG) GTE (483.0 mg catechins, of which 300 mg was EGCG)	12 weeks	Significant reductions in plasma glucose and insulin
Zhong et al. (2006)	Randomized, placebo-controlled, cross-over	20 healthy subjects	Green tea extract (containing 300 mg EGCG), black tea extract, mulberry tea extract, 0.1 g each placebo	Single administration	The tea extract decreased carbohydrate absorption after a carbohydrate meal by 25%
Rizvi et al. (2005)		31 type-2 diabetics, 31 healthy subjects	EGCG, EGC, ECG, EC, each 10^{-5} – 10^{-8} mol/l	Ex vivo	Oxidative stress in erythrocytes measured as MDA reduced glutathion
Fukino et al. (2005)	Randomized, controlled	53 males and 13 females with borderline or established diabetes	Green tea extract/powder dissolved in hot water, resulting in 747 mg and 445 mg polyphenol intake in the intervention and control group	2 months	Body weight, BMI, systolic and diastolic blood pressures, blood glucose level, Hb A1c level, insulin level and HOMA index after taking the supplementation for 2 mo, were lower than the respective value before intervention; however, these parameters in the intervention group at 2 mo did not significantly differ from those in the control group. Within the intervention group, changes in insulin level tended to be associated with changes in polyphenol intake. In addition, changes in BMI were associated with changes in blood glucose level and insulin level
Ryu et al. (2006)	Randomized cross-over	31 male, 24 female type-2 diabetics	900 ml green tea containing 9 g green tea	4 weeks	Blood glucose and insulin resistance in type-2 diabetes patients were unchanged
Fukino et al. (2008)	Randomized, controlled	49 male, 11 female borderline diabetics	Green tea extract/powder dissolved in hot water, resulting in 456 mg catechins intake in the intervention group	2 months	Significant reduction of Hb A1c compared to control group, no significant changes in fasting insulin glucose, and HOMA index

Park et al., 2014 zitieren Daten lt. denen im Kontext Diabetes mellitus und Adipositas der wichtigste Effekt von EGCG, die Blockade von sodium dependent glucose transporter 1 (SGLT1) und der Formation von Lipid Micellen ist. Für eine tatsächliche Reduktion von (Prä-)Adipozyten seien jedoch hohe Aufnahmemengen, mit mutmaßlichen Nebenwirkungen von Nöten (Park et al., 2014).

Antioxidatives Potenzial

In beinahe allen Arbeiten über Grüntee kommt in der ein oder anderen Weise das hohe antioxidative Potenzial der in Grüntee enthaltenen Catechine zu Wort. Die meisten der oben genannten gesundheitlichen Vorteile basieren auch direkt oder indirekt auf dieser Eigenschaft. Im Folgenden findet sich eine kurze Übersicht einiger Erkenntnisse. Anschließend folgen Untersuchungen zum Thema Grüntee, Entzündungswerte und Sport im Detail.

Abbildung 9 - Antioxidative Wirkung von GTP, vorrangig EGCG (Xing et al., 2019)

in vitro	in vivo	compound	observed effects
human colon cancer cell line (Colo-205)		GTP	↓ lipid peroxidation
			radical scavenging capacity
			antiproliferative activity
pancreatic TC1-6 cells		EGCG	↑Akt activation; ↓ p38, caspase 3 and JNK pathway; ↓ ROS level; ↑ cell viability
			↓ apoptosis
bladder cancer cells		EGCG	↑ cell viability
	Wistar rats	EGCG	↓ ROS; ↑ cell viability; free radical scavenger; restored mitochondrial function, protected rats from synaptic plasticity deficits
	Wistar rats	EGCG	↓ collagen deposition; ↓ severity of fibrosis
			↑ activities of SOD, CAT, GPx; ↑ Nrf2 expression; restored vitamin C, E, A levels
breast epithelial MCF10A cells		EGCG	↑ Akt phosphorylation and antioxidant enzymes; ↑ Nrf2 expression
	male Kunming mice	EGCG	↑ Nrf2 expression; ↑ heme oxygenase 1, NAD(P)H, quinone oxidoreductase 1, glutathione S-transferase (GST)
	mice	EGCG with polyunsaturated fatty acids	↑ metal chelator capacity; ↑ peroxyl radical scavenging activity
	Japanese Quails	EGCG	↑ Nrf2 expression and antioxidant enzymes

EGCG - Entzündungsprozesse bei physischer Aktivität

Die Datenlage zu Grüntee und dessen antioxidativem Potenzial ist sehr dicht, auch in Verbindung mit sportlicher Aktivität. Wenn auch mit teils widersprüchlichen Erkenntnissen, kommen die Daten zu überwiegend ähnlichen Ergebnissen, die für Grüntee als Lebensmittel sprechen.

Eine 2019 veröffentlichte polnische Studie etwa, beschreibt den Einfluss einer Grünteesupplementation bei jungen, männlichen Crossfit Athleten. Die Athleten (n=16) konsumierten 6 Wochen lang, randomisiert täglich entweder zwei Placebos (Kontrollgruppe n= 8) oder zwei Kapseln mit 250mg standardisiertem Grünteeextrakt (Interventionsgruppe n=8) (<4mg Koffein, 245mg Polyphenole, davon 200mg Catechine, davon 137mg Epigallocatechin-3-gallat). Zu Beginn, sowie nach Abschluss der Studiendauer wurde von jedem Probanden einmalig die VO₂ max. Kapazität mittels eines Fahrradergometer Tests erhoben. Aus Blutproben wurden die Werte für antioxidative Enzyme wie Superoxid Dismutase (SOD), Glutathionperoxidase (GPx), Katalase (CAT), Glutathion Reduktase (GR); sowie die nicht enzymatische Urinsäure (UA) und reduziertes Glutathion (GSH); sowie die Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) (antioxidatives Potenzial im Plasma) erhoben.

Während den 6 Wochen der Intervention wurden von allen Probanden, wöchentlich 5 standardisierte, vorab festgelegte Crossfit Workouts unter professionellem Coaching absolviert. Zwei Tage pro Woche waren als Ruhephase vorgesehen. Tabak-, Alkohol-, Nahrungsergänzungsmittel- oder Medikamentenkonsum während der Studie, bzw. 4 Wochen zuvor, wurden ausgeschlossen. Die Ergebnisse zeigten einen signifikanten Unterschied der zwei Gruppen bei der antioxidativen Kapazität des Plasmas. Diese hat sich bei der Grüntee Gruppe fast doppelt so stark

erhöht, als bei der Kontrollgruppe (24% Anstieg bei Placebo, 44% bei Intervention) (Sadowska-Krepa et al., 2019).

Bagheri et al. haben im Jahr 2020 eine ähnliche Studie mit untrainierten, übergewichtigen Männern mittleren Alters durchgeführt, die 8 Wochen lang 3x wöchentlich moderate Ausdauertrainings-Einheiten absolvierten. Dazu zählten Zirkeltraining, Joggen oder schnelles gehen. Die Probanden wurden in drei Gruppen randomisiert (3x n=15).

ET+GTE (Training + Grünteeextrakt, 500mg täglich), ET+P (Training + Placebo) und P (nur Placebo). Vor und nach der 8-wöchigen Intervention wurde die Serumkonzentration an IL-6, TNF-alpha, hsCRP, Irisin und Adiponectin gemessen.

Die Werte von IL-6 und hsCRP sanken signifikant ($p < 0,05$) in beiden ET Gruppen, Adiponectin stieg in beiden Gruppen an ($p < 0,01$). Die Irisin Konzentration stieg nur in der ET+GTE-Gruppe an ($p < 0,01$). Die TNF-alpha Werte zeigten in Gruppe signifikante Veränderungen. Körpergewicht, BMI, Körperfettanteil und viszerale Fett sanken in beiden ET Gruppen, jedoch mit besseren Ergebnissen in der GTE-Gruppe. Insgesamt sehen die Studien Autor*innen Bagheri et al. in den Ergebnissen durch Grüntee Supplemente eine Verstärkung der positiven Auswirkungen regelmäßigen Ausdauertrainings.

(Bagheri et al., 2020)

Jowko et al. haben 2015 untersucht wie sich die Supplementierung von GTE bei professionellen Sprintern auf die antioxidative Aktivität im Plasma auswirkt. Die Untersuchung wurde mit Fokus auf zuvor widersprüchliche Ergebnisse der Jahre 2003, 2008 und 2011 gestartet (Khassaf et al., 2003), (Gomez-Cabrera et al., 2008), (Strobel et al., 2011).

Die doppelblinde RCT dauerte 2x vier Wochen, in denen von zwei Gruppen mit je n=8 Sprintern, täglich Placebos oder GTE (980mg Polyphenole) konsumiert

wurde. Die Sprinter absolvierten zwei Cycle-Sprint-Tests (4x 15 sec. - 1 min. Pause Intervalle). Davor, 5 min. danach, sowie 24h danach wurde Blut abgenommen um die Plasmagehalte an Superoxid Dismutase (SOD), Glutathion Peroxidase, Polyphenolen, Urinsäure (UA), Albumin (AL), Kreatinkinase (CK), Malondialdehyde (MDA) sowie die totale antioxidative Kapazität (TAC) zu bestimmen. Für den Zeitraum der Studie wurden die Probanden angehalten ihre Ernährungsgewohnheiten nicht zu verändern, jedoch Grüntee bzw. Grünteehaltige Lebensmittel, sowie übermäßigen Koffeinkonsum zu meiden.

Unter den Ergebnissen fanden sich, im Vergleich der Gruppen, keine signifikanten Verbesserungen der Sprint Leistung. Die GTE-Supplementierung bewirkte jedoch eine Steigerung der Polyphenole und der TAC im Plasma im Ruhezustand, sowie eine Senkung der Parameter MDA und SOD nach den Sprint Tests. Die Werte UA, AL und CK stiegen unabhängig der Intervention nach dem Sprint Test.

In der Placebo Gruppe stiegen die Werte MDA, TCA und SOD nach dem Sprint Test. Alle genannten Ergebnisse zeigten sich statistisch signifikant, mit $p = 0.05 / 0.01 / 0.001$ (Jowko et al., 2015).

Eine weitere Arbeit zum Thema wurde 2018 in Iran durchgeführt. 30 übergewichtige Frauen, 20-30 Jahre alt, wurden in 3 Gruppen randomisiert und absolvierten zehn Wochen lang, 3x/Woche ein HIIT (High-intensity-Training) Cardio Workout (40m Shuttle Run). Je nach Gruppe konsumierten die Probandinnen 3x täglich eine GTE-Kapsel + HIIT, ein Placebo + HIIT oder nur eine GTE-Kapsel (= 294 mg EGCG, 74mg EGC, 21mg EC, 51mg ECG, 58mg Koffein).

Zudem wurden die Parameter LDL, HDL, Triglyceride, Fibrinogen, Körperfettanteil und $VO_2\max$ ermittelt. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede bei den demographischen oder anthropometrischen Merkmalen der Gruppen (Ghasemi & Nayeibifar, 2019)

Abbildung 10 - Profile der drei Interventionsgruppen (Ghasemi & Nayebifar, 2019)

Baseline comparison of demographic characteristics				
Variables	Mean±SD			P (ANOVA)
	Training + green tea (n=10)	Training + placebo (n=10)	Green tea (n=10)	
Age (years)	22.47±3.32	23.58±2.23	21.06±2.65	0.87
Height (cm)	160±0.12	161.04±0.04	160±0.35	0.94
BMI (kg/m ²)	27.15±1.47	27.32±1.27	28.03±1.04	0.06

Die Ergebnisse der Studie sind in der unten folgenden Tabelle aufgeführt. Alle Parameter veränderten sich in den Gruppen mit HIIT-Intervention signifikant, wobei die GTE+HIIT-Gruppe durchwegs bessere Werte erzielte als die Placebo+HIIT-Gruppe. Die Gruppe GTE ohne Training erzielte schwächere Änderungen der Werte, welche bei den Parametern HDL und VO₂max auch nicht signifikant sind. Bei direkten Gruppen Vergleichen zeigt auch wieder die Gruppe GTE+HIIT die größten Erfolge, dennoch erzielt auch die Placebo Gruppe gegenüber der nur GTE-Gruppe gute Verbesserungen. Fast alle Vergleiche weisen statistische Signifikanz auf (Ghasemi & Nayebifar, 2019).

Table 3: Comparison of fat percentage, weight, maximal oxygen consumption, and biochemical mean changes in three studied groups after 10 weeks of green tea administration and high intensity interval training

Variables	Groups	Measurement time		Within group (P)	Difference in change post-pre (%)	Between group (P)	Groups comparisons	Mean difference±SE	Tukey (P)
		Pretest	Posttest						
TG (mg/dl)	Training + green tea	140.03±46.67	103.38±41.98	0.001***	-26.17	0.001†	Training + green tea versus training + placebo	-12.16±1.08	0.04*
	Training + placebo	119.41±40.53	94.92±36.27	0.03*	-20.50		Training + green tea versus green tea	-19.22±1.32	0.001*
	Green tea	135.69±56.07	118.26±32.14	0.02*	-12.84		Training + placebo versus green tea	-7.06±0.65	0.04*
LDL (mg/dl)	Training + green tea	104.12±19.42	89.32±18.52	0.006**	-14.21	0.02†	Training + green tea versus training + placebo	-4.82±0.11	0.03*
	Training + placebo	99.71±18.16	89.73±19.34	0.01**	-10.09		Training + green tea versus green tea	-5.51±0.12	0.002*
	Green tea	113.53±24.36	104.24±20.92	0.04*	-8.18		Training + placebo versus green tea	-0.69±0.05	0.31
HDL (mg/dl)*	Training + green tea	55 (42.25-60.75)	63.5 (53.5-69.75)	0.012**	21.85	0.01†	Training + green tea versus training + placebo	-2.16±0.23	0.01*
	Training + placebo	46.5 (39-60.25)	58 (49-68.75)	0.012**	19.14		Training + green tea versus green tea	-6.31±0.12	0.001*
	Green tea	44.5 (39.25-58)	50 (48.5-62)	0.06	10.66		Training + placebo versus green tea	-4.15±0.34	0.002*
Fibrinogen (mg/dl)	Training + green tea	233.50±19.30	201.40±20.20	0.03*	-13.74	0.001†	Training + green tea versus training + placebo	-4.71±0.34	0.001*
	Training + placebo	240.60±21.30	217.40±19.60	0.02*	-9.64		Training + green tea versus green tea	-5.94±0.64	0.001*
	Green tea	238.40±18.90	212.20±17.70	0.04*	-10.98		Training + placebo versus green tea	-1.01±0.01	0.99
Fat percentage (%)	Training + green tea	34.12±1.80	27.12±1.45	0.001***	-20.51	0.001†	Training + green tea versus training + placebo	-3.01±0.76	0.001*
	Training + placebo	33.57±1.39	29.57±1.90	0.001***	-11.91		Training + green tea versus green tea	-5.14±0.35	0.001*
	Green tea	34.28±1.38	32.42±1.27	0.04*	-5.42		Training + placebo versus green tea	-2.14±0.05	0.001*
Weight (kg)	Training + green tea	70.56±6.19	65.83±6.27	0.001***	-6.70	0.001†	Training + green tea versus training + placebo	-2.42±0.55	0.001*
	Training + placebo	72.18±3.51	69.88±3.79	0.03*	-3.18		Training + green tea versus green tea	-3.22±0.32	0.001*
	Green tea	73.45±8.44	71.95±6.37	0.04*	-2.04		Training + placebo versus green tea	-0.80±0.03	0.047*
VO _{2max} (ml/kg/min)*	Training + green tea	24 (20.25-27.75)	29 (25.5-30.75)	0.007**	15.91	0.001†	Training + green tea versus training + placebo	-2.19±0.43	0.02*
	Training + placebo	25.5 (18.25-27.75)	27.5 (20.75-29.75)	0.007**	7.62		Training + green tea versus green tea	-2.16±0.09	0.03*
	Green tea	26.5 (18.25-28)	28 (20-30)	0.06	7.5		Training + placebo versus green tea	-0.43±0.05	0.032*

*P≤0.05; **P≤0.01; ***P≤0.001 significant difference compared to pretest; †P≤0.05 significant difference between three groups. Within group P value: Paired t-test or Wilcoxon signed-ranks test, Between group P value: ANCOVA; *Presented as medians (25th-75th) percentiles and all others were presented as means±SDs. SE=Standard error; VO_{2max}=Maximal oxygen consumption; TG=Triglyceride; HDL=High-density lipoprotein; LDL=Low-density lipoprotein; ANCOVA=Analysis of covariance; SDs=standard deviations

Abbildung 11 - Ergebnisse der Studie Ghasemi & Nayebifar, 2019

Zu diesen Ergebnissen sei fest gehalten, dass das Training aller Wahrscheinlichkeit, insbesondere beim Lipoproteinprofil, den größeren Anteil der vorteilhaften Effekte erzielt. Die Grüntee Supplementierung stellt jedoch eine sehr effektive weitere Unterstützung dar.

Dennoch lassen sich aus dieser Studie etwaige Kausalitäten nicht abschließend klären. Die Gruppe GTE+HIIT hat 2x mehr %Punkte Gewicht verloren als die Placebo+HIIT Gruppe; sowie 3x mehr %Punkte als die GTE solo Gruppe (6,7%, 3,18%, 2,04%). Ob nun eher der Gewichtsverlust oder die GTE Intervention für die Erfolge bei den anderen Parametern verantwortlich ist, bleibt offen (Ghasemi & Nayebifar, 2019).

Matcha Tee – japanischer Traditionstee

Matcha Tee ist eine besondere Art Grüntee welche in Japan traditionsreich angebaut und zubereitet wird. Seine Besonderheit liegt sowohl in der Kultivierung der Teesträucher, als auch in der Weiterverarbeitung und Zubereitung der Teesorte Tencha. Die Sträucher werden einen Großteil ihrer Wachstumsperioden mit Bambusmatten von direktem Sonnenlicht abgeschirmt. So können die Pflanzen höhere Mengen an Aminosäuren wie z.B. Theanin, sowie Chlorophyll produzieren. Nach dem Trocknen werden die Blätter zu einem feinen Pulver gerieben.

Der hohe Theanin Gehalt ist in Kombination mit Koffein, für den charakteristischen Geschmack (Umami, nicht bitter) verantwortlich. Das Chlorophyll bedingt die leuchtend grüne Farbe des trockenen Tees und wirkt stark anti-oxidativ und anti-inflammatorisch (Kochman et al., 2020). Zudem bilden sich auch höhere Mengen an Koffein und den Grüntee-üblichen Catechinen aus. Insofern ist Matcha Tee die beste Quelle für den wertvollen Inhaltsstoff EGCG, da dieses dort die größte Dichte aufweist.

Der tatsächliche Gehalt an Catechinen und EGCG einer Tasse Tee, hängt letztlich jedoch maßgeblich von der Menge verwendeten Tees, Brühtemperatur und Ziehzeit ab. Versuche zeigten dass die besten antioxidativen Werte nach einer drei minütigen Ziehzeit bei 100 Grad Celcius erzielt werden. Zudem erzielte die selbe Sorte Tee in Pulverform nochmal höhere Werte als in Blattform.

Die antioxidative Kapazität wird außerdem vom Koffeingehalt des Tees beeinflusst. Die Menge an Koffein hängt u.A. von Wetterbedingungen während der Kultur, vom Zeitpunkt der Ernte und vom Alter der Blätter ab. Ältere Blätter enthalten weniger Koffein als jüngere. Der Koffeingehalt in Matcha Tee liegt zwischen 18,9 – 44, 4 mg/g (Kochman et al., 2020).

In anderen Grüntee Sorten liegt dieser zwischen 11,3 – 24,7 mg/g;
in Kaffeebohnen bei 10 – 12 mg/g Kaffeebohnen.

Zudem enthält Matcha Tee hohe Mengen an verschiedenen Phenolsäuren (antiinflammatorisch, hypoglykämisch, neuroprotektiv);

- Gallussäure 423 µg/g
 - 4-Hydroxybenzoesäure 243 µg/g
 - Chlorogensäure 4800 µg/g
 - Kaffeesäure—223 µg/g
 - Ferulasäure 289 µg/g
 - Ellagsäure 371 µg/g
 - hohe Mengen Rutin (1,96 mg/mL Tee), ein Flavonoid mit hoher antioxidativer Kapazität, sowie anti-inflammatorischer und anti-diabetischer Wirkung
 - hohe Mengen an Quercetin (1,2 mg/mL Tee) (jedoch weisen andere Grüntee Sorten ähnliche Mengen auf), ein weiteres Flavonoid (neuroprotektiv, antioxidativ, anti-karzinogen). Es kann wahrscheinlich dazu beitragen den Kohlehydrat Stoffwechsel zu normalisieren, indem die Glucoseaufnahme im Gastrointestinaltrakt hemmt. Somit reguliert es die Insulinausschüttung und verbessert die Insulinsensitivität.
 - Sehr hohe Mengen an Vit. C (1.63–3.98 mg/g Teepulver, etwa doppelt so hoch wie in anderen Grüntees).
- (Kochman et al., 2020)

Die genaue chemische Zusammensetzung von Matcha Tee wurde von Koláčková et al. (2020) untersucht. Mehrere Proben unterschiedlicher Matcha Tee Sorten wurden verascht um die Makronährstoffe, sowie den Chlorophyllgehalt, die totalen Phenol- und den totalen Flavonoidgehalt zu analysieren. Mittels

Hochleistungsflüssigkeitschromatographie wurden Vit. C und genauen Typen von Polyphenolen und Flavonoiden ermittelt.

Mit diesen Erkenntnissen wurden Korrelationen zur antioxidativen Aktivität (aA) des Matcha Tees hergestellt. Es zeigte sich das Vit. C, Chlorophyll und Koffein keinen signifikanten Beitrag zur aA leisten. Diese resultiert maßgeblich aus den totalen Gehalten an Polyphenolen und Flavonoiden (Kolackova et al., 2020)

Die folgende Tabelle zeigt die genauen Ergebnisse der Analysen. Totale Gehalte der Polyphenole und Flavonoide, sowie zweimal die aA mit zwei verschiedenen Reagenzien.

Im Fall der Extraktion mit 80% Methanol tragen folgende Phenolsäuren signifikant zur aA bei (absteigende Relevanz): Chlorogensäure > Kaffeesäure > 4-Hydroxybenzoesäure. Hierbei muss jedoch beachtet werden, dass etwaige Interaktionen mit bspw. Enzymen oder anderen Nahrungskomponenten im menschlichen Verdauungstrakt nicht einberechnet sind.

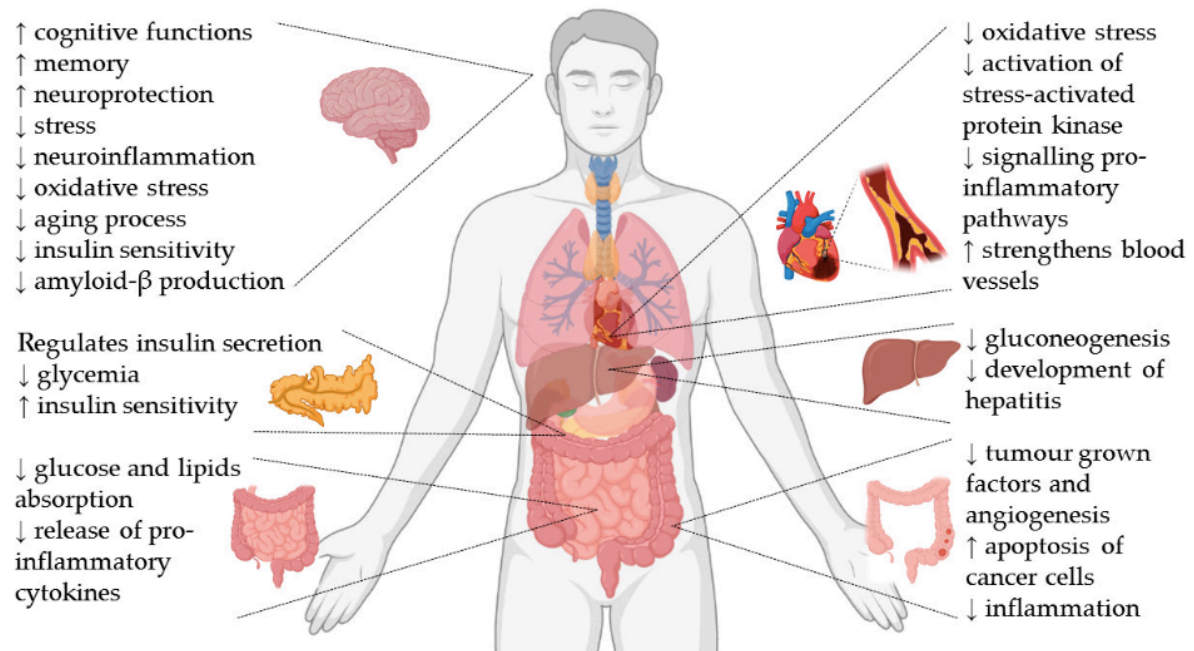
Abbildung 12 - Matcha Tee, chemische Analyse (Kolackova et al., 2020)

Results of total flavonoid and phenolic contents and radical scavenging activity in matcha teas								
Matcha teas	TFC [mg RE/g]	TPC [mg GAE/g]	ABTS [mg TE/g]	DPPH [mg TE/g]	TFC [mg RE/g]	TPC [mg GAE/g]	ABTS [mg TE/g]	DPPH [mg TE/g]
Water extraction	80% Methanol extraction							
Shao Xing	59.7 ± 0.4 ^a	72.0 ± 1.0 ^a	262 ± 2 ^a	180 ± 5 ^a	139 ± 2 ^a	255 ± 2 ^a	368 ± 4 ^a	346 ± 2 ^a
Jeju	54.1 ± 0.5 ^{b,h}	79.3 ± 1.0 ^{b,g}	256 ± 2 ^b	169 ± 2 ^b	126 ± 3 ^b	252 ± 3 ^{a,d,g}	332 ± 2 ^b	336 ± 2 ^b
Hisui	60.9 ± 0.5 ^c	69.6 ± 1.0 ^c	296 ± 3 ^c	192 ± 5 ^c	138 ± 1 ^a	222 ± 4 ^b	358 ± 3 ^c	343 ± 2 ^a
Asagiri	52.8 ± 0.4 ^d	78.4 ± 0.7 ^b	285 ± 2 ^d	171 ± 2 ^b	139 ± 1 ^a	232 ± 3 ^c	358 ± 2 ^c	331 ± 3 ^c
Khoisan	64.1 ± 0.4 ^e	75.8 ± 0.7 ^d	288 ± 4 ^d	184 ± 5 ^a	110 ± 3 ^c	248 ± 5 ^{d,e,g}	316 ± 4 ^d	301 ± 3 ^{d,f}
Whittard	68.4 ± 0.6 ^f	84.1 ± 2.0 ^e	319 ± 2 ^e	212 ± 2 ^d	110 ± 2 ^c	259 ± 5 ^a	319 ± 5 ^d	308 ± 4 ^e
Mo Cha Fen	76.7 ± 0.7 ^g	93.0 ± 1.0 ^f	378 ± 5 ^f	231 ± 4 ^e	116 ± 3 ^d	241 ± 5 ^{e,g}	319 ± 2 ^d	301 ± 3 ^{d,f}
Don Matcha	83.1 ± 0.7 ^h	93.9 ± 1.0 ^f	382 ± 5 ^f	229 ± 3 ^e	119 ± 4 ^d	273 ± 3 ^f	317 ± 5 ^d	302 ± 4 ^{d,e,f}
Bio Matcha	75.5 ± 0.5 ⁱ	84.3 ± 2.0 ^e	329 ± 4 ^g	216 ± 2 ^f	109 ± 4 ^c	220 ± 5 ^b	315 ± 2 ^d	306 ± 5 ^{d,e}
Royal Pharma	77.5 ± 0.6 ^g	80.3 ± 1.0 ^g	346 ± 2 ^h	216 ± 3 ^f	101 ± 3 ^c	246 ± 4 ^g	318 ± 3 ^d	304 ± 5 ^{d,e,f}
Kissa	54.9 ± 0.5 ^b	72.3 ± 0.6 ^a	277 ± 5 ⁱ	179 ± 3 ^a	102 ± 3 ^c	202 ± 5 ^h	316 ± 4 ^d	297 ± 4 ^f
Moya	53.9 ± 0.2 ^h	64.4 ± 1.0 ^h	246 ± 3 ^j	193 ± 4 ^c	99 ± 4 ^c	169 ± 4 ⁱ	306 ± 3 ^e	288 ± 6 ^g

Results are presented as means ± SD on dry weight basis (n = 5). Means within a column with at least one identical superscript do not differ significantly (P ≥ 0.05) while means with various superscripts show a significant difference (P < 0.05). **TFC** Total flavonoid content measured using spectrometric method, **RE** mg Retinol equivalent per g, **TPC** Total polyphenolic content measured using spectrometric method, **GAE** mg Gallic acid equivalent per g, **ABTS** Antioxidant activity measured using 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic-acid), **TE** mg Trolox equivalent per g, **DPPH** antioxidant activity measured using 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

Folgende Abbildung und Tabelle stellt eine Zusammenfassung der gesundheitlichen Vorteile der bioaktiven Stoffe von spezifisch Match Tee – im weiteren Sinne von Grüntee generell dar:

Abbildung 13 - Matcha Tee, Effekte auf Gesundheit (Kochmann et al, 2020)



Health-Promoting Properties	The Component Associated with the Effect	Mechanism of Action
Anticarcinogenic effects	Catechins Vitamin C Phenolic acids	support therapy as well as in cancer prevention, inhibiting tumour growth factors and inducing apoptosis of cancer cells protective effects against cancer
	EGCG	inhibiting cancer cell growth and prevent metastasis inhibiting tumour angiogenesis, antioxidant effects and suppressing the inflammatory processes contributing to transformation, hyperproliferation and initiation of carcinogenesis, improving tissue sensitivity to insulin and leptin, and reducing blood lipid parameters;
Anti-inflammatory effects	EGCG	scavenging ROS, regulating the inflammatory condition and response
Cardioprotective	EGCG	reducing oxidative stress, inhibiting the activation of stress-activated protein kinase and signalling pathways
	Rutin	inducing the inflammatory response strengthening blood vessels
Improvement of cognitive function and prevention of neurodegenerative disorders	EGCG	promote clarity of mind and cognitive function, inhibits LPS-induced production of reactive oxygen species, improves insulin sensitivity and decreases amyloid-β production in the brain
	Caffeine	reduce the risk of cognitive decline, reversing oxidative processes and reducing neuroinflammation, inhibit ageing of the brain, anti-inflammatory effects, decreased deposition of amyloid-β in the brain
Regulation of carbohydrate metabolism	EGCG	inhibiting starch digestion, inhibiting gluconeogenesis and the absorption of lipids and glucose, improving insulin sensitivity
	Quercetin Phenolic acids	inhibiting glucose absorption, regulating insulin secretion, improving insulin sensitivity modulating lipid and carbohydrate metabolism

Weitere exogene Antioxidantien

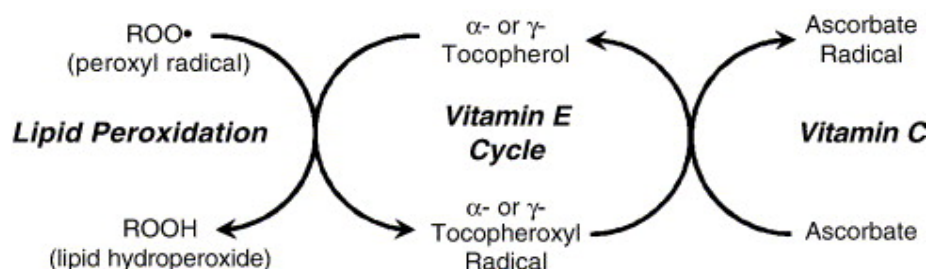
Neben körpereigenen, enzymatischen antioxidativen Systemen (wie etwa Katalase, Superoxiddismutase, Glutathion – Glutathionperoxidase), ist der menschliche Organismus auch auf die Zufuhr exogener Antioxidantien angewiesen. Neben sekundären Pflanzenstoffen, wie Polyphenolen, erfüllen manche essenzielle Mikronährstoffe (Vitamine, Mineralstoffe) hierbei wichtige Funktionen.

Wie die Bezeichnung essenzieller Nährstoff schon ausdrückt, ist der menschliche Organismus auf eine adäquate Zufuhr von außen angewiesen, da nicht endogen synthetisierbar.

Tocopherol und Tocopheroläquivalente, allgemein **Vitamin E** genannt, sind lipophile Antioxidantien, die mit der Ernährung aufgenommen werden. Sie reduzieren Sportinduzierte ROS-Bildung und Lipidperoxidation in Fettsäuren oder Zellmembranen, indem sie selbst zum Reaktionsträger, also zu einem freien Radikal werden. Dank einer Synergie mit Ascorbinsäure (**Vitamin C**), wird das Tocopherol Radikal, unter der Bildung eines Ascorbat Radikals wieder reduziert, also unschädlich. Das Ascorbat Radikal wird anschließend in einer Reaktion mit Glutathion (GSH) wieder entschärft.

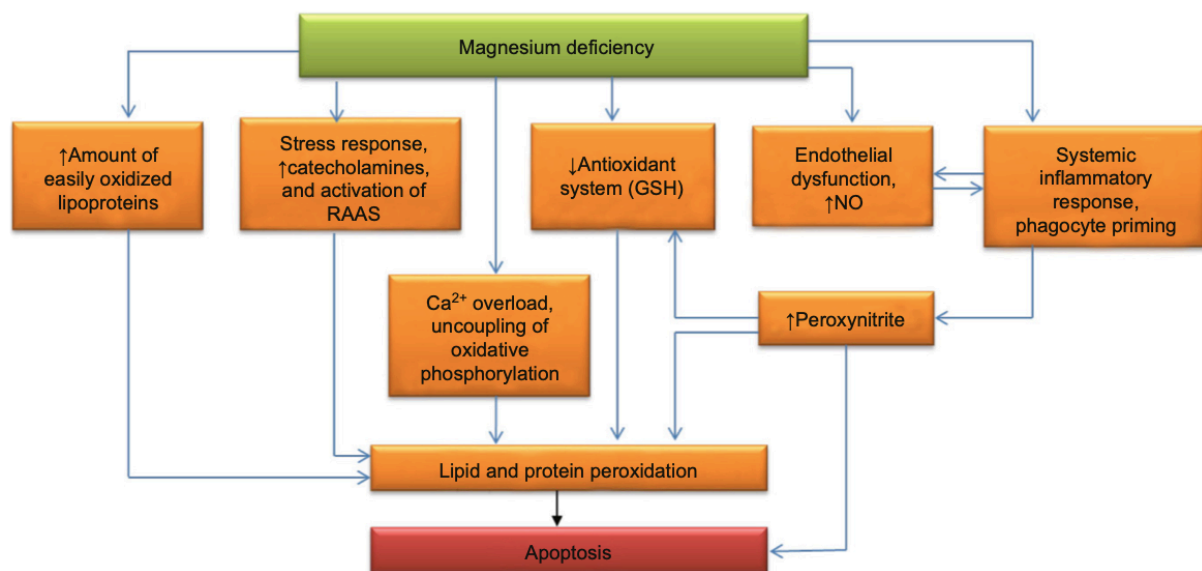
Auch **β-Carotin** fungiert als Radikalfänger wie Vit. E und steht ebenso in einer regenerativen Synergie mit Ascorbinsäure (Wawrzyniak et al., 2013).

Abbildung 14 - Synergie von Tocopherol und Ascorbinsäure (Bruno et al., 2006)



Ein Defizit des Mineralstoffs **Magnesium** (Magnesiumdefizit = MgD) führt mutmaßlich über mehrere Wege zu Stressreaktionen und schwächerer Abwehr von ROS (Abb. 15). MgD zeigte sich in vielen Untersuchungen einhergehend mit erhöhten ROS-Markern wie oxidierte Modifizierungen von Lipiden, Proteinen und DNA; sowie den mit den Auswirkungen erhöhter ROS-Belastungen, wie schwache DNA-Reparatur Kapazitäten oder erhöhte Genom-Instabilität (Zheltova et al., 2016).

Abbildung 15 – Auswirkungen eines MgD auf zelluläre/molekulare Prozesse (Zheltova et al., 2016)



Abkürzungen: RAAS = Renin-Angiotensin-System; GSH = Glutathion; NO = Stickstoffoxid

Die **essenziellen n3-Fettsäuren** (n3FS) alpha-Linolensäure (AHA), Eicosapentaensäure (EHA) und Docosahexaensäure (DHA) erhöhen wahrscheinlich ebenso das Abwehrvermögen gegen oxidativen Stress. Eine Metaanalyse (Heshmati et al., 2019) von 39 Studien konnte feststellen, dass n3FS die totale antioxidative Kapazität, sowie die Glutathionperoxidase Aktivität im Serum signifikant erhöhte. Und

zudem den Status von Malondialdehyd (Reaktionsprodukt der Lipidperoxidation von mehrfach ungesättigten Fettsäuren; Biomarker für oxidativen Stress) verbesserte (Heshmati et al., 2019).

Die n6FS (omega-6 Fettsäure) Linolsäure steht mit der n3FS alpha-Linolensäure in Konkurrenz um die Enzyme für die endogene Umwandlung der genannten FS in deren Derivate (siehe Abb. 17).

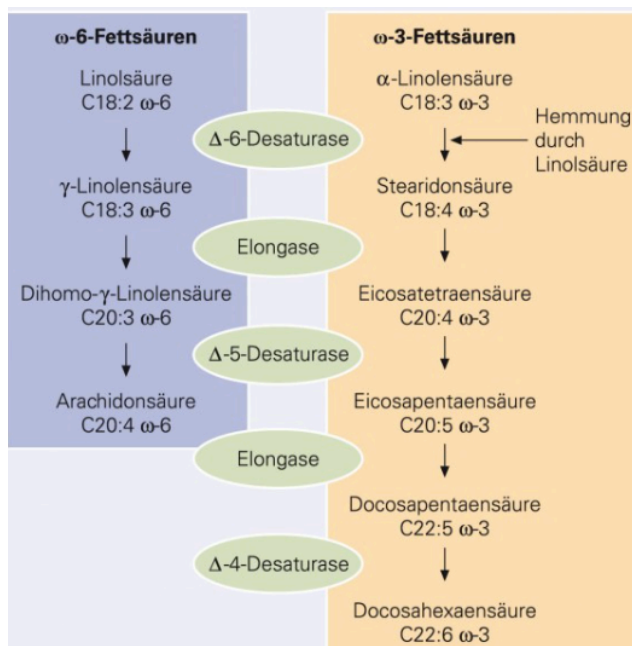


Abbildung 16 – Stoffwechsel essenzieller Fettsäuren (Leitzmann, 2003)

Insofern ist ein Verhältnis der Aufnahme der n6:n3 FS, von etwa 5:1 empfehlenswert, so dass pro-inflammatorische Folgeprodukte der Verstoffwechselung von n6FS und anti-inflammatorische Folgeprodukte von n3FS in einem wünschenswerten Gleichgewicht bleiben (Koch, 2007).

Akuteinfluss unterschiedlicher Lebensmittel und Getränke auf die sportinduzierte oxidative Stress- und Entzündungsreaktion

Die im Folgenden beschriebenen Untersuchungen und Interventionen fanden von April bis Dezember 2022, im Rahmen der Studie „Akuteinfluss unterschiedlicher Lebensmittel und Getränke auf die sportinduzierte oxidative Stress- und Entzündungsreaktion“, des ernährungswissenschaftlichen Departments der Universität Wien statt.

Studienleitung: Univ.- Prof. Dr. Daniel König

Versuchsleitung: Markus Gassner, M.Sc.

Medizinische Prüfung: Univ.- Prof. Dr. Daniel König

Studienkoordination: Maria Hölzle

Ziel der Studie ist es, den akuten Einfluss von Getränken, welche in früheren Untersuchungen bereits mit Entzündungen und oxidativem Stress in Zusammenhang in Zusammenhang gebracht werden konnten, auf ihre akute Wirkung nach einem intensiven Krafttrainingszirkeltraining zu untersuchen.

Diese Arbeit fokussiert sich insbesondere auf den Akuteinfluss von Matcha Grüntee auf die ROS-Werte nach dem Zirkeltraining.

Hypothese

Da der Fokus dieser Arbeit auf Matcha Grüntee liegt, lauten die Forschungshypothesen wie folgt:

H₀: Die Bildung von Sauerstoffradikalen post HIIT wird durch den Konsum von Matcha Tee nicht signifikant verringert

H₁: Die Bildung von Sauerstoffradikalen post HIIT wird durch den Konsum von Matcha Tee signifikant verringert

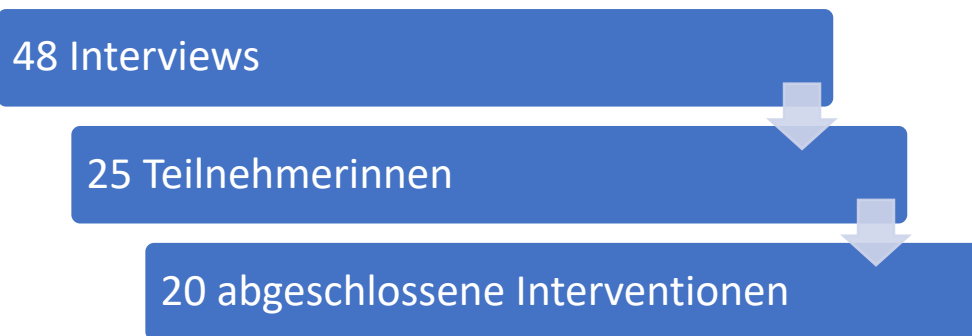
H₀: Die Aufnahme von antioxidativen Nährstoffen laut DGE-Empfehlung, hat keinen signifikanten Einfluss auf die Sauerstoffradikalbildung am Folgetag/HIIT-Tag

H₁: Die Aufnahme von antioxidativen Nährstoffen laut DGE-Empfehlung, hat einen signifikanten Einfluss auf die Sauerstoffradikalbildung am Folgetag/HIIT-Tag

Methodik

Via Onlineausschreibungen und Flugblättern wurde für Probandinnen folgender Kriterien geworben:

- Weiblich, 18 – 40 Jahre, BMI 18,5 – 25 kg/m²
- Bisher kein regelmäßiges Krafttraining (max. 1x / Woche) und keine regelmäßige körperliche Aktivität (> 2h / Woche)
- Nicht-Raucherin seit mindestens 6 Monaten
- Keine Unverträglichkeiten gegen Interventionsgetränke (Kaffee, Matcha-Tee, Orangensaft, Granatapfelsaft, Kuhmilch, Zuckerwasser)
- Körperliche Belastungsfähigkeit auf nüchternen Magen (20min Krafttraining)
- Keine akuten/chronischen Erkrankungen
- Kein bekannter Eisen- oder Hämoglobinmangel
- Gute Verträglichkeit von Blutabnahmen (4x pro Studientag)



48 Frauen dieser Kriterien stellten sich für ein Erst-Interview zu Verfügung. 23 davon wurden aufgrund persönlicher oder medizinischer Bedenken ihrerseits, oder der Studienleitung keine Teilnehmerinnen.

Während der aktiven Studienphase schieden weitere fünf Frauen auf eigenen Wunsch als Teilnehmerinnen aus. 20 Teilnehmer*innen schlossen die Studienphase wie vorgesehen ab.

Deskriptive Daten der Teilnehmer*innen:

n = 20	Alter	Körpergewicht (kg)	Körpergröße (m)	BMI (kg/m ²)	Körperfett (%)
MW	26,45	58,99	1,66	21,05	27,55
Min	20,00	46	1,56	18,78	21,80
Max	37,00	70,75	1,79	24,95	34,60
Standabw.	4,06	6,82	0,06	1,88	3,86
Median	26,00	57,95	1,66	20,74	27,10

Tabelle 1 - Deskriptive Daten der Teilnehmer*innen

Alle Probandinnen absolvierten, nach einer Eingangsuntersuchung und einem Einführungsgespräch, vorab ein Einschulungstraining an den Krafttrainingsgeräten und einen 10 Rep-Max Test.

Um die gesundheitliche Eignung der Probandinnen festzustellen, wurde bei der Eingangsuntersuchung ein EKG durchgeführt, mittels Bioimpedanzanalyse wurde Körperfettanteil und Phasenwinkel erfasst.

Das Familiarisierungs-Training wurde genauso abgehalten, wie die späteren Interventionen aussehen sollten. Vor den Interventions-Tagen sollte die letzte Mahlzeit am Abend zuvor eingenommen werden. Abgesehen davon wurde ersucht ausreichend zu schlafen, auf Alkoholkonsum am Tag zuvor, sowie auf sportliche Betätigung während der Studiendauer weitgehend zu verzichten (bis zu 2h/Woche in Ordnung). Krafttraining galt es, abgesehen der Intervention, gänzlich auszulassen.

An jedem Interventionstag wurden die Probandinnen gebeten einen 24h Recall ihrer Ernährung zu Protokoll zu geben.

10 RM-Test (10 Repetition-Maximum Test)

Um das Trainingsgewicht für die Interventions-Workouts zu ermitteln, wurde mit jeder Teilnehmerin ein 10 Rep-Max Test durchgeführt. Dieser Test dient dazu jenes Gewicht/Widerstand zu finden welches die Probandin 10x in gleichbleibender Geschwindigkeit und Ausführung bewegen kann, bevor ein Muskelversagen eintritt. Der 10 RM-Test beginnt mit einem leichten Aufwärmen. Anschließend werden etwa 4 Runden durchgeführt zwischen welchen 3-5 Minuten pausiert wird. Das Startgewicht/-widerstand sollte hierbei etwa 50-70% der geschätzten Maximalkapazität betragen. Dieses soll so oft als möglich bewegt werden. In den weiteren Runden soll das Gewicht/der Widerstand stetig erhöht werden, bis ein Durchgang erreicht wird, in welchem die Bewegung nur mehr 10x ausgeführt werden kann (Whaley et al., 2000).

Für die Berechnung des späteren Trainingsgewichtes wurden die Ergebnisse den 10RM Test in folgende Formel von Brzycki eingetragen:

$$1RM = \text{rep weight (wt.)} / (1.0278 - 2.78 \times \text{reps})$$

(KNUTZEN et al., 1999)

Intervention

Die Proband*innen wurden gebeten an den vereinbarten Interventionstagen nüchtern im Studienzentrum zu erscheinen. Nahrungskarenz war, abgesehen von Wasser und des Interventionsgetränks, Voraussetzung für das Abhalten der Intervention.

Nach einer halbstündigen Ruhephase (liegend) wurde die erste Blutprobe abgenommen. Anschließend nahmen die Proband*innen randomisiert eines der Interventions-Getränke zu sich (Kaffee, Matcha-Tee, Orangensaft, Granatapfelsaft, Kuhmilch, Zuckerwasser), worauf eine weitere 90-minütige Ruhephase (sitzend, leichte Tätigkeiten wie Lesen etc.) folgte.

Nach der sitzenden Ruhe folgte die zweite liegende Ruhephase (30 Min.), an deren Ende die zweite Blutprobe abgenommen wurde. Anschließend folgte umgehend das Kraft-Zirkeltraining. Anschließend wurde unverzüglich die dritte Blutprobe angenommen, nach einer 15-minütigen Ruhephase im Liegen, eine vierte.

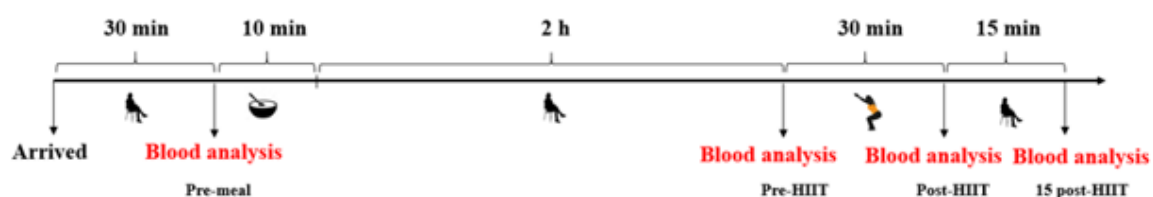


Abbildung 17 - Zeitlicher Ablauf der Interventionstage (Zeng et al., 2021)

Das Workout wurde zu jedem Termin exakt gleich abgehalten. Dafür standen verschiedene Begleitpersonen anleitend zur Seite.

- 5 Minuten Gelenke mobilisieren – je 10 Umdrehungen vor- und rückwärts
 - Handgelenke, Schultern, Ellbogen, Hüfte, Knie, Fußknöchel, Becken
 - 20x Jumping Jacks, 20x High Knees, 10 sec. side plank links + rechts
- Interventions-Runde als warm up
 - 40 sec. lockeres bis zügiges Ausführen der Übungen mit halbem Gewicht
- 3 Interventions-Runden mit jeweils Trainingsgewichten, dass bei 50% der Maximal-Kraft lag – eine Runde bestand aus:
 - In dieser Reihenfolge
 - Rudern mit Kabelzug, Brustpresse, Beinbeuger, Lat-Zug, Beinpresse
 - Je 40 Sekunden Arbeit, so viele Wiederholungen als möglich unter Beachtung einer sachgemäßen und formschönen Ausführung
 - Bei > 20 Wiederholungen Anpassung des Gewichtes
 - 10 Sekunden „Pause“ beim Wechseln von einer Übung zur nächsten Übung.
 - Nach Übung 5 (Beinpresse) 1 Minute Pause
 - Nach jeder Runde gaben die Probandinnen ihr Befinden auf der Borg Skala zu Protokoll – Ziel der Intervention war es auf dieser Skala den Bereich 16-20 zu erreichen

BORG-Skala

Die Borg Skala dient zur Einstufung des Empfindens von Belastungen. Basierend auf der Annahme das die empfundene Anstrengung mit der Herzfrequenz zusammen hängt, soll nach körperlicher Belastung diese auf einer Skala von 6-20,

nach eigenem Empfinden eingeordnet werden. Da die Ruhe-Herzfrequenz in der Regel bei 60 Schlägen pro Minute liegt, beginnt die Skala bei 6. Das obere Limit 20 basiert auf der max. Herzfrequenz von etwa 200 Schlägen/Min. (bei gesunden Menschen).

(BORG, 1982)

Laborparameter

An jedem Interventionstag wurden jeweils vier venöse Blutproben aus der Armvene und vier kapillare Blutproben (10 µL) aus der Fingerbeere abgenommen.

Daraus wurden folgende Parameter gemessen.

- Sauerstoffradikalbildung / Oxidativer Stress → Elektronenspinresonanz
- Proteincarbonyle → Westernblot
- Entzündungsmarker: IL-6, hs- CRP → ELISA
- Östrogen (17β Östradiol E2) venöses Blut aus der Armvene

Die ROS-Werte aus den kapillaren Blutproben wurden folgendermaßen ermittelt:

Jede 10 µL Kapillarblutprobe wurde mit 10 µL Sauerstoff-sensitivem Spinmarker auf einem Vortex vermenget. Anschließend wurden 20 µL eines Puffers beigefügt (1-hydroxy-4-phosphonooxy-2,2,6,6-tetramethylpiperidine (CMH, 400 µmol/L)).

Die gebildeten Sauerstoffradikale im Kapillarblut reagieren mit dem CMH und formen stabile CM-Radikale. Die 40 µL Lösung wurde in eine Kapillare überführt, in welcher mittels EPR-Methode die ROS-Belastung ermittelt wurde.

Dieses Vorgehen wurde von einer Pilotstudie (Zeng et al., 2021) übernommen.

Oxidativer Stress, Elektronenspinresonanz (EPR)

In beinahe allen eukaryotischen Zellen entstehen im Rahmen physiologischer Prozesse freie Radikale / reaktive Sauerstoffspezies (ROS) / reaktive Stickstoff Spezies (RNS). Diese sind hoch reaktiv da sie ein ungepaartes Elektron haben. Sie spielen bei Prozessen wie Proliferation, Migration, Differenzierung und Stoffwechsel eine regulierende Rolle. Ein Übermaß an ROS kann jedoch darüber hinaus mit z.B. Lipiden, Proteinen oder Nukleinsäuren reagieren und zu Strukturschäden an Geweben, Funktionsverlusten, bis hin zu DNA-Schäden führen. Diese schadhaften Vorgänge fallen unter den Begriff oxidativer Stress (OS).

OS beginnt mit einem Übermaß an ROS - also ein Ungleichgewicht zwischen der Produktion von ROS und den körpereigenen enzymatischen Systemen diese unschädlich zu machen. Aufgrund der Zell- und Gewebeschäden durch OS konnten bereits Zusammenhänge mit etwa der Entstehung verschiedener Krebsarten, neurodegenerativen Erkrankungen wie Alzheimer oder Parkinson sowie Arteriosklerose hergestellt werden. Zudem spielt OS bei vielen pathophysiologischen Hintergründen des Alterungsprozesses eine tragende Rolle.

Aufgrund ihrer hohen Reaktivität haben ROS eine geringe Halbwertszeit. Sie lassen sich nur schwer messen, ob direkt oder indirekt.

Die Elektronenspinresonanz ist hierfür jedoch eine geeignete Methode. Sowohl kurz-, als auch langlebige ROS lassen sich direkt mit hoher Sensitivität und Spezifität messen, und zwar durch die Messung vom Wechsel ungepaarter Elektronen in einem Magnetfeld (Suzen et al., 2017).

24h Recall

Alle Teilnehmerinnen gaben an jedem Interventionstag einen 24h Recall ihrer Ernährung zu Protokoll. Diese Protokolle wurden mittels nut.s science – nutritional Software ausgewertet.

Der 24h Recall ist eine sehr bekannte und weit verbreitete Methode in der angewandten Ernährungsforschung. Studien Proband*innen geben die konsumierten Nahrungsmittel eines ganzen Tages, retrospektiv als Gedächtnisprotokoll in einem Interview bekannt; oder notieren diese prospektiv an besagtem Tag in Echtzeit (Salvador Castell et al., 2015).

Die Qualität der erhaltenen Daten wird maßgeblich beeinflusst von:

- Schulung und Erfahrung der Interviewführenden Person
- Qualität und Genauigkeit der verwendeten Datenbanken, Tools, Programme, etc.
- Vorhandene Schnittstellen der Diätetik Software mit statistischer Software
- Alter, Geschlecht, kultureller Hintergrund, Bildungsniveau und Gedächtnis der interviewten Person (Salvador Castell et al., 2015).

Des Weiteren zu beachten:

- Idealerweise mehrere Tage abfragen, verschiedene Wochentage, Wochenende, Urlaub, Feiertage, Arbeitstage berücksichtigen – wie alltäglich war/ist der Tag des Protokolls
- Zusammensetzung der Nahrungsmittel/Gerichte, Zubereitung, Portionsgröße so genau wie möglich ermitteln und so genau wie möglich in der Software einbauen → Schulung und Qualifikation der Interviewführer*innen

- Idealerweise Hilfsmaterial wie Bilder von typischen Portionen, haushaltsübliches Geschirr, Gewichtstabellen als Anschauungsmaterial benutzen (Salvador Castell et al., 2015).

Vorteile:

- Im Falle einer retrospektiven Erhebung kann die Protokollführung keine unbewusste Verzerrung der Ernährungsgewohnheiten herbeiführen.
- Vergleichsweise ist der 24h Recall eine einfache, schnelle und effiziente Methode, Kosten- und Ressourcengünstig (Salvador Castell et al., 2015).

Nachteile:

- Genauigkeit abhängig vom Kurzzeitgedächtnis der Befragten und von dem Vermögen der Interviewführenden Person die Fragen so genau und gezielt wie möglich zu formulieren und zu veranschaulichen
- Erhobene Daten sollen so natürlich/realitätsnah wie möglich sein – Jedoch Verzerrungen aufgrund sozialer Erwartungen möglich.
 Prospektiv – Proband*innen ändern möglicherweise (un)bewusst ihr Essverhalten, während sie protokollieren.
 Retrospektiv - Befragte sind möglicherweise (un)bewusst nicht ehrlich (auch sich selbst gegenüber), bezüglich des Konsums von z.B. Junk-Food oder Alkohol (Salvador Castell et al., 2015).

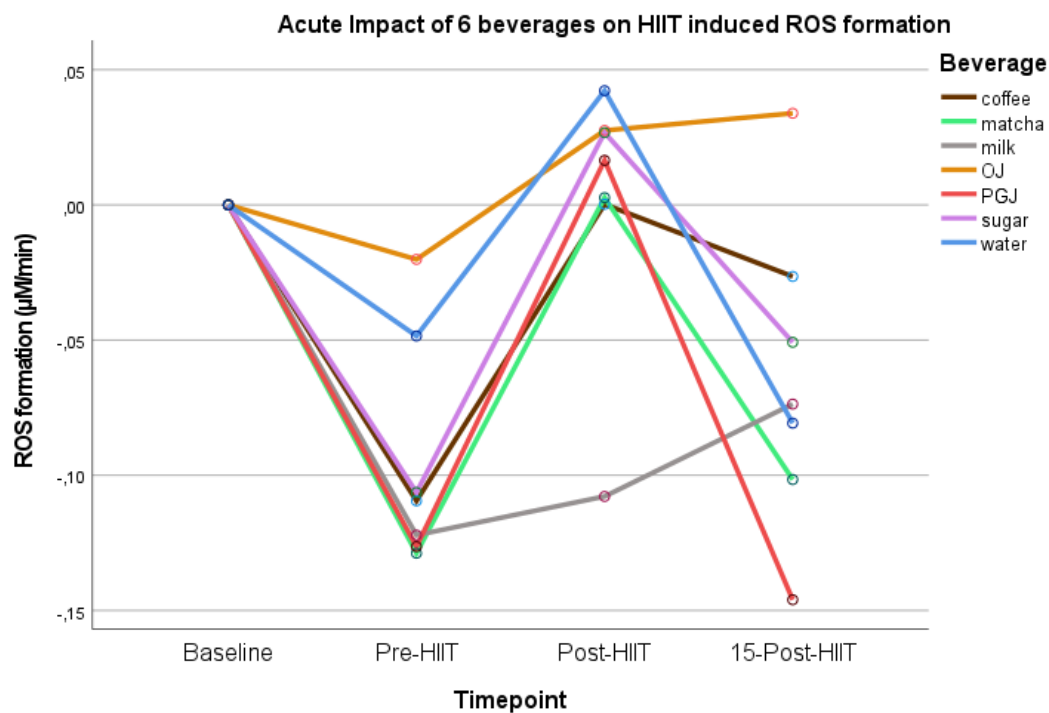
Bei der Auswertung der 24h Protokolle wurde auf die Parameter Vitamin C und E, β -Carotin, Magnesium, n3- und n6- Fettsäuren, sowie Kohlenhydrate ein Hauptaugenmerk gelegt. Abgesehen der Kohlenhydrate sind diese Nährstoffe im ROS-Abwehr Stoffwechsel relevant (siehe Abschnitt weitere exogene Antioxidantien, Seite xy) → zweite Forschungshypothese

Ergebnisse

Die Ergebnisse beziehen sich auf die Messungen von insgesamt 560 Proben von 20 Proband*innen. 13 einzelne ROS-Messungen konnten aufgrund von Problemen der Labortechnik und EDV nicht durchgeführt werden. Diese fehlenden Werte wurden durch den Mittelwert aller anderen Messungen der jeweiligen Probenreihe ersetzt.

Zeitpunkt	N	Prozent	Getränk	N	Prozent
baseline	140	25,00%	Kaffee	80	14,30%
preHIIT	140	25,00%	Matcha	80	14,30%
postHIIT	140	25,00%	Milch	80	14,30%
15postHIIT	140	25,00%	Orangensaft	80	14,30%
Gesamtsumme	560	100,00%	Granatapfelsaft	80	14,30%
			Zuckerwasser	80	14,30%
			Wasser	80	14,30%
			Gesamtsumme	560	100%

Tabelle 2 - Deskriptive Daten aller Messungen



Grafik 1 - Akuteinfluss der Testgetränke auf die Sportinduzierten Stress- und Entzündungsreaktionen zu allen vier Messzeitpunkten

Die nachfolgende Tabelle zeigt das Verhältnis vom Einfluss des Matcha Tees vs. den anderen Test-Getränke, sowie der Kontrollgruppe Wasser. Die Werte „MW Differenz“ sind die ROS in $\mu\text{mol/Minute}$, der Zeitpunkte preHIIT, postHIIT und 15postHIIT zusammengezählt. Der Mittelwert der ROS bei Matcha ist um 0,033 $\mu\text{mol/Minute}$ geringer als bei Wasser (nicht signifikant).

					95% KI	
Matcha vs.		MW Differenz	Stand. Fehler	Sig.	Untere Grenze	Obere Grenze
	Kaffee	0,0146	3,56%	0,681	-0,055	0,0843
	Milch	0,0415	3,56%	0,243	-0,0282	0,1112
	Orangens.	-0,0882	3,56%	0,013	-0,1579	-0,0185
	Grantat.	0,0079	3,56%	0,825	-0,0618	0,0776
	Zuckerw.	-0,0386	3,56%	0,278	-0,1083	0,0311
	Wasser	-0,033	3,56%	0,353	-0,1027	0,0366

Tabelle 3 - Mittelwerte der ROS bei Matcha vs. andere Getränke

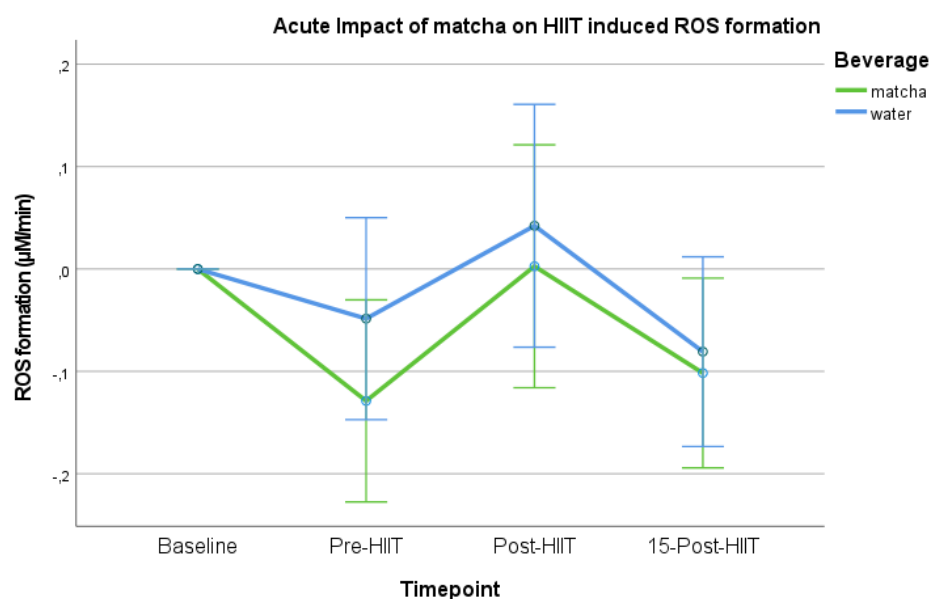
Ein lineares Modell stellt die 4 Messzeitpunkte gegenüber. Der Vergleich preHIIT (1) vs. postHIIT (2) zeigt eine sig. Steigerung der ROS um 0,0723 $\mu\text{mol/Minute}$ nach dem Workout. Dieses Modell bestätigt die zugrundeliegende Annahme der Hypothese, die sportinduzierte oxidative Stress-/Entzündungsreaktion.

(I)Time point	(J)Time point	Mittlere Differenz (I-J)	Standard-fehler	Sig.	95% KI	
					Unterer	Obere
0	1	0,1063	0,0269 ^a	0	0,0536	0,1590
	2	0,0339	0,0269	0,207	-0,0188	0,0866
	3	0,0806	0,0269 ^a	0,003	0,0279	0,1333
1	0	-0,1063	0,0269 ^a	0	-0,1590	-0,0536
	2	0,0724	0,0269 ^a	0,007	-0,1250	-0,0197
	3	0,0257	0,0269	0,339	-0,7838	0,0270
2	0	-0,0339	0,0269	0,207	-0,0866	0,0188
	1	0,0724	0,0269 ^a	0,007	0,0197	0,1250
	3	0,0467	0,0269	0,083	-0,0060	0,0993
3	0	-0,0806	0,0269 ^a	0,003	-0,1333	-0,0279
	1	0,0257	0,0269	0,339	-0,0270	0,0784
	2	-0,0467	0,0269	0,083	-0,0993	0,0060

ROS in $\mu\text{mol/Minute}$ - a = die mittlere Differenz ist auf dem 0,05 Niveau signifikant

Tabelle 4 - lineares Modell, Messzeitpunkte paarweise

Grafik 2 zeigt den Verlauf aller Messungen (Mittelwerte) der Intervention Matcha Tee (n = 80) vs. der Kontrollmessungen mit Wasser (n = 80). Die Werte wurden mathematisch auf einen gemeinsamen Ausgangspunkt (baseline = 0) korrigiert, indem von jedem Messzeitpunkt der jeweilige morgendliche Nüchtern- Wert abgezogen wurde. Die anschließende Tabelle 5 zeigt die Mittelwerte der ROS in $\mu\text{mol}/\text{Minute}$ relativ zur baseline an.



Grafik 2 - Verlauf der ROS, Matcha vs. Wasser, alle Messzeitpunkte

	Getränk	Mittelwert ROS	STABW.	N
Baseline • Baseline ROS	Matcha	0	0	20
	Wasser	0	0	20
preHIIT - Baseline ROS	Matcha	-0,1288	0,2049	20
	Wasser	-0,4845	0,2303	20
postHIIT - baseline ROS	Matcha	0,0270	0,2207	20
	Wasser	0,0423	0,2977	20
15postHIIT - baseline ROS	Matcha	-0,1016	0,2147	20
	Wasser	-0,0807	0,1940	20
ROS in $\mu\text{mol}/\text{Minute}$				

Tabelle 5 - ROS-Mittelwerte von preHIIT, postHIIT, 15postHIIT relativ zur baseline, aufgeteilt auf Matcha und Wasser

Zur Testung der ersten Hypothese wurden mittels eines linearen Modells (Tabelle 7) die Mittelwerte aller Getränke, unterteilt nach preHIIT, postHIIT und 15postHIIT, paarweise gegenübergestellt. Im Folgenden sind die Werte für Matcha vs. Kontrolle (Wasser) angeführt. Unmittelbar nach dem HIIT Workout sind die ROS Werte bei Konsum von Matcha Tee im Mittel um 0,0080 $\mu\text{mol}/\text{Minute}$ niedriger als ohne (Wasser). Eine viertel Stunde nach dem Workout beträgt diese Differenz 0,0138 $\mu\text{mol}/\text{Minute}$. Jedoch weisen beide Ergebnisse keine statistische Signifikanz vor.

Matcha vs.		95% KI				
		MW	MW Differenz	Sig.	Untere	Obere
postHIIT	Wasser	-0,0080	0,0711	0,911	-0,1473	0,3140
15postHIIT	Wasser	-0,0138	0,0711	0,846	-0,1532	0,1255

Tabelle 6 - lineares Modell für Hypothese 1

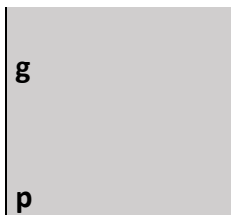
Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass Matcha Tee die ROS-Belastung nach physischer Aktivität eventuell mindert. Da sich aber keine statistischen Signifikanzen ergeben, lassen sich ohnehin keine belastbaren Aussagen treffen. Die Nullhypothese kann nicht verworfen werden.

H₀: Die Bildung von Sauerstoffradikalen postHIIT wird durch den Konsum von Matcha Tee nicht signifikant verringert

Im Weiteren Folgen die Daten zum Einfluss der antioxidativen Nährstoffe β -Carotin, Vit. C., Vit. E., Magnesium und essenzielle Fettsäuren.

Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung gibt für Erwachsene folgende Referenzwerte bekannt:

Nährstoff	Ge- schlecht	Alter	Referenz- wert	Einheit	Refe- renz- werttyp	Fußnote
Mehrfach un- gesättigte Fett- säuren	Weiblich	19 bis 25 25 bis 51	7 bis 10	% der Energie	/	
Linolsäure	Weiblich	19 bis 25 25 bis 51	2,5	% der Energie	Empfohlene Zufuhr	
alpha-Linolen- säure	Weiblich	19 bis 25 25 bis 51	0,5	% der Energie	Schätzwert	
EPA_DHA	Weiblich	19 bis 25 25 bis 51	250	mg/Tag	Schätzwert	
Kohlenhydrate	Weiblich	19 bis 25 25 bis 51	>50	% der Energie	Richtwert	ai, aj
Vitamin A	Weiblich	19 bis 25 25 bis 51	700	μ g-RAE/Tag	Empfohlene Zufuhr	d
Vitamin E	Weiblich	19 bis 25 25 bis 51	12	mg/Tag	Schätzwert	g
Vitamin C	Weiblich	19 bis 25 25 bis 51	95	mg/Tag	Empfohlene Zufuhr	p
Magnesium	Weiblich	19 bis 25 25 bis 51	300	mg/Tag	Schätzwert	
ai	Freie Zucker sollten in möglichst geringen Mengen zugeführt werden und max. 10% der Nahrungsenergie liefern					
aj	unter den in der DGE-Position "Richtwerte für die Energiezufuhr aus Kohlehydraten und Fett" genannten Voraussetzungen kann von diesen Richtwerten abgewichen werden					
d	Berechnungsgrundlage: 1 μ g Retinolaktivitätsäquivalent (RAE) = 1 μ g Retinol = 12 μ g β -Carotin = 24 μ g andere Provitamin-A-Carotinoide					



1 mg RRR-alpha-Tocopherol-Äquivalent = 1 mg RRR-alpha-Tocopherol
 = 1,49 IE; 1 IE = 0,67 mg RRR-alpha-Tocopherol = 1 mg all-rac-alpha-Tocopherylacetat
 Raucherinnen 135 mg/Tag

Tabelle 7 - DACH-Referenzwerte antioxidativen Nährstoffe (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V., 2023)

Vitamin A: Aus den empfohlenen 700 µg Retinoläquivalenten/Tag ergeben sich laut Fußnote d) 8400 µg → **8,4 mg β-Carotin**

Anhand dieser Referenzen und dem erhobenen tatsächlichen Konsum, wurde die Nährstoffaufnahme der Probandinnen in folgende Kategorien eingeteilt:

	Vitamin C (mg)	Vitamin E (mg)	β-Carotin (mg)	Magnesium (mg)	n3FS (E%)	n6FS (E%)	Kohlenhydrate (E%)	Energie (kcal)
Empfehlung	95	12	8,4	300	0,5	2,5	>50	
Kategorie 1	0-39,9	0-5	0,39-1,99	0-200	0-0,25	0-1,5	0-40	<1000
Kategorie 2	40-75	5-10	2-4	200-400	0,25-0,75	1,5-3,5	40-60	1000-1500
Kategorie 3	75-115	10-15	4-10	400-600	0,75-1,5	3,5-7	>60	1500-2000
Kategorie 4	115-250	15-20	10-33	>600	>1,5	>7		2000-2500
Kategorie 5	>250	>20						>2500

Tabelle 8 - Aufnahme Kategorien antioxidativer Nährstoffe

In nachfolgender Tabelle sind nun erneut die Mittelwerte der ROS in µmol/Minute, abhängig der Nährstoffaufnahmekategorien angeführt. Signifikante Erkenntnisse sind farblich hervorgehoben.

Parameter	Schätzer	Std.-Fehler	T	Sig.	95% Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	,959492	,103071	9,309	,000	,756939	1,162045
Getränk – Matcha Tee	-,116121	,047023	-2,469	,014	-,208531	-,023711

Getränk - Wasser	0 ^b	0	.	.	.	.
Zeitpunkt 0 – baseline	,074490	,032128	2,319	,021	,011352	,137628
Zeitpunkt 1 - preHIIT	-,024501	,032131	-,763	,446	-,087645	,038643
Zeitpunkt 2 - postHIIT	,057127	,032057	1,782	,075	-,005872	,120126
Zeitpunkt 3 – 15postHIIT	0 ^b	0	.	.	.	.
β-Carotin Kat. 1 0,39 - 1,99 mg Zufuhr	-,086766	,043677	-1,987	,048	-,172601	-,000931
β-Carotin Kat. 2 2 - 4 mg Zufuhr	-,004467	,042900	-,104	,917	-,088775	,079840
β-Carotin Kat. 3 4 - 10 mg Zufuhr	,030028	,040735	,737	,461	-,050024	,110081
β-Carotin Kat. 2 10 - 33mg Zufuhr	0 ^b	0	.	.	.	.
Vitamin C Kat. 1 0 – 39,9 mg Zufuhr	,028937	,055274	,524	,601	-,079686	,137560
Vitamin C Kat. 2 40 – 75 mg Zufuhr	-,026599	,051269	-,519	,604	-,127352	,074154
Vitamin C Kat. 3 75 – 115 mg Zufuhr	,074612	,050635	1,474	,141	-,024896	,174119
Vitamin C Kat. 4 115 – 250 mg Zufuhr	,012945	,050453	,257	,798	-,086205	,112095
Vitamin C Kat. 5 >250 mg Zufuhr	0 ^b	0	.	.	.	.
Vitamin E Kat. 1 0 – 5 mg Zufuhr	-,151359	,081615	-1,855	,064	-,311748	,009029
Vitamin E Kat. 2 5 – 10 mg Zufuhr	-,002006	,052327	-,038	,969	-,104839	,100827
Vitamin E Kat. 3 10 – 15 mg Zufuhr	-,055637	,046102	-1,207	,228	-,146236	,034963
Vitamin E Kat. 4 15 – 20 mg Zufuhr	-,140284	,046517	-3,016	,003	-,231700	-,048869
Vitamin E Kat. 5 >20 mg Zufuhr	0 ^b	0	.	.	.	.
Magnesium Kat. 1 0 – 200 mg Zufuhr	,044405	,072431	,613	,540	-,097936	,186745
Magnesium Kat. 2 200 – 400 mg Zufuhr	,046947	,060458	,777	,438	-,071865	,165759
Magnesium Kat. 3 400 – 600 mg Zufuhr	-,109086	,060570	-1,801	,072	-,228117	,009945
Magnesium Kat. 4 >600 mg Zufuhr	0 ^b	0	.	.	.	.

Kohlenhydrate Kat. 1 0 - 40 E% Zufuhr	,202927	,065378	3,104	,002	,074446	,331408
Kohlenhydrate Kat. 2 40 - 60 E% Zufuhr	,168421	,061183	2,753	,006	,048184	,288658
Kohlenhydrate Kat. 3 >60 E% Zufuhr	0 ^b	0	.	.	.	.
n3FS Kat. 1 0 – 0,25 E% Zufuhr	-,006601	,156825	-,042	,966	-,314793	,301591
n3FS Kat. 2 0,25 – 0,75 E% Zufuhr	-,098626	,045311	-2,177	,030	-,187671	-,009582
n3FS Kat. 3 0,75 – 1,5 E% Zufuhr	-,114530	,044883	-2,552	,011	-,202735	-,026326
n3FS Kat. 4 >1,5 E% Zufuhr	0 ^b	0	.	.	.	.
n6FS Kat. 1 0 – 1,5 E% Zufuhr	-,263884	,147612	-1,788	,074	-,553971	,026203
n6FS Kat. 2 1,5 – 3,5 E% Zufuhr	,204499	,052617	3,887	,000	,101098	,307901
n6FS Kat. 3 3,5 – 7,0 E% Zufuhr	,097225	,036540	2,661	,008	,025417	,169033
n6FS Kat. 4 >7 E% Zufuhr	0 ^b	0	.	.	.	.
Energiezufuhr Kat. 1 <1000 kcal	-,094611	,104778	-,903	,367	-,300520	,111299
Energiezufuhr Kat. 2 1000 – 1500 kcal	-,107515	,057933	-1,856	,064	-,221365	,006334
Energiezufuhr Kat. 3 1500 – 2000 kcal	-,075223	,047545	-1,582	,114	-,168659	,018213
Energiezufuhr Kat. 4 2000 – 2500 kcal	-,192914	,047766	-4,039	,000	-,286783	-,099046
Energiezufuhr Kat. 5 >2500 kcal	0 ^b	0	.	.	.	.

Tabelle 9 - ROS-Werte Differenzen aller Nährstoffkategorien

- **Vitamin E (Empfehlung 12 mg):** Es zeigt sich, dass ein hoher Konsum (Kat. 4 (15-20mg)) die ROS-Belastung um 0,14 µmol/Minute verringert (p=0,03), gegenüber der Aufnahme von >20mg (Kat.5).
Niedere Kategorien zeigen gleichen Effekt, jedoch nicht signifikant.
- **β-Carotin (Empfehlung 8,4mg):** nur sehr geringer Konsum

(Kat. 1 (0,39-1,99 mg)) führte zu einer signifikanten Reduktion der ROS-Belastung (-0,08 $\mu\text{mol/Minute ROS}$ ($p=0,048$))

Gegenüber Kat. 5 (10-33mg)

- Bei **Vit. C** und **Magnesium** hingegen weisen keine Ergebnisse statistische Signifikanzen auf.
- **n3FS (Empfehlung 0,5 E%)**: in zwei Kategorien zeigt sich ein wünschenswerter Einfluss
-0,09 $\mu\text{mol/Minute ROS}$ ($p=0,03$) bei Kat.2 (0,25-0,75 E%),
-0,11 $\mu\text{mol/Minute ROS}$ ($p=0,01$) bei Kat. 3 (0,75-1,5 E%),
gegenüber der Kat. 4 (>1,5 E%)
Kat 1.(0-0,25 E%) zeigt gleichen Effekt, jedoch nicht signifikant.
- **n6FS (Empfehlung 2,5 E%)**: diesen führen den Auswertungen zufolge, in der Kat. 2 (1,5-3,5 E%) (+0,2 $\mu\text{mol/Minute ROS}$ ($p=0,00$)) und Kat 3. (3,5-7 E%) (+0,09 $\mu\text{mol/Minute ROS}$ ($p=0,008$)) zu höheren ROS-Belastungen als die Kat. 4 (>7 E%)
- **KH (Empfehlung >50 E%)**: Die Kategorien der Kohlenhydrate weisen klare Signifikanzen auf. Aufnahmen <40 E% KH (Kat.1), führten zu 0,2 $\mu\text{mol/Minute ROS}$ höherer Belastung ($p=0,002$), Aufnahmen von 40-60 E% (Kat.2) führten zu 0,17 $\mu\text{mol/Minute}$ höherer ROS-Belastung ($p=0,006$) als bei Kat. 3 (>60 E% Aufnahme)
- **Energieaufnahme**: Frauen die 2000- 2500 kcal konsumierten (Kat.4), hatten gegenüber jenen die >2500 kcal (Kat. 5) konsumierten, nach dem Training um 0,19 $\mu\text{mol/Minute}$ geringere ROS-Werte ($p=0,0$).

Anhand dieser Auswertungen lassen sich für die zweite Forschungshypothese

H₀: Die Aufnahme von antioxidativen Nährstoffen laut DGE-Empfehlung, hat kei-
nen signifikanten Einfluss auf die Sauerstoffradikalbildung am Folgetag/HIIT-Tag

H₁: Die Aufnahme von antioxidativen Nährstoffen laut DGE-Empfehlung, hat ei-
nen signifikanten Einfluss auf die Sauerstoffradikalbildung am Folgetag/HIIT-Tag

folgende Aussage treffen:

Wenngleich die Aufnahme der Nährstoffe Vitamin E und n3FS am Tag vor dem Training, zu einer Reduktion der ROS-Belastung führte, so geschah dies nur bei höherem bis hohem Konsum.

Die anderen antioxidativen Nährstoffe führten zu keinen signifikanten oder wünschenswerten Erkenntnissen. Die Nullhypothese kann nicht verworfen werden.

H₀: Die Aufnahme von antioxidativen Nährstoffen laut DGE-Empfehlung, hat kei-
nen signifikanten Einfluss auf die Sauerstoffradikalbildung am Folgetag/HIIT-Tag

Diskussion

Die Ergebnisse zum Einfluss des Matcha Tees reihen sich nicht bei den zahlreichen Vorgänger Studien ein, welche für Grüntee als sehr wertvolles Genussmittel sprechen. Der Konsum vor dem HIIT-Training konnte die ROS-Bildung nach dem Training zwar leicht beeinflussen, jedoch nicht statistisch signifikant. Somit ist die Wirkung nicht eindeutig auf den Konsum des Matcha Tees zurückzuführen. Signifikante Werte, ließen diese Aussage (mit gewissen Vorbehalten – Methodik und Design, statistische Power, allg. Studienlage) eher zu.

Da viele der Vorgänger Studien über mehr oder minder längeren Zeitraum konzentrierte Grünteeextrakt Kapseln als Intervention verabreichten, wäre eine weitere Verdichtung der Datenlage mit Grün-/Matcha Tee in Form eines Getränkes wünschenswert. Zudem hatten die Vorgänger Studien zwar einen sehr ähnlichen Fokus und teilweise die gleichen Parameter untersucht, jedoch nicht ROS-Belastung in $\mu\text{mol/Minute}$ (Jowko et al., 2015) (Sadowska-Krepa et al., 2019), (Ghasemi & Nayeibifar, 2019), (Bagheri et al., 2020).

Aber auch weitere Interventionen mit Fokus auf den Akuteinfluss, anstelle der Langzeitaufnahme von Grüntee, wie bei den vorliegenden Daten, könnten helfen. Mit diesen neuen Erkenntnissen scheint die Vermutung, dass Grüntee seine Vorzüge erst bei regelmäßigem Konsum entfaltet plausibel.

Die Erkenntnisse zu den antioxidativen Nährstoffen zeigen, dass diese im Rahmen einer normalen Aufnahme (lt. DGE-Empfehlung) mutmaßlich nicht in der Lage sind, einer übermäßigen ROS-Belastung, wie etwa nach hoher körperlicher Belastung, wirksam entgegenzutreten. Insofern spricht sich die DGE bereits bei den Empfehlungen für Vitamin C dafür aus, dass Raucher*innen dieses erhöht konsumieren (Rauchen → hohe ROS Belastung) (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V., 2015).

Demnach wäre insbesondere bei Vitamin C., Kat. 4 (sehr hohe Aufnahme), eine positive Wirkung zu erwarten gewesen. Jedoch blieb diese scheinbar aus (nicht signifikant).

Die positive Wirkung der n3FS scheint von der negativen Wirkung n6FS neutralisiert zu werden. Die Zufuhrempfehlung beider Fettsäuregruppen entspricht jeweils Kat. 2 der Aufnahmetabelle. Die beiden Kat. 2 haben diametrale Effekte.

Die Ergebnisse von β -Carotin sprechen für die umstrittene und oftmals widersprüchliche Datenlage rundum diesen Nährstoff. Obwohl die antioxidative Aktivität von β -Carotin erwiesen ist und grundsätzlich von einer zellschützenden Wirkung ausgegangen werden kann, so tauchen schon seit den 1990er Jahren sogar Kenntnisse zu schädlichen Wirkungen auf (Pisani et al., 1986), (Omenn et al., 1996), (Albanes et al., 1996), (Lee et al., 1999). Bei diesen großen Studien wurden β -Carotin Supplemente untersucht, weswegen nicht von schädlichen Wirkungen bei Nahrungs- β -Carotin ausgegangen werden muss.

Im Fall dieser neu erhobenen Daten, handelt es sich ausschließlich um Nahrungs- β -Carotin, da die Teilnehmer*innen während der Studie angehalten waren, auf Nahrungsergänzungsmittel zu verzichten.

Das Nahrungs- β -Carotin führte dennoch teilweise zu nachteilhaften Wirkungen, jedoch ohne Signifikanz. Lediglich bei sehr geringem Konsum, weit unter der Zufuhrempfehlung, zeigte sich eine schützende Wirkung mit Signifikanz.

Abschließend sei erwähnt, dass es bei Nährstoff-Synergien wie Vit. C und Vit. E, den Fettsäuren n3 und n6, β -Carotin und Fettaufnahme, vermutlich zu kurz gedacht ist diese einzeln zu betrachten. Tiefgehendere Analysen und stärkere Einberechnung biochemischer Prozesse wären notwendig um ein genaueres Bild zu geben.

Quellenverzeichnis

- Albanes, D., Heinonen, O. P., Taylor, P. R., Virtamo, J., Edwards, B. K., Rautalahti, M., Hartman, A. M., Palmgren, J., Freedman, L. S., Haapakoski, J., Barrett, M. J., Pietinen, P., Malila, N., Tala, E., Liippo, K., Salomaa, E. R., Tangrea, J. A., Teppo, L., Askin, F. B., . . . Huttunen, J. K. (1996). Alpha-Tocopherol and beta-carotene supplements and lung cancer incidence in the alpha-tocopherol, beta-carotene cancer prevention study: effects of base-line characteristics and study compliance. *J Natl Cancer Inst*, 88(21), 1560-1570.
<https://doi.org/10.1093/jnci/88.21.1560>
- Bagheri, R., Rashidlamir, A., Ashtary-Larky, D., Wong, A., Grubbs, B., Motevalli, M. S., Baker, J. S., Laher, I., & Zouhal, H. (2020). Effects of green tea extract supplementation and endurance training on irisin, pro-inflammatory cytokines, and adiponectin concentrations in overweight middle-aged men. *Eur J Appl Physiol*, 120(4), 915-923. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04332-6>
- BORG, G. A. V. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 14(5), 377-381. https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/1982/05000/Psychophysical_bases_of_perceived_exertion.12.aspx
- Bruno, R. S., Leonard, S. W., Atkinson, J., Montine, T. J., Ramakrishnan, R., Bray, T. M., & Traber, M. G. (2006). Faster plasma vitamin E disappearance in smokers is normalized by vitamin C supplementation. *Free Radical Biology and Medicine*, 40(4), 689-697.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2005.10.051>
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V., D. (2015). *Ausgewählte Fragen und Antworten zu Vitamin C*
<https://www.dge.de/fileadmin/public/doc/ws/faq/FAQs-VitaminC.pdf>
- Ghasemi, E., & Nayebifar, S. (2019). Benefits of 10 weeks of high-intensity interval training and green tea supplementation on cardiovascular risk factors and VO2max in overweight women. *J Res Med Sci*, 24, 79. https://doi.org/10.4103/jrms.JRMS_499_18
- Heshmati, J., Morvaridzadeh, M., Maroufizadeh, S., Akbari, A., Yavari, M., Amirinejad, A., Maleki-Hajiagha, A., & Sepidarkish, M. (2019). Omega-3 fatty acids supplementation and oxidative stress parameters: A systematic review and meta-analysis of clinical trials. *Pharmacol Res*, 149, 104462. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2019.104462>
- Jowko, E., Dlugolecka, B., Makaruk, B., & Cieslinski, I. (2015). The effect of green tea extract supplementation on exercise-induced oxidative stress parameters in male sprinters. *Eur J Nutr*, 54(5), 783-791. <https://doi.org/10.1007/s00394-014-0757-1>
- Khassaf, M., McArdle, A., Esanu, C., Vasilaki, A., McArdle, F., Griffiths, R. D., Brodie, D. A., & Jackson, M. J. (2003). Effect of vitamin C supplements on antioxidant defence and stress proteins in human lymphocytes and skeletal muscle. *J Physiol*, 549(Pt 2), 645-652.
<https://doi.org/10.1113/jphysiol.2003.040303>
- Khurshid, Z., Zafar, M. S., Zohaib, S., Najeeb, S., & Naseem, M. (2016). Green Tea (Camellia Sinensis): Chemistry and Oral Health. *Open Dent J*, 10, 166-173.
<https://doi.org/10.2174/1874210601610010166>
- KNUTZEN, K. M., BRILLA, L. R., & CAINE, D. (1999). Validity of 1RM Prediction Equations for Older Adults. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 13(3), 242-246.
https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/1999/08000/Validity_of_1RM_Prediction_Equations_for_Older.11.aspx
- Koch, S. (2007). Omega-3-Fettsäuren aktuell - Konsequenzen und Perspektiven für die Ernährungsberatung. *Ernährungs Umschau* (08), 482-485.
- Kochman, J., Jakubczyk, K., Antoniewicz, J., Mruk, H., & Janda, K. (2020). Health Benefits and Chemical Composition of Matcha Green Tea: A Review. *Molecules*, 26(1).
<https://doi.org/10.3390/molecules26010085>

- Kolackova, T., Kolofikova, K., Sytarova, I., Snopek, L., Sumczynski, D., & Orsavova, J. (2020). Matcha Tea: Analysis of Nutritional Composition, Phenolics and Antioxidant Activity. *Plant Foods Hum Nutr*, 75(1), 48-53. <https://doi.org/10.1007/s11130-019-00777-z>
- Leitzmann, C., Muller, C., Michel, P., Brehme, U., Hahn, A., Laube, H. (2003). *Ernährung in Prävention und Therapie* (Vol. 2). MVS Medizinverlage.
- Min, K. J., & Kwon, T. K. (2014). Anticancer effects and molecular mechanisms of epigallocatechin-3-gallate. *Integr Med Res*, 3(1), 16-24. <https://doi.org/10.1016/j.imr.2013.12.001>
- Omenn, G. S., Goodman, G. E., Thornquist, M. D., Balmes, J., Cullen, M. R., Glass, A., Keogh, J. P., Meyskens, F. L., Jr., Valanis, B., Williams, J. H., Jr., Barnhart, S., Cherniack, M. G., Brodtkin, C. A., & Hammar, S. (1996). Risk factors for lung cancer and for intervention effects in CARET, the Beta-Carotene and Retinol Efficacy Trial. *J Natl Cancer Inst*, 88(21), 1550-1559. <https://doi.org/10.1093/jnci/88.21.1550>
- Park, J. H., Bae, J. H., Im, S. S., & Song, D. K. (2014). Green tea and type 2 diabetes. *Integr Med Res*, 3(1), 4-10. <https://doi.org/10.1016/j.imr.2013.12.002>
- Pohl, P., Welna, M., Szymczycha-Madeja, A., Cyganowski, P., Jamroz, P., & Dzimitrowicz, A. (2022). Rapid and easy ICP OES determination of selected major, minor and trace elements in Pu-erh tea infusions using the response surface methodology along with the joint desirability function approach. *Talanta*, 249, 123650. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2022.123650>
- Quideau, S., Deffieux, D., Douat-Casassus, C., & Pouységu, L. (2011). Plant polyphenols: chemical properties, biological activities, and synthesis. *Angew Chem Int Ed Engl*, 50(3), 586-621. <https://doi.org/10.1002/anie.201000044>
- Ranjbar, R., Ebrahimi, A., & Sahebkar, A. (2022). Helicobacter pylori infection: Conventional and molecular strategies for bacterial diagnosis and antibiotic resistance testing. *Curr Pharm Biotechnol*. <https://doi.org/10.2174/1389201023666220920094342>
- Sadowska-Krepa, E., Domaszewski, P., Pokora, I., Zebrowska, A., Gdanska, A., & Podgorski, T. (2019). Effects of medium-term green tea extract supplementation combined with CrossFit workout on blood antioxidant status and serum brain-derived neurotrophic factor in young men: a pilot study. *J Int Soc Sports Nutr*, 16(1), 13. <https://doi.org/10.1186/s12970-019-0280-0>
- Salvador Castell, G., Serra-Majem, L., & Ribas-Barba, L. (2015). What and how much do we eat? 24-hour dietary recall method. *Nutr Hosp*, 31 Suppl 3, 46-48. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.sup3.8750>
- Strobel, N. A., Peake, J. M., Matsumoto, A., Marsh, S. A., Coombes, J. S., & Wadley, G. D. (2011). Antioxidant supplementation reduces skeletal muscle mitochondrial biogenesis. *Med Sci Sports Exerc*, 43(6), 1017-1024. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318203afa3>
- Suzen, S., Gurer-Orhan, H., & Saso, L. (2017). Detection of Reactive Oxygen and Nitrogen Species by Electron Paramagnetic Resonance (EPR) Technique. *Molecules*, 22(1). <https://doi.org/10.3390/molecules22010181>
- Thielecke, F., & Boschmann, M. (2009). The potential role of green tea catechins in the prevention of the metabolic syndrome - a review. *Phytochemistry*, 70(1), 11-24. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2008.11.011>
- Wawrzyniak, A., Gornicka, M., Hamulka, J., Gajewska, M., Drywien, M., Pierzynowska, J., & Gronowska-Senger, A. (2013). alpha-Tocopherol, ascorbic acid, and beta-carotene protect against oxidative stress but reveal no direct influence on p53 expression in rats subjected to stress. *Nutr Res*, 33(10), 868-875. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2013.07.001>
- Whaley, M. H., American College of Sports, M., Franklin, B. A., Whaley, M. H., Howley, E. T., Balady, G. J., & American College of Sports, M. (2000). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (6th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Wu, H., Chen, Y., Feng, W., Shen, S., Wei, Y., Jia, H., Wang, Y., Deng, W., & Ning, J. (2022). Effects of Three Different Withering Treatments on the Aroma of White Tea. *Foods*, 11(16). <https://doi.org/10.3390/foods11162502>
- Xing, L., Zhang, H., Qi, R., Tsao, R., & Mine, Y. (2019). Recent Advances in the Understanding of the Health Benefits and Molecular Mechanisms Associated with Green Tea Polyphenols. *J Agric Food Chem*, 67(4), 1029-1043. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b06146>

- Ye, F., Qiao, X., Gui, A., Liu, P., Wang, S., Wang, X., Teng, J., Zheng, L., Feng, L., Han, H., Zhang, B., Chen, X., Gao, Z., Gao, S., & Zheng, P. (2022). Characterization of Roasting Time on Sensory Quality, Color, Taste, and Nonvolatile Compounds of Yuan An Yellow Tea. *Molecules*, 27(13). <https://doi.org/10.3390/molecules27134119>
- Zeng, Z., Jendricke, P., Centner, C., Storck, H., Gollhofer, A., & König, D. (2021). Acute Effects of Oatmeal on Exercise-Induced Reactive Oxygen Species Production Following High-Intensity Interval Training in Women: A Randomized Controlled Trial. *Antioxidants*, 10(1), 3. <https://www.mdpi.com/2076-3921/10/1/3>
- Zheltova, A. A., Kharitonova, M. V., Iezhitsa, I. N., & Spasov, A. A. (2016). Magnesium deficiency and oxidative stress: an update. *Biomedicine (Taipei)*, 6(4), 20. <https://doi.org/10.7603/s40681-016-0020-6>