

# STÄRKUNG DES IMMUNSYSTEMS MIT VITAMIN C

Was ist wissenschaftlich belegt?

Was ist sinnvoll?

Gast-Prof. Dr. Werner Seebauer



**Gast-Prof. Dr. Werner Seebauer**

Experte für Präventionsmedizin, Ernährung und Leistungsoptimierung

Prof. Seebauer steht wie kaum ein anderer für fundiertes Ernährungswissen und ganzheitliche Gesundheitsförderung und Prävention. Er war lange Jahre Gast-Professor an der Europa-Universität Viadrina beim Weiterbildungsstudiengang „komplementäre Medizin“ für Ärzte. Aktuell bringt er als Gast-Prof. und Leiter der Präventionsmedizin in der New European Surgical Academy und der ISBA University of Cooperative Education Freiburg sowie Studienleiter des Verbandes Deutscher Präventologen ernährungswissenschaftliches Know-how in der Lehre und Praxis zusammen.

Für die Österreichische Gesellschaft für Sporternährung ist er wissenschaftlicher Beirat und Mitautor beim „Lehrbuch der Sporternährung“. Er war selbst Leistungssportler im brasilianischen Nationalkader für Langstrecken-Outrigger-Rennen (Ocean-Paddel-Competitions) – was ihn zusätzlich besonders nahbar und spezialisiert macht, wenn es um praktische Ernährungstipps und die Leistungssteigerung durch Vitalstoffe der Nahrung geht.

Seine Mission: Menschen zu einem gesünderen Lebensstil zu inspirieren – und wissenschaftlich fundiert, alltagstauglich die State of Science der Ernährung zu erklären. Daher schreibt er auch gerne für uns Informationen zu den Ernährungsthemen und „komplexere Lehrbriefe“ im Zusammenhang mit der „natürlichen Matrix der Nährstoffe“, für alle, die mehr zu Ihrer Ernährung lernen wollen.

**Inhaltsverzeichnis**

Vorwort .....	3
Überblick und Anmerkungen - wissenschaftlicher Stand – Metaanalyse .....	4
Wie kann die Stärkung der Immunabwehr erklärt werden? .....	5
Wissenschaftliche Hintergründe: Wie wirkt Vitamin C im Immunsystem? .....	6
Mikronährstoffe aus der Ernährung oder Supplementierung? - Was ist effektiver, was tun? .....	6
Bioverfügbarkeit und natürliche Matrix: Warum sind Lebensmittel besser? .....	7
Risiken durch hochdosierte Nahrungsergänzungs-Präparate – Metaanalyse .....	8
Praktische Vitamin C Tipps für den Haushalt - Empfindlich gegenüber Hitze, Licht, Sauerstoff.....	10
Gute Vitamin C Quellen .....	11
Fazit und Beurteilung - Die natürliche Ernährung ist der nachhaltigere Weg .....	12
Studiendaten / Ernährung Co-Faktoren.....	12
Anhang - Analysen verbessern & Biomarker.....	13
Studienbewertungen - viele Studien sind unzureichend konzipiert.....	13
Cofaktoren, die ein Ergebnis wesentlich beeinflussen können	
Weshalb zeigen sich in manchen Fällen, wie bei Hochleistungssportlern, positive Effekte durch eine Vitamin C Supplementation, jedoch bei vielen Studienteilnehmern keine Vorteile? .....	14
Diskussion der Ergebnisse und mögliche Interpretation -	
Weitere Details und Anmerkungen zu den Studien von Vitamin C und Infekten .....	15
Vitamin C Mangel – Symptome .....	15
Studien zur Ernährungssituation in Deutschland .....	16
Notwendigkeit der integrativen Studienbewertung.....	17
STUDIENQUELLEN.....	17 PP

- **Zwischen Evidenz und Überinterpretation der Supplementation**
- **Wann Nahrungsergänzung sinnvoll ist – und warum die natürliche Matrix von Lebensmitteln überlegen bleibt**
- **Praktische Tipps zur Optimierung der Zufuhr und Bioverfügbarkeit**



### Vorwort

Vitamin C ist seit Jahrzehnten ein Symbol für die Immunstärkung – ob zur Prävention von Erkältungen oder zur Unterstützung während eines Infekts. Dabei wird oft zur Nahrungsergänzung gegriffen. Doch wie gut ist die wissenschaftliche Evidenz (Beweiskraft) für eine Supplementation tatsächlich? Und was sagen Metaanalysen über die Wirksamkeit von Vitamin C in unterschiedlichen Lebenssituationen?

### **Wann und in welcher Menge ist die Supplementierung sinnvoll – wie wird es verstoffwechselt und ab welcher Dosis gibt es Risiken?**

Dieser Lehrbrief fasst den aktuellen Forschungsstand zusammen und ordnet Nutzen und Grenzen der isolierten Zufuhr im Vergleich zur natürlichen Aufnahme über die Ernährung ein, und gibt praktische Ratschläge zur Optimierung der Versorgung.

Vitamin C hat verschiedene Funktionen, die unser Immunsystem unterstützen. Doch die Art und Weise der Zufuhr ist entscheidend und Sie sollten selbst bei Vitamin C nicht zu lange und nicht zu hoch supplementieren (nicht mehr als gelegentlich 1000mg pro Tag), da dies negative Effekte haben kann (*siehe Kapitel Risiken*). Die meisten Experten gehen davon aus, dass nur bei Bedarf längerfristig höchstens 250mg Vitamin C pro Tag supplementiert werden sollten. Im Normalfall ist dies ohnehin ausreichend, da höhere Dosen schnell wieder ausgeschieden werden (*siehe Kapitel Kinetik*), was allerdings nicht bedeutet, dass dann keine unerwünschten Nebenwirkungen auftreten können.

Es gibt zahlreiche wissenschaftliche Studien zu Vitamin C und dessen Einfluss auf Immunzellen sowie die Immunabwehr. Viele dieser Studien zeigen Zusammenhänge, die eine verbesserte Abwehr von Viren und Bakterien erklären. Die verbesserte Infektabwehr bestätigt sich jedoch nur teils bei Infekten der oberen Atemwege – Erkältungskrankheiten. Bei isolierter Supplementierung sind die Effekte meist gering und nur in speziellen Fällen sind Vorteile bemerkbar.

Bei anderen Infektionserkrankungen gibt es insgesamt keine signifikanten Effekte durch Supplemente. Lediglich noch bei Allergien sahen manche Forscher eine Milderung der Symptome, doch auch dort gibt es kontroverse Studiendaten, die keine Vorteile feststellen konnten.

Die ausgewerteten Studien weisen erhebliche Unterschiede auf, und die individuelle Ernährung wurde überwiegend nicht oder nur unzureichend analysiert. Dies führt zu zahlreichen unbeantworteten Fragen und zeigt einen weiteren Forschungsbedarf, um die Thematik zuverlässig bewerten zu können. In vielen Arbeiten wird daher die Notwendigkeit weiterer Forschung sowie placebo-kontrollierter Studien hervorgehoben.

Der Forschungsbedarf in diesem Bereich ergibt sich aus unterschiedlichen Faktoren. Oftmals basieren Studien auf heterogenen Gruppen, wodurch die Ergebnisse nicht einfach generalisierbar sind. Zudem kann die Qualität der Daten zu Ernährungsgewohnheiten variieren, was die Aussagekraft der Ergebnisse beeinträchtigt. Ein weiterer Punkt ist, dass viele Studien nicht die langfristigen Auswirkungen bestimmter Ernährungsweisen oder Mikronährstoffe auf die Gesundheit untersuchen. Stattdessen konzentrieren sich viele Arbeiten auf kurzfristige Effekte oder spezifische Populationen. Dies schafft Unsicherheiten in Bezug auf die allgemeine Anwendbarkeit der Ergebnisse für die breite Bevölkerung. Die Betonung auf placebo-kontrollierte Studien ist besonders wichtig, da diese Art der Forschung helfen kann, die tatsächlichen

Wirkungen von Nahrungsergänzungsmitteln von Placebo-Effekten zu unterscheiden. Solche Studien können auch dabei helfen, die Sicherheit und Wirksamkeit von Interventionen besser zu verstehen. Einige der Fragen, die noch offen sind, beinhalten zum Beispiel, wie verschiedene Mikronährstoffe synergistisch wirken, welche Rolle die individuelle Genetik spielt und wie Umweltfaktoren die Ernährung und Gesundheit beeinflussen. Insgesamt ist dieser Bereich der Ernährungsforschung sehr komplex und erfordert kontinuierliche, langjährige, umfassende Studien, um fundierte Empfehlungen abgeben zu können.

Die Verwendung von **hochdosiertem Vitamin C über intravenöse Therapie** bei gravierenden Erkrankungen wird hier nicht behandelt, da das Thema nicht zur allgemeinen Gesundheitsförderung gehört und spezialisierten Einrichtungen vorbehalten sein sollte. Wissenschaftliche Studien zeigen, dass es an ausreichenden Beweisen für einen Nutzen mangelt, da eine Placebo-Kontrolle fehlt. Daher sind weitere klinisch kontrollierte Studien erforderlich (39;40; 41). Die bisherigen Ergebnisse lassen nicht eindeutig erkennen, ob die beobachteten Effekte tatsächlich auf die Vitamin-C-Infusion zurückzuführen sind, da in der komplementären Therapie oft gleichzeitig andere Behandlungen durchgeführt werden.

### Überblick und Anmerkungen - wissenschaftlicher Stand - Metaanalyse (1; 2; 4; 7) Vitamin C Supplementation und Infektabwehr – was Studien wirklich zeigen -

Zahlreiche klinische Studien und Metaanalysen haben den Nutzen der Supplementation von Vitamin C untersucht – insbesondere im Kontext von Atemwegsinfekten. Eine der umfassendsten Analysen (Hemilä et al. (1;2) der Cochrane Collaboration) wertete 29 randomisierte, Placebo-kontrollierte Studien mit über 11.300 Teilnehmern aus. Die Ergebnisse im Überblick:

- **Keine signifikante präventive Wirkung** auf das Auftreten von Infekten bei gesunden Personen mit ausreichendem Vitamin-C-Status. Keine signifikante Reduktion der Infekthäufigkeit in der Allgemeinbevölkerung.
- **Krankheitsverlauf: Geringe Verkürzung** - Mögliche Verkürzung der Erkältungsdauer um ca. 8 % bei Erwachsenen, bei Kindern teils bis zu 14 % bei stärkeren Erkältungssymptomen. \*(siehe Hinweis)
- **Deutlichere Effekte** bei extremer körperlicher Belastung (z. B. Marathonläufer: Reduktion der Dauer und Häufigkeit von Atemwegsinfekten um bis zu 30 %).
- **Kaum Effekt** bei milden Symptomen oder später Einnahme. \*(siehe Hinweis)
- **Bei anderen Infektionen** sieht man in allen adäquat kontrollierten Studien durch eine Vitamin-C-Supplementation **keine Vorteile**.

\* **Hinweis:** Die nochmals gezielte Auswertung aus 10 Placebo kontrollierten Studien (2) zeigten sich bei mildereren Symptomen häufig keine Wirkungen. Deutlichere **Effekte** wurden meist **nur bei stärker ausgeprägten Infekten oder erhöhtem oxidativem Stress** beobachtet – und vor allem, **wenn die Ernährung zu wenig Vitalstoffe liefert – also unausgewogen ist**.

Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass ein therapeutischer Nutzen vor allem bei Infektionen der oberen Atemwege und bereits vorbestehenden Mängeln oder erhöhter Belastung besteht – weniger jedoch bei ausreichender Grundversorgung über die Nahrung.

**Insgesamt gibt es zu diesem Thema viele kontroverse Studiendaten (Studien mit und ohne signifikante Effekte), und die unterschiedlichen Ergebnisse sind nicht hinreichend geklärt.**

**Statement der Cochrane Collaboration und Database zur Meta-Analyse:** Vitamin C beugt gegenüber Infektionserkrankungen nicht wirklich vor, jedoch möglicherweise kann es die Dauer einer **Erkältungskrankheit** bei Personen mit „normalem“ Vitamin-C-Status\* verkürzen. Bei Personen, die eine höhere Belastung haben, ist der Effekt möglicherweise höher, und bei Extremausdauersportlern ist er deutlicher - dort sieht man in einigen Studien eine Reduktion der Dauer und teils auch der Häufigkeit. \* (siehe im Anhang: Kritische Bewertung zu „normalem Status“)

Die Cochrane Database of Systematic Reviews (CDSR) wird von spezialisierten Wissenschaftlern internationaler Institutionen erstellt. Es werden systematische Übersichtsarbeiten und Analysen auf Basis von evidenzbasierten Studien- bzw. Forschungsergebnissen für wissenschaftliche Datenbanken publiziert.

- Die Ernährung der Probanden wurde in der Regel nicht und nur selten adäquat erfasst.
- Der sogenannte „normale Vitamin-C-Status“ wurde meist unkritisch als gegeben angenommen (oft ohne Vitamin C-Plasmaspiegel-Messung).
- Kleine Stichproben oder große Heterogenität (Dosis, Dauer, Diagnostik) schränken die Vergleichbarkeit der Studien und Ergebnisse ein.
- Uneinheitliche Dosierungen: Die Supplementation wurde meist mit 200–1000 mg/Tag durchgeführt – höhere Dosierungen zeigen nur teils bessere Ergebnisse, dafür aber auch ein erhöhtes Nebenwirkungsrisiko.

### Anmerkungen

Die angegebenen Prozentzahlen zu den Häufigkeiten müssen kritisch interpretiert werden – *siehe Anhang Studienbewertungen*.

Stärkere Symptome bedingen einen längeren Verlauf, wobei die Reduktion der Dauer öfters an den Arbeits- oder Schulfehltagen gemessen wurde. Dies ist zwar bekanntermaßen kein absolut sicheres Kriterium, es kann jedoch eine Tendenz zeigen.

**Beim Verweis auf einen „möglichen“ Nutzen sollte man sich stets bewusst sein, dass auch andere Faktoren wie die Ernährungsqualität und die Vitalstoffversorgung berücksichtigt werden müssen.** Diese Faktoren wurden in der Regel jedoch nicht oder nur unzureichend untersucht, sodass keine fundierten Aussagen über ihren Zustand oder ihre Auswirkungen getroffen werden können.

Je intensiver die Belastung bzw. der Sport ist, desto höher ist der oxidative Stress - dies erhöht oft Entzündungen\* und begünstigt auch Infekte. Entzündungen erhöhen wiederum den oxidativen Stress (es kann ein Teufelskreislauf entstehen). Ein höherer oxidativer Stress schwächt wiederum das Immunsystem (*zum Thema oxidativer Stress und „stille Entzündungen“ folgen noch Lehrbriefe*).

Es gab in den Studien viele **kontroverse**

**Ergebnisse:** Einige Studien mit Dosierungen zwischen 500 mg und 1.000mg pro Tag zeigen auch bei der Infekt-Dauer keine Verkürzung; und einige zeigten lediglich eine Milderung der Symptome. Dies ist sehr subjektiv und schwer korrekt zu beurteilen, da die Ausprägung der Symptome teils sehr unterschiedlich empfunden und durch viele Faktoren beeinflusst wird.

**Hinweis:** Indem man eher Effekte bei hohem Stress oder starker körperlicher Belastung sieht (1;7), weist dies darauf hin, dass der Mehrbedarf an Vitalstoffen dann oft nicht ausreichend durch die individuelle Ernährung gedeckt wird und

somit bei Personen, die ohnehin während solcher Belastungen öfters zu unausgewogener Ernährung neigen, eine Ergänzung über Präparate helfen kann. Dies sollte nicht darüber hinwegtäuschen, dass auch hierbei eine vitalstoffreiche Ernährung mehr helfen kann.

### Wie kann die Stärkung der Immunabwehr erklärt werden?

Vitamin C hat wichtige Funktionen im Immunsystem, sowohl durch seine antioxidativen Eigenschaften als auch durch die Unterstützung der Funktion von Immunzellen zur Bekämpfung von Infektionen. Warum zusätzliche Einnahmen bei Atemwegsinfekten manchmal helfen, doch bei anderen Bereichen der Immunabwehr keine signifikanten Effekte zeigen ist nicht geklärt. Es besteht dazu noch Forschungsbedarf und es sind besser designte Studien erforderlich, um genau zu bestimmen, in welchem Umfang Vitamin C das Immunsystem und die Prävention von Krankheiten im Allgemeinen beeinflusst.

**Bereits gut erforscht ist hierbei, dass es wenig sinnvoll ist, die Wirkungen von Einzelstoffen isoliert zu untersuchen.** Der aktuelle Stand der Ernährungswissenschaft hebt hervor, dass stets die Analyse des komplexen Systems mit seinen interagierenden und voneinander abhängigen Komponenten erforderlich ist. Die Wirkung von Nahrung ergibt sich nie aus einzelnen Stoffen, sondern aus dem gesamten biologischen System.



### Wissenschaftliche Hintergründe: Wie wirkt Vitamin C im Immunsystem?

Vitamin C unterstützt die Immunabwehr auf mehreren Ebenen (15):

1. **Antioxidative Wirkung:** Neutralisiert freie Radikale, die Entzündungen steigern und Zellstrukturen des Körpers schädigen.
2. **Entzündungsregulation:** Hemmt gemeinsam mit sekundären Pflanzenstoffen entzündungsfördernde Botenstoffe
3. **Funktion von Immunzellen:** Fördert Aktivität und Bildung von Leukozyten (v. a. T-Lymphozyten und Phagozyten), die Krankheitserreger beseitigen. *\*(siehe Details)*
4. **Kollagensynthese:** Stärkt die Hautbarriere, die als erste Abwehrlinie gegenüber Erregern dient.

Besonders effektiv entfaltet sich diese Wirkung in Kombination mit weiteren Mikronährstoffen. Man muss immer darauf hinweisen, dass manche Wirkungen des Vitamin C isoliert als Monosubstanz in einem Präparat nicht auftreten, wenn weitere Vitalstoffe der Nahrung zu niedrig vorliegen.

**Details und Anmerkungen:** Vitamin C beeinflusst **Immunzellen**, z.B. die Funktion von Leukozyten (unterstützt deren Synthese und Aktivität). Die Leukozyten (weißen Blutkörperchen) spielen eine der Schlüsselrollen im Immunsystem. Besonders die T-Lymphozyten und Phagozyten (Fresszellen), die Viren, Bakterien aber auch Krebszellen (#) im Körper erkennen und beseitigen, werden unterstützt. #(Krebszellen entstehen über Mutationen und dann zunächst als Krebszellvorstufen, die das Immunsystem meist noch gut abwehren bzw. beseitigen kann. Dies darf nicht falsch interpretiert werden. Die Annahme, dass man mit der Vitamin C-Einnahme in hohen Dosen Krebs verhindern oder therapieren könne, ist falsch und entbehrt jeglicher Evidenz (*siehe Kapitel zu Studien Linus Pauling im Lehrbrief „Natürliche Matrix“*). Es ist lediglich ein wichtiger Faktor, der das Immunsystem bei der Abwehr unterstützt, wie z.B. auch bei der Beseitigung von entstehenden Krebszellen in ihren Vorstufen. Doch isoliert (als Nahrungsergän-

zung - selbst hoch dosiert gegeben) bewirkt es dies nicht und bei manifester Krebserkrankung können die Ernährungsfaktoren allein den Krebs nicht mehr ausreichend abwehren. Hoch dosiert kann Vitamin C sogar manche Risiken steigern (*siehe Kapitel „Unerwünschte Nebenwirkungen“*).

Wie die meisten **Antioxidantien** liefert Vitamin C einen **Beitrag zu anti-entzündlichen Prozessen**. Es kann zusammen mit den Sekundären Pflanzenstoffen Entzündungen hemmen oder reduzieren, indem sie gemeinsam die Produktion von entzündungsfördernden Botenstoffen (z.B. Zytokinen) verringern. Dies kann helfen, übermäßige Entzündungsreaktionen zu verhindern, die ansonsten den Körper schädigen. Man weiß durch viele Forschungsdaten, dass **sehr viele Krankheitsprozesse über sogenannte „stille Entzündungen“ entstehen** (Prozesse, die man äußerlich nicht wie bei anderen Entzündungen bemerkt). **Auch die stillen Entzündungen (silent inflammation) steigern den oxidativen Stress und seine potentiellen Folgeschäden.**

### Mikronährstoffe aus der Ernährung oder Supplementierung?

#### Was ist effektiver, was tun?

**Sie kennen die Antwort bereits: Mangel vermeiden und in adäquater Dosis am besten in der „Natürlichen Matrix“ der Lebensmittel zuführen.**

Die Studienlage deutet darauf hin, dass Supplemente nur bei unzureichender Versorgung über die Ernährung nützlich sind, doch nicht so effektiv wie über die Lebensmittel. Vitamin C entfaltet seine volle Wirkung nur im Zusammenspiel mit anderen Vitalstoffen – wie sie in pflanzlichen Lebensmitteln natürlicherweise vorkommen. Eine gute Ernährung wirkt nachhaltiger und umfassender als isolierte Präparate.



## Mögliche Ursachen mangelhafte Effekte bei Supplementen

Mangelnde Effekte durch Supplemente sieht man nicht nur bei bereits guter Grundversorgung, sondern auch bei tatsächlichem Bedarf, jedoch das Präparat zu spät oder in zu niedriger Dosierung eingenommen wird. Ein Grund kann auch in fortbestehenden Mangelernährung liegen, wenn diese weiterhin zu schlecht ist und dann auch die Ergänzung eines Vitamins nicht ausreicht.

### Resümee: Lebensnotwendig und seit langem bekannte Wirkungen

Die bekannten Wirkungen von Vitamin C erklären seine Rolle bei der Unterstützung der Immunabwehr. Es kann als Nahrungsergänzungsmittel in Situationen wie der Mangelernährung oder unzureichender Zufuhr bei erhöhtem Bedarf effektiv sein. Bei bereits gut versorgten Personen sind die Effekte der Supplementation jedoch begrenzt, da die Nährstoffaufnahme über Lebensmittel, die das Zusammenspiel mit anderen Vitalstoffen ermöglichen, überlegen ist und unerwünschte Nebenwirkungen vermeidet.

Zusammengefasst lässt sich der fehlende signifikante Effekt der Supplementation (kein Unterschied zu Placebo) am ehesten erklären, wenn man die Ernährung analysiert und feststellen kann, dass darüber bereits die potenteren immunstärkenden Vitalstoffe bereits entfalten sind.

### Bioverfügbarkeit und natürliche Matrix: Warum sind Lebensmittel besser?

Zwar unterscheiden sich die Resorptionsraten von Vitamin C aus Präparaten und natürlichen Quellen nur leicht, doch:

- In der natürlichen Matrix wird Vitamin C langsamer abgebaut und besser verwertet.
- Antioxidative Effekte sind deutlich stärker – Sekundäre Pflanzenstoffe wirken vielfach effektiver als Vitamin C allein.
- Die Kombination aus Vitaminen, Mineralstoffen und Pflanzenstoffen fördert zusätzlich die Darmgesundheit, was wiederum die Immunfunktion positiv beeinflusst.

Daher sollten Präparate nur als Ergänzung in Ausnahmesituationen dienen – nie als dauerhafter Ersatz für eine vollwertige Ernährung.

## Mehr Details: Die besseren Vitamin C-Effekte durch den natürlichen Verbund können u.a. durch folgende Faktoren erklärt werden:

Die Bioverfügbarkeit [pharmakokinetische Untersuchungen (17)] von Vitamin C aus der natürlichen Matrix ist zwar nur marginal höher als aus Präparaten, es zeigt sich jedoch, dass Vitamin C aus der Lebensmittelmatrix langsamer abgebaut und besser verwertet wird; und dass die bessere Verwertung dann nicht nur für Vitamin C, sondern für verschiedene Nährstoffe besteht (16). Der Synergismus der Vitalstoffe bewirkt an verschiedenen Stellen Vorteile.

Vor allem die antioxidativen Effekte sind in der Lebensmittel-Matrix viel besser, da sich die Wirkungen durch die Vitamine mit den Sekundären Pflanzenstoffen potenzieren. Es zeigen sich beispielsweise hoch signifikant weniger oxidative Schäden (18;19;21).

Wie bereits erwähnt, liegt dies daran, dass die Sekundären Pflanzenstoffe ohnehin die deutlich stärkeren Antioxidantien sind und im Organismus vor allem im Verbund notwendig sind.



Hierbei muss darauf hingewiesen werden, dass die Messung der antioxidativen Potenz im Labor oder der Anstieg von Antioxidantien im Blutplasma\* oft keine ausreichende Aussagekraft haben. Es kommt auf die Effekte im gesamten Organismus durch komplexe Interaktionen an. Dies kann im Blutlabor nicht ausreichend dargestellt werden.

\*Bessere Biomarker für die Vitamin C Aufnahme wären ohnehin die Konzentrationen in Geweben und Zellen – nicht lediglich im Blutplasma – siehe Anhang „Analysen verbessern & Biomarker“.

Neben den beschriebenen besseren Wirkungen durch das Zusammenwirken der Mikronährstoffe im natürlichen Lebensmittelkomplex, zeigt sich, wie auch die Faserstoffe (Ballaststoffe) aus den pflanzlichen Lebensmitteln mit der Darmflora interagieren (20) und wichtige Unterschiede auch bei der Immunabwehr bewirken können (zur „gesunden“ Darmflora folgen Artikel).

**Fazit:** Die körpereigenen Abwehrsysteme sind auf das komplex abgestimmte Zusammenspiel der Inhaltsstoffe innerhalb der natürlichen Lebensmittelmatrix angewiesen. Verlässliche wissenschaftliche Erkenntnisse belegen, dass zur Prävention und Risikominderung chronischer Erkrankungen – etwa Herz-Kreislauf-Leiden oder Krebs – insbesondere der Verzehr vitalstoffreicher Lebensmittel beiträgt.

In dieser natürlichen Matrix entfalten Vitamine, Mineralstoffe, Sekundäre Pflanzenstoffe und weitere bioaktive Substanzen ihre Wirkung im Verbund und unterstützen dabei entscheidend die Funktion des Immunsystems, das weit über die reine Infektabwehr hinaus eine zentrale Rolle für die Gesundheit spielt.

Im Gegensatz dazu zeigt sich die isolierte Zufuhr einzelner Vitamine oder Mineralstoffe durch Nahrungsergänzungsmittel hinsichtlich ihrer präventiven Wirkung meist als wirkungslos oder lediglich mit geringen Effekten.



Mehr Informationen zu Studien und zu normalem Vitamin C-Status und -Mangel-Symptomen folgen im **Anhang:**  
„Viele Studien sind unzureichend konzipiert – Studienbewertungen“

### **Risiken durch hochdosierte Nahrungsergänzungs-Präparate - Metaanalyse**

Eine aktuelle Metaanalyse (2022, 84 Studien, mehr als 730.000 Teilnehmende) zeigt (22):  
**Die dauerhafte Einnahme hochdosierter Vitamin-C-Präparate (>1000 mg/Tag) ist nicht empfehlenswert.** Nebenwirkungen sind möglich – dazu zählen:

- **Nierensteine** durch Oxalatbildung (v. a. bei genetischer Prädisposition),

- **Magen-Darm-Beschwerden** (z. B. Durchfälle),
- **Störung der Eisenhomöostase** bei Patienten mit Hämochromatose (schnellere Eisenüberdosierung mit Risiken für Organschäden)
- mögliche **interaktive Effekte mit Medikamenten** oder diagnostischen Verfahren (z. B. Falschwerte bei Bluttests).

### **Mehr Details zu Risiken und Nachteilen durch die Überdosierung des Vitamin C**

Viele Studien, die sich mit den potenziellen Nachteilen und Risiken von hochdosierten Vitamin C Präparaten befassen, weisen darauf hin, dass hohe Dosen von Vitamin C nicht nur wenig zusätzliche gesundheitliche Vorteile bieten, sondern mit verschiedenen gesundheitlichen Problemen verbunden sein können.

Hohe Dosen von Vitamin C können, trotz der raschen Gewebesättigung und anschließenden Ausscheidung, potenzielle Nachteile und Risiken mit sich bringen. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass die Ausscheidung dieser höheren Dosen über die Nieren und den Darm durch die Säure (Ascorbinsäure) problematische Effekte hervorrufen kann. Obwohl die Ausscheidung relativ zügig erfolgt, mit einer Halbwertszeit im Blut von lediglich 10 bis 30 Minuten und so überschüssiges Vitamin C wird in der Regel innerhalb von 24 Stunden über Urin und Stuhl ausgeschieden ist, kann es in Geweben, wie der Leber und den Nieren, eine längere Speicherzeit aufweisen, bevor es aus dem Körper eliminiert wird. In diesem Kontext ist es wichtig, die potenziellen Risiken durch die hohe Zufuhr zu berücksichtigen, auch weil diese sich möglicherweise nicht sofort bemerkbar machen, sondern sich über längere Zeiträume manifestieren können.

Eine Übersichtsarbeit zu verschiedenen Vitaminen und deren negativen Effekte beschreibt umfangreich die potentiell unerwünschten Nebenwirkungen bei zu hohen Dosierungen und listet die Studienquellen dazu auf (35).

Vitamin C ist praktisch nicht toxisch, jedoch können hohe Dosen (500 mg/ Tag oder mehr) **Störungen des Verdauungstrakts (Übelkeit, Sodbrennen und Durchfall)**, vermehrten Harndrang mit Brennen sowie **Erythrozytenhämolyse (Erythrozyten zerstören und z.B. eine Anämie erzeugen)**, wenn ein Mangel des Enzyms Glucose-6-phosphat-Dehydrogenase (erblich bedingt), oder ein Vitamin-B12-Mangel vorliegt (z.B. bei veganer Ernährung).

In der Niere kann es zu einer **starken Harnversäuerung** kommen, was zur Ausfällung von Cystinat- und Uratablagerungen im Harntrakt und in der Folge zur **Bildung von Nierensteinen** führen kann. Vitamin-C-Dosen größer 1000 mg/Tag erhöhen die Oxalsäurekonzentrationen im Blut und Urin, was auch das Risiko der Nierensteinbildung durch Calciumoxalat erhöht.

**Bei Nierenfunktionsstörungen sowie bei einer Prädisposition für Gicht, muss man noch mehr darauf achten, nicht zu hohe Dosen Vitamin C zuzuführen.**

Die hohen Dosen von Vitamin C können gastrointestinale Beschwerden wie **Übelkeit, Bauchkrämpfe und Durchfall** verursachen, z.B. weil es im **Magen-Darm-Trakt zu einer höheren Säurekonzentration** führen kann.

Vitamin C hat eine leicht stimulierende Wirkung, sodass die Einnahme nachts den **Schlaf beeinträchtigen** kann.

Hohe Dosen von Vitamin C können in einigen Fällen die Eisenaufnahme verstärken (insbesondere aus pflanzlichen Quellen – das Nicht-Häm-Eisen), was in bestimmten Situationen, wie bei **Eisenüberladungserkrankungen (z.B. Hämochromatose)**, problematisch ist.

**Schwächung des antioxidativen Effekts** bei stark erhöhten Dosen: Vitamin C kann bei hoher Dosierung und **Reaktionen mit Metallen im Körper (z.B. Eisen oder Kupfer im Blut oder Schweiß) pro-oxidative Effekte** hervorrufen. Dieser paradoxe Effekt kann das **Risiko für Zellschäden** erhöhen (35). *(Das Thema oxidativer Stress folgt).*

Man braucht an manchen Stellen die Kombination von Vitamin C mit Vitamin E, weil ansonsten mehr Zellmembranschäden (Lipidperoxidation) entstehen. Doch **Achtung:** Isolierte Antioxidantien, wie Vitamin C und E oder auch  $\beta$ -Carotin in hochdosierten Präparaten, können im Vergleich zu ihrer Wirkung in natürlichen Lebensmitteln Nachteile haben, indem sie statt antioxidativ prooxidativ wirken können, und so Schäden durch oxidativen Stress und Mutationen erhöhen (29; 30; 31; 32; 33) *(zur Thematik folgen Artikel)*

**Schwangere Frauen müssen Vitamin C-Überdosierungen konsequenter vermeiden, da die prooxidativen Effekte den Fetus stärker beeinträchtigen** (36)

### Mehr Informationen zu den Nachteilen bei Überdosierung

Eine weitere Übersichtsarbeit, die zahlreiche Studien und Forschungsdaten auswertet, bietet umfassende Informationen zu den

potenziellen Risiken einer Überdosierung von Vitamin C (33). Diese Risiken treten in der Regel bei Dosierungen auf, die nicht durch Lebensmittel, sondern durch Nahrungsergänzungsmittel erreicht werden können.

Nicht therapeutisch angewendetes, höher dosiertes Vitamin C **erhöht die Natriumkonzentration im Blut** und senkt die Kaliumkonzentration, was zu einem **Kaliummangel** führen kann.

Außerdem wirkt es sich **negativ auf einige eingenommene Medikamente** aus, indem es **Vitamin B12 zerstört** (deshalb sollten die beiden Vitamine nicht hoch dosiert in Kombination verabreicht werden).

Es gibt Berichte, dass nach Einnahme großer Dosen Vitamin C es zu einer **Vitamin-C-Toleranz** kommen kann und es dann nur noch **schwächer wirkt**. Es werden dann höhere Dosen nötig (mit mehr Risiken für unerwünschte Nebenwirkungen). Wenn diese hohen Dosen dann zu schnell reduziert werden, kann es zu Mangelsituationen kommen; daher müssten die Dosen schrittweise gesenkt werden, damit sich der Körper an die Veränderungen während der Verabreichung anpassen kann.

**Hohe Vitamin-C-Dosen behindern die Kupferabsorption und hemmen die Aktivitäten** von kupferhaltigem Coeruloplasmin und Superoxiddismutase (Cu, Zn-SOD), die im **körpereigenen Antioxidations- und „Entgiftungssystem“** notwendig sind.

**Um oxidative Schäden zu reduzieren, braucht der Organismus Antioxidantien.** Allerdings, obwohl Vitamin C antioxidative Wirkungen hat, kann es konträr prooxidativ zellschädigend wirken, z.B. wenn es zu hoch dosiert ist und mit Metallen wie Eisen oder Kupfer im Blut oder Schweiß reagiert (Fenton-Reaktion), und zusätzlich **ein Mangel an anderen Antioxidantien – wie Vitamin E oder Sekundären Pflanzenstoffen - vorliegt. Es bildet dann mehr Sauerstoffradikale** (Hydroxylradikale eine besonders schädliche Art von ROS), die eine **mutagene und neurotoxische Aktivität** haben und viele, teils gravierende Erkrankungsrisiken erhöhen.

**Aus diesem Grund sollte dieses Vitamin C auch nicht zusammen mit Eisen- und Kupfersalzen verwendet werden – z.B. Eisensulfat in Nahrungsergänzungsmitteln** (dies sind synthetische Formen, die andere Strukturen als das Eisen aus der Nahrung haben).

Natürliche Quellen von Eisen ermöglichen eine ausgewogene Zufuhr, bei der der Körper das Eisen nach Bedarf aufnehmen kann, ohne das Risiko einer Überdosierung, die bei übermäßiger Einnahme von Eisenpräparaten auftreten kann. Die Kombination von Vitamin C mit Eisen

aus Lebensmitteln ist unbedenklich, da man darüber nicht extrem hohe Eisenaufnahmen hat, wie es über Präparate möglich ist (Ausnahmen bilden genetische Eisenstoffwechselstörung wie die Hämochromatose, wo man insgesamt mit den Eisen vorsichtig sein muss).

**Vitamin C erhöht die Eisenabsorption, was bei Menschen mit Hämochromatose, sideroblastischer Anämie oder Thalassämie sehr schädlich werden kann** (Formkreis von Eisenstoffwechsel- und Hämoglobinopathien – Blutbildungsstörungen). Wenn die Eisenkonzentrationen im Blut zu hochsteigen, kann es über hohe Ablagerungen in Geweben (z.B. der Haut und Magen-Darm- Schleimhaut) sowie in verschiedenen Organen zu schweren Schäden führen. (zu *Eisen folgt ein Lehrbrief*) In einigen Versuchsansätzen waren höheren Dosen (teils extrem höhere Dosen von 2g bis 4g) nur sehr kurz - meist nur einen Tag zu Beginn gegeben, womit nicht zu erwarten ist, dass dies akut unerwünschte Nebenwirkungen zeigt, doch die potentiellen, sich erst später auswirkenden, negativen Effekte durch Dysbalancen an anderer Stelle wurden nicht explizit und nicht in größerem Kontext analysiert. Die meisten Autoren definieren daher die vermeintlich sichere Dosis (ohne wesentliche Nebenwirkungen) bei 1-2g/Tag; und **von der Mehrheit wird die noch sichere Dosis bei bis zu 1000 mg/Tag gesehen, obwohl bei Dosen über 500mg Nebenwirkungen häufiger sind.**

### Resümee zur Überdosierung:

Obwohl Vitamin C für viele Körperfunktionen wichtig ist und viele positive Effekte hat, zeigen diese Studien, dass hohe Dosen (meist >1.000 mg pro Tag, teils bereits ab 500mg oder niedriger) unerwünschte Nebenwirkungen haben können. Dazu gehören Magen-Darm-Beschwerden, ein erhöhtes Risiko für Nierensteine, eine mögliche Störung der Eisenaufnahme und potenzielle pro-oxidative Effekte, die den Körper schädigen könnten. Es ist daher ratsam, bei der Einnahme von Vitamin C-Präparaten die empfohlene Tagesdosis zu beachten.

**Es wird empfohlen, nicht längerfristig Dosen über 250mg pro Tag zu supplementieren.**

### Kinetik von Vitamin C

Die Kinetik von Vitamin C zeigt, dass bei Tagesdosen von 200–400 mg die Gewebe- und Zellkonzentrationen (z. B. in Leukozyten) bereits maximal gesättigt sind. Ab Dosen über 1 g/Tag

wird nur etwa 50 % im Darm resorbiert\*, während der Rest dort ausgeschieden wird. Überschüssiges Vitamin C wird zunächst über die Nieren eliminiert, wobei bei Dosen über 1 g die Ausscheidung im Urin deutlich zunimmt. Ab Dosen über 3 g/Tag wird Vitamin C nochmals zusätzlich über den Stuhl ausgeschieden, was häufig zu Durchfall führen kann.

### Praktische Vitamin C Tipps für den Haushalt Empfindlich gegenüber Hitze, Licht, Sauerstoff und basischem Milieu

Vitamin C ist wasserlöslich (daher sollte man die Lebensmittel nicht zerkleinert länger in Wasser liegen lassen); es ist auch hitzeempfindlich. Seine Stabilität hängt von der Temperatur, der Dauer der Hitzeeinwirkung sowie von anderen Faktoren wie dem Kontakt zu Sauerstoff, Licht ab, und auch der pH-Wert spielt eine Rolle. Bei Kontakt mit Metallen wie Eisen (im Blut oder Schweiß, etc.) wird seine Stabilität im Organismus zusätzlich reduziert.

Hier liste ich Ihnen zur Orientierung Informationen zur Hitzeempfindlichkeit von Vitamin C auf (39):

#### Temperaturen:

- **Ab 30–40 °C** beginnt sich Vitamin C langsam abzubauen - besonders, wenn die Temperatur länger einwirkt (siehe unten) und Kontakt zu Sauerstoff besteht
- **Bei 70–90 °C** wird der Abbau deutlich beschleunigt; und ein großer Anteil kann innerhalb weniger Minuten zerstört werden, je nach Kochmethode und Kontakt zu Sauerstoff, Licht und bei basischem pH (siehe unten).
- **Ab und über 100 °C** (Kochen, Braten, Rösten Frittieren, Grillen) wird es stark abgebaut; es kann bei längerer Einwirkzeit und gleichzeitig weiteren reduzierenden Faktoren (insbesondere Sauerstoffkontakt) nahezu ganz verloren gehen. Studien zeigen, dass bis zu 50 % des Vitamin-C-Gehalts nach 10–20 Minuten verloren gehen können. Bei hoher Hitze baut sich nicht nur mehr ab, es wird auch mehr Vitamin C oxidiert, was weitere Nachteile mit sich bringt.
- **Beim Frittieren** werden Temperaturen von 160-175°C – und teils höher erreicht, beim Backen im Ofen werden je nach Einstellung auch deutlich höhere Temperaturen erreicht. Beim Braten und Grillen werden ebenso an der Lebensmittelaußenseite deutlich höhere Temperaturen erreicht.

### Zeitliche Einflüsse:

- Kurzzeitiges Erhitzen: Schonendes Dämpfen oder kurzes Blanchieren kann Vitamin-C-Verluste minimieren, da die Hitzeeinwirkung kurz ist. Beim Pasteurisieren (z.B. kurze Erhitzung von Saft oder auch Milch (90°C über 1 Minute) bleiben 82-92% des Vitamin C erhalten.
- Längeres Kochen: Bei längerem Kochen oder hoher Hitzeeinwirkung (z. B. über 20 Minuten bei 100 °C) kann bis zu 70–90 % des Vitamin-C-Gehalts zerstört werden.

**Bei längerer Zeiteinwirkung kann selbst bei noch relativ niedrigen Temperaturen ein bereits deutlicher Anteil des Vitamin C abgebaut werden** (z.B. in einem Obstsaft, der 7 Tage lang bei 25°C gelagert wird bauen sich 23,4% ab, bei 35°C bauen sich bereits 56,4% ab.

### Zusätzliche Einflussfaktoren:

- **Sauerstoff und Licht:** Verstärken den Abbau, da Vitamin C empfindlich auf Oxidation reagiert, und beide Faktoren die Oxidation steigern.
- **pH-Wert:** In neutralen oder alkalischen (basisch) Umgebungen zerfällt Vitamin C schneller; in sauren Medien ist es stabiler (Vitamin C ist eine Säure – Ascorbinsäure).
- **Lebensmittelmatrix:** Der Vitamin-C-Abbau kann durch natürliche Antioxidantien in Lebensmitteln verzögert werden. Daher ist die Kombination mit potenten Antioxidantien (wie den Sekundären Pflanzenstoffe – z.B. Flavonoide) in den Lebensmitteln am besten.

### Merke:

#### Vorteile von Vitamin C aus natürlichen Lebensmitteln

#### Synergistische Effekte mit anderen

**Mikronährstoffen:** Natürliche Lebensmittel, die reich an Vitamin C sind, enthalten in veganen Lebensmitteln auch Polyphenole, Flavonoide und andere Antioxidantien, die die antioxidative Wirkung von Vitamin C deutlich verstärken. Diese Synergien sind besonders wichtig, weil das Immunsystem vom komplexen Netzwerk verschiedener Mikronährstoffe abhängig ist.

#### Langsame Resorption und nachhaltige

**Versorgung:** Vitamin C aus natürlichen Quellen wird oft langsamer aufgenommen und kann über längere Zeiträume in den Körper freigesetzt werden, was zu einer konstanten Versorgung führt. Isolierte Vitamin-C-Präparate hingegen können zu einem schnellen Anstieg und ebenso schnellen Abfall des Vitamin-C-Spiegels führen.

**Kein Risiko für Überdosierungen:** Der Körper ist in der Lage, überschüssiges Vitamin C, das aus Lebensmitteln aufgenommen wird, effizient auszuscheiden.

### Worauf Sie noch achten sollten:

**Frisches Obst und Gemüse:** Der Vitamin-C-Gehalt bleibt beim Rohverzehr weitgehend erhalten, es hängt jedoch von der Lagerungsdauer und dem Lagerungsort ab (siehe oben) – es sollte nach der Ernte kühl (unter 20°C) und dunkel und nicht zu lange gelagert sein.

**Dämpfen statt Kochen** kann Verluste auf etwa 10–30 % begrenzen.

**Kochen in Wasser** führt zu höheren Verlusten durch Hitze und Auswaschung (bis zu 50–70 %).

**Backen und Braten** zerstört Vitamin C weitgehend, besonders bei Temperaturen über 150 °C.

**Zusammengefasst:** Vitamin C beginnt schon bei relativ niedrigen Temperaturen abzubauen, und längeres Erhitzen bei hohen Temperaturen beschleunigt diesen Prozess – insbesondere unter Sauerstoffkontakt. Schonende Gartechniken wie Dämpfen oder kurze Kochzeiten können den Vitamin-C-Verlust minimieren.

### Gute Vitamin C Quellen

Vitamin C-reiche Lebensmittel sind hinlänglich bekannt (sie enthalten immer auch die wertvollen Sekundären Pflanzenstoffe). In Obst und grünem Gemüse oder Kräutern, wie Petersilie, Kresse, Basilikum etc. sind deren Vitalstoffe wie das Vitamin C ist immer hitzeempfindlich.

**Gute Quellen:** Acerola-Saft; Schwarze Johannisbeeren, Petersilie, rote Paprika, Sauerampfer, Tomatenkonzentrat, Kresse, Papaya; Erdbeeren, Brom- und Himbeeren, Blaubeeren (Heidelbeere); Orange; Kiwi; Schnittlauch, Fenchel, Brokkoli (frisch gedämpft), Kohl bzw. Weißkraut (Sauerkraut), Rotkraut, Äpfel; etc.



## Fazit und Beurteilung - Die natürliche Ernährung ist der nachhaltigere Weg

Der Stellenwert von Vitamin C für das Immunsystem ist unbestritten. Doch isolierte Supplemente zeigen nur begrenzten Nutzen – und nur unter bestimmten Bedingungen:

- **Sinnvoll:** Kurzfristig bei hoher körperlicher Belastung, Stress, unausgewogener Ernährung, oder zur Verkürzung eines stärkeren Infektverlaufs.
- **Nicht sinnvoll:** Zur allgemeinen Prävention bei gesunder, ausgewogener Ernährung. Bei guter Versorgung bringt die zusätzliche Einnahme kaum Vorteile – und in hohen Dosen können Risiken entstehen

Die **Zufuhr über vollwertige pflanzliche Lebensmittel** bleibt der effektivere und risikoärmere Weg – nicht zuletzt aufgrund des synergistischen Zusammenspiels mit anderen Vitalstoffen – eine Wirkung, die isolierte Präparate nicht in gleichem Maße entfalten können. Immer ist die gleiche Botschaft zu betonen: Entscheidend ist die „Natürliche Matrix der Lebensmittel“ (*weitere Lehrbriefe zum Thema folgen*). Wenn Sie dies berücksichtigen, jedoch gelegentlich keinen Zugriff auf solche vitalstoffreichen Lebensmittel haben, können Sie freilich auch mal mit Vitamin C Präparaten supplementieren.

### Empfehlung:

- Bevorzugen Sie Vitamin C aus frischem Obst und Gemüse sowie Kräutern.
- Ergänzen Sie nur bei Bedarf bis 250mg /Tag – nicht dauerhaft und nicht über 1000 mg/Tag
- Achten Sie auf eine ausgewogene, pflanzenbasierte Ernährung als Basis jeder Prävention.

### Studiendaten / Ernährung Co-Faktoren:

Vitamin C supplementiert über Präparate **reduziert im Allgemeinen nicht die Häufigkeit von Erkältungskrankheiten allenfalls die Erkältungsdauer um circa einen Tag. Bei Menschen, die Stress und hohen Belastungen** unterliegen (z.B. Extremausdauersportler), **oder bei Kindern** sah man in manchen Studien **etwas bessere Effekte** (teils eventuelle auch eine Reduktion der Erkältungshäufigkeit). **Andere Infektionserkrankungen werden weder bei der Symptomatik noch bei der Häufigkeit reduziert.**

Die Prozentsätze, die für die durchschnittlichen Reduktionen berechnet wurden, erfordern eine differenzierte Analyse, da die Supplementation überwiegend nur dann positive Effekte zeigte, wenn zuvor eine unzureichende Ernährung vorlag - ein nicht zu hoch dosiertes Supplement ist dann quasi „besser als nichts“. **Eine ausgewogenere Ernährung vor und während Infektionen führt zu besseren Ergebnissen und ist aus biologischer sowie ernährungswissenschaftlicher Sicht viel sinnvoller.**

In der Ernährungswissenschaft und Präventionsmedizin herrscht Einigkeit darüber (es gibt viele gute Nachweise), dass Vitamin C im Kontext eines breiten Mikronährstoffspektrums aus Lebensmitteln betrachtet werden sollte, da dadurch weitaus mehr positive Effekte erzielt werden. Isolierte Vitamine können niemals die synergistische Wirkung erreichen, die im natürlichen Verbund von Lebensmitteln entsteht. Zudem kann die Einnahme von isolierten, hochdosierten Vitaminen die notwendige Balance kurzfristig stören und langfristig unerwünschte Nebenwirkungen hervorrufen.

**Auf der Grundlage der Studien wird von den Forschern vorgeschlagen, dass die optimale Tagesdosis Vitamin C unterhalb 250 mg liegen sollte**, außer möglicherweise zum Zeitpunkt einer akuten Erkrankung, wenn eine höhere Tagesdosis bis 1000 mg eventuell von Vorteil sein kann. Solch höhere Dosen sollte dann jedoch unter therapeutischen Kriterien kontrolliert und vor allem, wegen möglicher Nachteile, nur kurzfristig stattfinden.

**Grundverständnis:** Ein Lebensmittel mit seine tausenden Mikronährstoffen in der natürlichen Matrix kann nicht als die Summe seiner Verbindungen betrachtet werden, sondern es muss als komplexe Komposition mit vielen variablen Wirkungen betrachtet werden. Diese Mikronährstoff-Verbünde aus tausenden Vitalstoffen (Vitamine, Sekundäre Pflanzenstoffe, etc.) interagieren sowohl mit weiteren Ernährungsfaktoren (z.B. den Ballaststoffen der pflanzlichen Nahrung) als auch mit der Verdauungsumgebung (z.B. der Darm-Mikroflora) und all dies hat Auswirkungen auf das Immunsystem. In diesem Zusammenhang sind die Effekte zur Gesundheitsförderung von tausenden Stoffen und Biofaktoren abhängig. Nahrungsergänzungsmittel können dies nicht erreichen und heben die potenziellen positiven Auswirkungen der Lebensmittelmatrix teils leider auf, da die isolierte Zufuhr von Einzelstoffen oder wenigen Mikronährstoffen in höheren Dosen, andere benötigte Stoffe verdrängen kann.

Zu Zink, das oft ähnlich wie Vitamin C bei Erkältungskrankheiten genommen wird, gibt es vergleichbare Ergebnisse (9) (*zu Zink folgt ein Lehrbrief*).

### Analysen verbessern & Biomarker

Die Messung des Vitamin-C-Status im Plasma ist relativ einfach und kostengünstig, allerdings spiegelt der Plasmapwert oft nicht den tatsächlichen Gehalt in den Zellen wider. Vitamin C wird schnell im Körper verteilt und in Geweben wie den Leberzellen oder weißen Blutkörperchen eingelagert. Studien haben gezeigt, dass die Konzentration in Leukozyten ein genaueres Bild des Vitamin-C-Status auf zellulärer Ebene vermitteln kann.

Man kann das Vitamin C relativ praktikabel und aussagekräftiger auch in Erythrozyten (rote Blutkörperchen) messen, weil es eine hohe Affinität hat, sich dort einzulagern und bei einem stabilen Stoffwechselzustand und guter Versorgung relativ konstant zu bleiben (es baut sich nicht so schnell ab wie im Plasma). Es gibt einige Studien, die darauf hinweisen, dass die Konzentration von Vitamin C in roten Blutkörperchen eine bessere Schätzung des Langzeitstatus verglichen zur Plasmamessung liefern kann. In Leukozyten (weiße Blutkörperchen), die ebenfalls eine hohe Affinität für Vitamin C haben und eine Schlüsselrolle in der Immunantwort spielen, kann der Zellstatus des Vitamins noch präziser bestimmt werden, die Analysen jedoch kostspieliger, weil die Probenaufbereitung in den Erythrozyten einfacher zu isolieren sind und einfacher zu verarbeiten sind als in Leukozyten.

### Studienbewertungen - viele Studien sind unzureichend konzipiert

Speziell im Ernährungs- und Supplementationsbereich sind viele Studien für die Aussagen zur Krankheitsprävention oder zur Leistungssteigerung kritisch zu sehen bzw. nicht verwertbar, da sie unzureichend konzipiert sind.

In einigen Studien erfolgt die Datenerfassung zur Ernährung durch Fragebögen und Ernährungsprotokolle, wobei oft zahlreiche Fehlerquellen sowohl bei der korrekten Datenerhebung als auch große Defizite bei der Auswertung bestehen. Eine präzisere Ernährungsanalyse könnte jedoch erzielt werden, wenn alle teilnehmenden Personen in einer zentralen Kantine eine Auswahl von dort zubereiteten Lebensmitteln in standardisierten Mahlzeiten mit festgelegten Portionen erhalten, ohne Zusätzliches zu konsumieren. Auf diese Weise ließe sich die Ernährung genauer analysieren und die Effekte besser korrelieren. Für die Fragestellung zum Vitamin C-Status und insgesamt der Ernährungseffekte hinsichtlich der Nährstoffversorgung könnte eine derartige Studie beispielsweise in einem Internat oder einer Bundeswehrkaserne über einen Zeitraum von lediglich 3 bis 6 Monaten durchgeführt werden und besser verwertbare Daten liefern.

Wie bereits im Lehrbrief zur „Natürlichen Matrix“ und der „Thematik zu Studiendesigns“ kurz beschrieben, ist es in diesem Feld notwendig, die Studien von Fachexperten und renommierten Institutionen konzipieren und bewerten zu lassen.

Ein Beispiel kann Ihnen das verdeutlichen: **Im World-Cancer-Research-Fund WCRF-Report wurden von 497350 Forschungsarbeiten zu diesem Themenfeld lediglich 22100 als für die Prävention verwertbar beurteilt und letztendlich nur 7000 der besten ausgewählt damit man verlässliche Leitfäden für Empfehlungen geben kann. Es wird auch dort und in den Updates der folgenden Jahre (23; 24;25) immer darauf hingewiesen, dass man die natürliche Ernährung mit überwiegend pflanzlichen Lebensmitteln in den Focus stellen sollte, und dass man viele Faktoren komplex betrachten muss („ganzheitlich“ – „holistic focus“) anstatt auf spezifische Einzelfaktoren zu schauen.**

Neben der gesunden Ernährung sind **immer auch weitere Faktoren sehr wichtig**, wie

- **die gute physische Aktivität** und **adäquate Kalorienzufuhr**
- sowie die **adäquate Zusammensetzung von Makronährstoffen** (mit **Vermeidung von höherem Übergewicht des Körpers**),
- und ebenso die **Reduktion bzw. Vermeidung von Schadstoffen**,
- **die Aufrechterhaltung von guten Stoffwechselfunktionen**,
- **die gesunde Darm-Mikroflora**,
- als auch insgesamt die **Reduktion bzw. Vermeidung von oxidativem Stress**

*Zu allen diesen Themen folgen noch mehrere Lehrbriefe.*

**Sie sehen, wie viele Faktoren wichtig sind und interagieren – allein dieser Sachverhalt zeigt bereits, dass wir nicht auf einzelne Vitamine setzen können.**

## **Cofaktoren, die ein Ergebnis wesentlich beeinflussen können**

### **Weshalb zeigen sich in manchen Fällen, wie bei Hochleistungssportlern, positive Effekte durch eine Vitamin C Supplementation, jedoch bei vielen Studienteilnehmern keine Vorteile?**

Hintergrund: Bei der Cochrane Auswertung (Hemilä 1;2) wurden anhand der Metaanalyse aus 29 Placebo kontrollierten Studien zu Vitamin C Supplementationen im Kontext von Infektionen die Ergebnisse von 11306 Teilnehmern analysiert, wovon 598 Teilnehmer Hochleistungssportler waren (Marathonläufer, Skisportler, etc.). Für die Hochleistungssportler, bei denen es mehr positive Effekte als in anderen Gruppen gab und die Effekte am deutlichsten zu berechnen waren, wird lediglich zusammengefasst, dass die Dauer und Häufigkeit der Erkältungskrankheiten bis zu 30% reduziert wurden. Dabei wird das relative Risiko (RR) den Atemwegsinfekt zu entwickeln statistisch folgend berechnet:

Der positive Effekt mit zeigt ein RR von 0,48 (95% CI 0,35 bis 0,64). Dies bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit, eine Erkältung zu entwickeln, in dieser Gruppe um etwa 52% reduziert war. Dies ist ein signifikanter Unterschied und unterstützt die Annahme, dass Vitamin C bei Hochleistungssportlern wirksam sein kann.

#### **Man sollte sich jedoch folgende Fragen stellen:**

- Warum zeigt sich dieser moderat positive Effekt bei dieser „hoch belasteten Gruppe“, liegt es wirklich an der Vitamin C-Supplementation?
- Oder umgekehrt gefragt, warum sieht man bei mindestens der Hälfte der Teilnehmer in dieser Gruppe keine positiven Effekte durch die Einnahme von Vitamin C als Nahrungsergänzung?
- Warum sieht man in der „Allgemeinen Bevölkerung“ keinen oder höchsten seltenen und geringen Vorteil durch die Supplementation?

Da die Studiendesigns viele Fragen offen lassen, z.B. die individuellen Unterschiede bzw. Bedingungen (Ernährungsverhalten, Trainingsstruktur, etc.) nicht adäquat untersuchten, wird zwangsläufig in der Schlussfolgerung weiterer Forschungsbedarf betont.

Man kann nur feststellen, dass es bei hoher Belastung, wie Hochleistungssport, deutlich häufiger Supplementationseffekte hinsichtlich der Reduktion von Atemwegsinfekten gab, doch die Ursachen Wirkungsbeziehungen nicht ausreichend geklärt wurden. Auch wenn die Wahrscheinlichkeit, eine Erkältung zu entwickeln mit der Reduktion um 52% berechnet wurde, beweist dies bei unzureichenden Studienkonzeptionen nicht zwingend den Effekt ausschließlich durch Vitamin C bedingt. Welchen Anteil Vitamin C dabei hat, lässt sich so nicht konkret beurteilen. Und man muss sich auch fragen, weshalb bei etwa 50% bis teils 70% dieser Teilnehmer (auch in der Kohorte mit höher belasteten Personen) keine solch positiven Effekte auftraten.

Da viele Menschen heutzutage keine ausgewogene Ernährungszusammensetzung aufweisen, kommt es bei erhöhten Belastungen schneller zu einer Überforderung des Immunsystems. Hohe Belastungen sind besonders bei Leistungssportlern häufig zu beobachten, weshalb in solchen Fällen eine Supplementation, wie beispielsweise mit Vitamin C, eine unterstützende Maßnahme darstellen kann. Doch auch dort gibt es aus präventionsmedizinischer und ernährungswissenschaftlicher Sicht wirksamere und nachhaltigere Lösungsansätze über die Ernährung und adäquate Trainingskonzepte.

Der individuelle Stress- und Belastungslevel spielt stets eine entscheidende Rolle und beeinflusst den erhöhten Bedarf an bestimmten Mikronährstoffen, wie beispielsweise Antioxidantien. Die Lösung zur optimalen Kompensation liegt dabei nicht nur in der Vermeidung von Überbelastungen – was durch eine ganzheitliche Betrachtung des Lebensstils, einschließlich der Ernährung, erreicht werden kann –, sondern auch in der gezielten Deckung des erhöhten Nährstoffbedarfs über die Lebensmittel mit dem Verbund von tausenden Antioxidantien. Damit ist es mehr als plausibel, dass man in den Studien zu diesem Themenbereich nicht nur Vitamin C oder einige weitere Vitamine messen sollte, sondern die Komplexität der Nahrung und weitere Faktoren erfassen muss.

Gründe für unterschiedliche Studienergebnisse können immer auch in den individuellen Unterschieden der Genetik und anderer biologischer Faktoren liegen. Dies fällt umso mehr ins Gewicht, wenn die Teilnehmerzahlen einer Studie gering sind (dann können Varianzen bei wenigen, das Gesamtergebnis stärker ändern – man sieht verzerrte Resultate). Es gibt immer Menschen, die von bestimmten Ernährungsfaktoren mehr oder weniger profitieren, sowie Menschen, die ungünstige Faktoren besser tolerieren (z.B. bessere Entgiftungsprozesse, besser antioxidative Funktionen, etc. haben).

## Diskussion der Ergebnisse und mögliche Interpretation - Weitere Details und Anmerkungen zu den Studien von Vitamin C und Infekten (keine harten Beweise und offene Fragen):

15

Bei den Placebo kontrollierten Vitamin-C- Studien wurde die Ernährung meist nicht und teils lediglich nur oberflächlich (absolut unzureichend) analysiert, die Teilnehmerzahlen waren oft klein (mit weniger als 100), und nur selten mit über 1000 (größte Kohorte 2800); und auch die Dosen des supplementierten Vitamin C waren unterschiedlich (in den meisten Studien zwischen 200 mg bis 1.000 mg pro Tag – manche bis 2000mg/Tag).

Es gibt Studien, die auch bei Hochdosis keine Reduktion der Erkältungsdauer zeigten. Dies ist häufig, bei einem milderem Verlauf (milder Symptomatik) zu sehen, und höchstwahrscheinlich durch eine bereits gute Versorgung mit dem Vitalstoffverbund über die Nahrung bedingt. Da nur etwa 14% der ausgewerteten Studien\* die Ernährung ausführlicher analysierten kann dies nur vermutet werden. \* (auch dort hätten noch viele Ernährungsfaktoren besser analysiert werden sollen).

**Anmerkung: Die Aussage „Personen mit normalem Vitamin-C-Status“ ist nicht exakt definiert, und insbesondere nicht ausreichend untersucht, wie bereits dargestellt. Diejenigen, die keine sichtbaren Vitamin-C-Mangelkrankungen aufwiesen, wurden mit einem normalen Status eingestuft.**

### Vitamin C Mangel - Symptome

**Der anzunehmende „normale“ Vitamin C Blutplasmaspiegel** wurde bei nur 7 von den 29 analysierten Studien untersucht; die ausführliche Ernährungsauswertung war sogar nur bei 4 von diesen Studien durchgeführt worden (plus eine Studie noch passabel). Somit wurde in nur 24% der Vitamin C Blutplasmaspiegel gemessen und in sogar nur in 14% die Ernährung ausführlicher analysiert. Selbst in diesen Fällen hätten die Analysen der Ernährung sowie der Vitamin C Aufnahme sowie weiterer Faktoren noch besser sein sollen. Also insgesamt wurde der „normale Status“ hauptsächlich daran eingeschätzt, indem man keine deutlichen bzw. typischen **Vitamin-C-Mangelkrankungen** sah (in der stärkeren Form zeigt sich dies als Skorbut) \*.

Ich listen Ihnen unten auf, was alles Zeichen für eine Vitamin-C-Mangelversorgung sein können, noch bevor ein typischer Skorbut als manifesten Mangelkrankung auftritt. Es sind viele unspezifische Symptome, denen viele andere Ursachen zugrunde liegen können. Dies wurde und wird in den üblichen Vitamin C Supplementationsstudien nicht ausreichend erfasst, genauso unzureichend wie die Ernährungsdatenerfassung.

**\*Skorbut** mit seinen klassischen Symptomen ist heutzutage in den industrialisierten Ländern eher nicht zu sehen, da dafür ein extremer Vitamin C Mangel über viele Wochen bis Monate verantwortlich ist. Die Skorbut-Erkrankung äußert sich in massives Zahnfleischbluten und Zahnverlust und auch Hautausschläge mit verzögerter Wundheilung, Hämatome werden sichtbar, sowie Knochenschmerzen und Leistungsverlust (Muskelschwäche) und Müdigkeit (aufgrund der Anämie) werden deutlich spürbar. Die Schäden an Geweben wie in den Blutgefäßen (durch die gestörte Kollagenbildung) sowie die Schwächung des Immunsystems sind weitere Symptome.

Bereits lange bevor es zur klassischen Skorbut-Erkrankung kommt, kann es abhängig von der Stärke des Mangels bereits nach wenigen Wochen zu ersten Anzeichen einiger der oben genannten Symptome kommen. Wie z.B.:

- **Leistungsschwäche und Müdigkeit** (verstärkt, wenn ein gleichzeitiger Eisenmangel und die Eisenmangelanämie auftritt - Vitamin C ist bei der Eisenresorption beteiligt (*zum Eisen folgt ein Kapitel in Kürze*)).
- Auch sieht man eine **leichtere Reizbarkeit** und **geringere Stressresistenz**.
- Die **Hautprobleme (trockene Haut)** und auch **Haarausfall** können sich auch bereits früh zeigen (durch die schlechtere Kollagenbildung);
- Und **Zahnfleischbluten** sowie eine **Zahnfleischentzündung** können ebenso bereits Frühzeichen sein, wenn weitere nachteilige Faktoren vorliegen (Rauchen, schlechte Mundhygiene, andere Mikronährstoffmängel, etc.).

Da die Symptome unspezifisch sind, also bei vielen anderen Mängeln und Erkrankungen auch auftreten können, braucht es eine gezieltere Analyse der Ernährung und im Bedarfsfall am besten auch die entsprechende Blut-

Laborparameter (Vitamin C Status in den Geweben und Zellen wie Erythrozyten oder Leukozyten), um feststellen zu können, ob der Vitamin-C-Status normal oder zu niedrig ist.

Allgemein kann man postulieren, dass in Europa ein Vitamin C Mangel selten ist, da das Nahrungsangebot diesbezüglich reichhaltig und leicht zu erwerben ist (auch sind viele Fertigprodukte mit Vitamin C angereichert).

Ein Mangel an Vitamin C könnte eher bei einer stark einseitigen und unausgewogenen Ernährung sowie ungünstigen Lagerungs- und Verarbeitungsbedingungen von Lebensmitteln auftreten. Daher ist es wahrscheinlich, dass bei den Studienteilnehmern, bei denen die Supplementierung im Vergleich zu Placebo einen moderaten zusätzlichen Effekt zeigte, ein nur moderater Mangel an anderen Vitalstoffen, wie beispielsweise Sekundären Pflanzenstoffen aus Obst und Gemüse, vorlag.

In den Fällen, in denen keine positiven Effekte durch die Supplementierung beobachtet wurden, könnte der Mangel an anderen Vitalstoffen, insbesondere an Sekundären Pflanzenstoffen, bereits so ausgeprägt gewesen sein, dass eine alleinige Vitamin-C-Supplementierung nicht mehr ausreichend hilfreich sein konnte. Andererseits könnte die Versorgung mit diesen Sekundären Pflanzenstoffen bereits so optimal gewesen sein, dass die Unterstützung der Immunabwehr bereits auf einem maximalen Niveau war, wodurch zusätzliches Vitamin C aus Nahrungsergänzungen keine weiteren Vorteile brachte. Beide Szenarien sind plausibel und erfordern komplexere und detailliertere Ernährungsanalysen. **Die erste Hypothese, die von einer unzureichenden Zufuhr weiterer Vital- und Bioaktivstoffe ausgeht, erscheint jedoch wahrscheinlicher, da umfassende Ernährungsstudien in Deutschland entsprechende Belege liefern.**

Die Nationalen Verzehrsstudien (NVS I und II) und die GEDA Studie in Deutschland zeigen, dass beim **Verzehr der empfohlenen Menge Obst und Gemüse (mindestens 5 Portionen entsprechend etwa 400g/Tag)** die **größten Defizite** in der Bevölkerung vorliegen.

Die Nationalen Verzehrsstudien (NVS) in Deutschland zeigen, dass ein erheblicher Teil der Bevölkerung nicht die empfohlene Menge von mindestens 400 Gramm\* Obst und Gemüse pro Tag konsumiert.

\*Bei unzureichender Qualität (unreif geerntet, lange Transportwege, inadäquat Lagerungsbedingungen, etc.) kann man eher mehr Portionen empfehlen als die "5 am Tag", weil der Gehalt an Sekundären Pflanzenstoffen von der guten Qualität abhängt (zu *dieser Thematik und den Sekundären Pflanzenstoffen folgen Lehrbriefe*). Da die Qualität in den Märkten oft suboptimal ist, hatten das National Institutes of Health (NIH) und das National Cancer Institute (NCI) in der Vergangenheit sogar Empfehlungen abgegeben, die bis zu 9 Portionen Obst und Gemüse pro Tag umfassten.

#### **Ergebnisse der Nationalen Verzehrsstudien (NVS) in Deutschland**

1. Mindestens 50% der Bevölkerung konsumieren nicht die empfohlene Menge von Obst und Gemüse. In manchen Gruppen (z.B. Kinder) erreichen nur 20-30% die empfohlene Tagesmenge.
2. Konsum der Hälfte der empfohlenen Menge: Rund 30% der Bevölkerung erreichen nur etwa die Hälfte der empfohlenen Menge, was etwa 200 Gramm pro Tag entspricht.
3. Konsum von etwa 30% der empfohlenen Menge: Ein kleinerer Prozentsatz, schätzungsweise 10-15%, konsumiert nur etwa 30% der empfohlenen Menge oder weniger, was weniger als 120 Gramm pro Tag bedeutet.

**Die GEDA Studie 2009 des Robert Koch-Instituts** dokumentiert sogar bei einer gezielten Analyse bei Erwachsenen, dass ein noch kleinerer Teil der Bevölkerung die empfohlene Menge von 5 Portionen Obst und Gemüse pro Tag erreicht:

- Frauen: etwa 12-15% der Frauen konsumieren die empfohlenen 5 Portionen täglich.
- Männer: bei den Männern liegt der Anteil, der die 5 Portionen erreicht, bei etwa 5,9%.

Bei höherem Bildungsstand ist es leicht besser: 19% der Frauen und 8% der Männer konsumierte dann die 5 Portionen am Tag.

## Notwendigkeit der integrativen Studienbewertung

Die Daten der Studien zu den Vitamin C Supplementationen müssen auch im Kontext der allgemeinen Ernährungsstudien, wie den NVS I +II und GEDA, interpretiert werden. Somit liegt die Begründung der Effekte durch die zusätzliche Vitamin C Supplementierung bei einigen Menschen (speziellen Gruppen) am wahrscheinlichsten darin, dass die Nahrungsergänzungspräparate nur einen Effekt haben (begrenzten Effekt), wenn die alltägliche Ernährung unausgewogen bzw. suboptimal war, doch noch wenigstens so viele zusätzliche Vitalstoffe (Sekundäre Pflanzenstoffe) aus Obst und Gemüse im Speiseplan hatten, dass die zusätzliche Vitamin C Dosis wenigstens einen moderaten Effekt erzielen konnte. Bei denjenigen in der Teilnehmergruppe, die bereits zu wenig dieser anderen Vitalstoffe in der Nahrung hatten, oder anderen ungünstigen Faktoren unterlagen, konnten auch die zusätzlich Vitamin C Supplementation keine signifikanten Vorteile mehr erzielen. Dort sieht man die positiven Effekte im Hinblick auf die Immunabwehr nur bei einer guten Lebensmittelzusammenstellung mit den hunderten bis tausenden Bioaktivstoffen (Sekundären Pflanzenstoffen, etc.), die immer zusammen mit den Vitaminen vorkommen; darüber sieht man dann auch mehr präventive Vorteile.

Bilderquellen Lizenzen: Fotolia und KI Bild ChatOn bearbeitet; Free AI Playground; Wikimedia und eigene Bilder; eigene Graphiken

**Nutzungsbedingungen:** Die Inhalte dieses Artikels, Newsletters (Webbeitrages) oder Lehrbriefes dienen Bildungszwecken und stellen keine persönliche medizinische Beratung dar. Bei Fragen zu einer Erkrankung sollten Sie stets den Rat Ihres Arztes oder eines anderen qualifizierten Gesundheitsdienstleisters einholen. Es ist wichtig, dass Sie niemals den professionellen medizinischen Rat ignorieren oder zögern, diesen einzuholen, nur weil Sie etwas auf dieser Website oder den Informationsmaterialien gelesen haben. Die bereitgestellten Informationen dienen lediglich der allgemeinen Aufklärung und sollten nicht als Ersatz für eine persönliche Beratung durch qualifizierte medizinische Fachkräfte, die Sie vor Ort beurteilen können, betrachtet werden.

© CC BY-NC-SA 3.0 DE

## Studienquellen zu Vitamin C und Infekten

(1) Hemilä, H., & Chalker, E. (2013). Vitamin C for preventing and treating the common cold. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2013 (1), CD000980.

(2) Update Metaanalyse 2023: Hemilä, Hemilä H, Chalker E. Vitamin C reduces the severity of common colds: a meta-analysis. BMC Public Health. 2023 Dec 11;23(1):2468.

(3) S Sasazuki , S Sasaki, Effect of vitamin C on common cold: randomized controlled trial Eur J Clin Nutr . 2006 Jan;60(1):9-17.

(4) Anderson TW (1974) The effect on winter illness of large doses of vitamin C Can Med Assoc J. 1974 Jul 6;111(1):31–36)

(7) Himmelstein Sharon; Rogers Robert; et al. (1998) Vitamin C supplementation and upper respiratory tract infections in marathon runners Journal of Exercise Physiology online Vol 1 No2 (1998)

(8) Douglas RM, Hemilä H, et al. Vitamin C for preventing and treating the common cold. Cochrane Database Syst Rev. 2007 Jul 18;(3):CD000980

- (9) Nault D, Machingo TA, et al. Zinc for prevention and treatment of the common cold. *Cochrane Database Syst Rev*. 2024 May 9;5(5):CD014914.
- (10) Wang MX, Win SS, Pang Z. Zinc Supplementation Reduces Common Cold Duration among Healthy Adults: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials with Micronutrients Supplementation. *J. Am J Trop Med Hyg*. 2020 Jul;103(1):86-99.
- (11) Haitham Saeed, Mohamed EA Abdelrahim A Meta-Analysis of the Effectiveness of Vitamin C in the Prevention and Treatment of Childhood Upper Respiratory Tract Infections *Journal of Clinical and Nursing Research* 2023; 7(1):30-37
- (12) Shailja Chambial, Shailendra Dwivedi, et al. Vitamin C in Disease Prevention and Cure: An Overview *Indian J Clin Biochem*. 2013 Sep 1;28(4):314-328.
- (15) Carr AC, Maggini S. Vitamin C and Immune Function. *Nutrients*. 2017 Nov 3;9(11):1211.
- (16) Carr AC, Bozonet S., et al. Human skeletal muscle ascorbate is highly responsive to changes in vitamin C intake and plasma concentrations *Am J Clin Nutr*. 2013 Apr;97(4):800-7.
- (17) Carr AC, Bozonet SM, Pullar JM, et al. A randomized steady-state bioavailability study of synthetic versus natural (kiwifruit-derived) vitamin C. *Nutrients*. 2013 Sep 17;5(9):3684-95.
- (18) Anitra C Carr 1 , Margreet C M Vissers Synthetic or food-derived vitamin C-- are they equally bioavailable? *Nutrients* 2013 Oct 28;5(11):4284-304.
- (19) Danuta Zapolska-Downar , Aldona Siennicka, et al. Butyrate inhibits cytokine-induced VCAM-1 and ICAM-1 expression in cultured endothelial cells: the role of NF- $\kappa$ B and PPAR $\alpha$  *Journal of Nutritional Biochemistry*, 2004. Volume 15, Issue 4, April 2004, Pages 220-228
- (20) Calixto JB, Campos MM, et al. Anti-inflammatory compounds of plant origin. Part II. modulation of pro-inflammatory cytokines, chemokines and adhesion molecules. *Planta Med*. 2004 Feb;70(2):93-103.
- (21) Jingjing Zhang , Hui Wang Food matrix-flavonoid interactions and their effect on bioavailability *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2024;64(30):11124-11145.
- (22) Han-Yao Huang , Lawrence J Appel, et al. Effects of vitamin C and vitamin E on in vivo lipid peroxidation: results of a randomized controlled trial *Clinical Trial Am J Clin Nutr*. 2002 Sep;76(3):549-55.
- (23) Elizabeth A O'Connor E., Corinne V Evans C. et al. Vitamin and Mineral Supplements for the Primary Prevention of Cardiovascular Disease and Cancer: Updated Evidence Report and Systematic Review for the US Preventive Services Task Force *JAMA* . 2022 Jun 21;327(23):2334-2347.
- (24) WCRF-Report 2007 <https://www.wcrf.org/wp-content/uploads/2024/12/CUP-Second-Expert-Report.pdf>
- (25) WCRF-Report II Abstract <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18452640/>
- (26) Update WCRF-Report 2018 <https://www.wcrf.org/wp-content/uploads/2024/11/Summary-of-Third-Expert-Report-2018.pdf>

- (27) Carr, A. C., & Maggini, S. (2017). Vitamin C and immune function. *Nutrients*, 9(11), 1211.
- (28) Gombart AF, Pierre A, Maggini S. A Review of Micronutrients and the Immune System-Working in Harmony to Reduce the Risk of Infection. *Nutrients*. 2020 Jan 16;12(1):236.
- (29) Valeria Conti , Viviana Izzo, et al. Antioxidant Supplementation in the Treatment of Aging-Associated Diseases *Front Pharmacol* . 2016 Feb 12:7:24.
- (30) Antonela Siqueira Catania AS., Camila Risso de Barros CR, et al. [Vitamins and minerals with antioxidant properties and cardiometabolic risk: controversies and perspectives] *Arq Bras Endocrinol Metabol* 2009 Jul;53(5):550-9.
- (31) Clarke R., Armitage J., et al. Antioxidant vitamins and risk of cardiovascular disease. Review of large-scale randomised trials *Cardiovasc Drugs Ther* . 2002 Sep;16(5):411-5.
- (32) Julia Kaźmierczak-Barańska J., Karolina Boguszevska K. , et al. Two Faces of Vitamin C-Antioxidative and Pro-Oxidative Agent- DNA Damage Laboratory of Food Science Department, Faculty of Pharmacy, Medical University of Lodz *Nutrients*. 2020 May 21;12(5):1501.
- (33) Duarte TL, Lunec J. Review: When is an antioxidant not an antioxidant? A review of novel actions and reactions of vitamin C. *Free Radic Res*. 2005 Jul;39(7):671-86.
- (34) Maciej Rutkowski and Krzysztof Grezegorzcyk: ADVERSE EFFECTS OF ANTIOXIDATIVE VITAMINS *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 2012;25(2):105 – 121
- (35) Gerster H. High-dose vitamin C: a risk for persons with high iron stores? *Int J Vitam Nutr Res* . 1999 Mar;69(2):67-82.
- (36) Lachili B, Hininger I, et al. Increased lipid peroxidation in pregnant women after iron and vitamin C supplementation. *Biol Trace Elem Res*. 2001 Nov;83(2):103- 10.
- (37) Channa B. Rajashekar: Dual Role of Plant Phenolic Compounds as Antioxidants and Prooxidants *American Journal of Plant Sciences* > Vol.14 No.1, January 2023
- (38) Scheck A. *Fachbuch – Kompendium der Ernährungslehre (Ernährungswissenschaft)* ISBN-10 : 393000738X
- (39) Xin Yin, Kaiwen Chen et al.: Chemical Stability of Ascorbic Acid Integrated into Commercial Products: A Review on Bioactivity and Delivery Technology *Antioxidants (Basel)*. 2022 Jan 13;11(1):153.