

Die therapeutische Wirksamkeit des Vitamin-E-Komplexes

Tocotrienole, der unterschätzte
Teil des Vitamin E

Dr. rer. nat. Mercedes López

Dr. rer. nat. Mercedes López

Vitamin E ist kein einzelner Stoff, sondern umfasst eine Gruppe von mindestens acht natürlich vorkommenden Verbindungen, die in zwei Klassen eingeteilt werden: Tocopherole und Tocotrienole. Traditionell wird Vitamin E fast ausschließlich mit α -Tocopherol in Verbindung gebracht. Diese Fokussierung auf α -Tocopherol spiegelt sich auch in den offiziellen Ernährungsempfehlungen wider, die eine tägliche Aufnahme von 12 mg α -Tocopherol vorsehen.

Tocotrienole zeigen jedoch eine stärkere entzündungshemmende Wirkung und sind wirksamer bei der Neutralisierung freier Radikale.

Zunehmende wissenschaftliche Erkenntnisse belegen, dass Tocotrienole ein höheres therapeutisches Potenzial bei der Vorbeugung und Behandlung verschiedener Krankheiten besitzen.

Struktur von Vitamin E

Vitamin E ist ein fettlösliches Vitamin, das ausschließlich von allen photosynthetischen Organismen synthetisiert wird. Es besteht aus einer Familie von acht Verbindungen, die durch einen Chromanring mit einer Seitenkette gekennzeichnet sind und die als Tocopherole und Tocotrienole bezeichnet werden. Tocopherole besitzen eine gesättigte Phytol-Seitenkette, während die Seitenkette der Tocotrienole drei ungesättigte Reste aufweist und eine Isoprenoide-Kette bildet (Abb. 1, links).

Die vier Isomere dieser Verbindungen (Alpha- α , Beta- β , Gamma- γ und Delta- δ) unterscheiden sich durch die Anzahl und Anordnung der Methylsubstituenten, die am Chromanring angebracht sind (Abb. 1, rechts). Die α -Form enthält drei Methylgruppen, während die β - und γ -Formen zwei und die δ -Form nur eine Methylgruppe besitzen. Jede dieser Formen von Vitamin E hat eine unterschiedliche biologische Wirksamkeit.

Pharmakokinetik von Vitamin E

Tocotrienole kommen in bestimmten Getreidearten und Gemüsesorten vor, wie z.B. Palmöl, Reiskleieöl, Kokosnussöl, Gerstengrieß, Weizenkleie und Annatto (Ahsan et al. 2014). Alle Isomere von Vitamin E folgen dem allgemeinen Absorptionsweg von Nahrungsfetten. Sie werden im Dünndarm aufgenommen und in Chylomikronen eingebaut, die über die Lymphgefäße in den Blutkreislauf gelangen.

Obwohl der menschliche Körper alle Formen von Vitamin E aufnimmt, wird nur α -Tocopherol effizient im Körper gespeichert, weshalb sich die aktuellen Ernährungsempfehlungen ausschließlich auf α -Tocopherol konzentrieren. Das hepatische α -Tocopherol-Transferprotein und das Tocopherol-assoziierte Protein sind für die Anreicherung von α -Tocopherol in menschlichen Geweben verantwortlich. Darüber hinaus weist α -Tocopherol eine hohe Bioverfügbarkeit von ca. 50-80% auf, und seine Eliminationshalbwertszeit ist lang und liegt im Bereich von 73-81 Stunden (Flory et al. 2019).

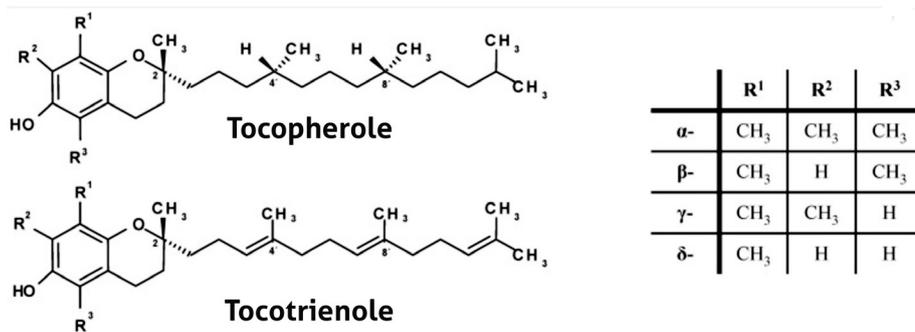
Tocotrienole weisen eine geringere Bioverfügbarkeit im Vergleich zu α -Tocopherol auf, mit berichteten Absorptionsraten von 27,7%, 9,1% und 8,5% für α -, γ - und δ -Tocotrienole. Darüber hinaus liegt ihre Plasma-Halbwertszeit im Bereich von 3,8 bis 4,4 Stunden (Yap et al. 2001).

Trotz ihrer geringen Affinität zum α -Tocopherol-Transferprotein deuten mehrere Studien darauf hin, dass Tocotrienole alternative Transportwege nutzen könnten, um Zielgewebe zu erreichen. Dies wird durch die Feststellung signifikant erhöhter Tocotrienol-Konzentrationen in Lipoprotein hoher Dichte (HDL) und Fettgewebe nach oraler Einnahme unterstützt (Fu et al. 2014).

Um die Bioverfügbarkeit zu verbessern, konzentriert sich die aktuelle Forschung auf fortschrittliche Verabreichungssysteme wie Nanopartikel und Emulsionen (Flory et al. 2019). Ein vielversprechender Ansatz ist das selbstemulgierende Arzneistoffträgersystem (Self-Emulsifying Drug Delivery System, SEDS), das eine 2- bis 3-fach höhere Bioverfügbarkeit von Tocotrienolen im Vergleich zu herkömmlichen Formulierungen gezeigt hat (Yap und Yuen 2004).

Eine weitere Verbesserung kann durch die Entwicklung stabiler Nanoemulsionen erzielt werden. Durch die Verkleinerung der Partikelgröße auf den Nanometerbereich verbessern diese Systeme die Dispersionsstabilität und vergrößern die Oberfläche für die Absorption, wodurch die Aufnahme über den Darm und andere Schleimhautbarrieren erleichtert wird.

Auf Nanopartikeln basierende Verabreichungssysteme haben zudem veränderte Gewebeverteilungsmuster mit erhöhter Selektivität gezeigt. So lieferten nanopartikelbasierte Formulierungen signifikant höhere Konzentrationen von α -Tocotrienol in bestimmten Geweben – z.B. mit einem 5-fachen Anstieg im Gehirn und einem 12-fachen Anstieg in der Leber im Vergleich zu herkömmlichen Tocotrienol-Formulierungen. Darüber hinaus wird die orale Verabreichung von Tocotrienolen über Nanovesikel oder Nanopartikel gut vertragen, ohne Anzeichen von Toxizität (Fu et al., 2023).



1 Strukturelle Unterschiede der Isomere von Tocopherolen und Tocotrienolen (Rimbach et al. 2010).

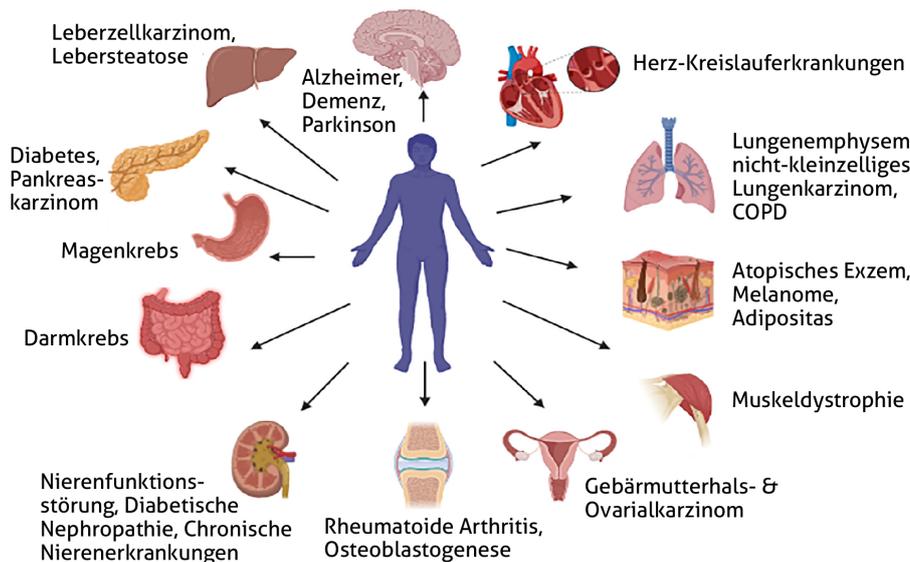
Gleichgewicht zu halten und einem Abbau entgegenzuwirken (siehe Abb. 3).

Sowohl Tocopherole als auch Tocotrienole fangen Peroxylradikale ab. Allerdings ist α -Tocotrienol 1,5-mal wirksamer als α -Tocopherol beim Abfangen von Peroxylradikalen in Liposomen und 40-mal wirksamer beim Schutz von Rattenleber-Mikrosomen vor Fe²⁺-NADPH-induzierter Lipidperoxidation.

Die gesteigerte antioxidative Aktivität von α -Tocotrienol wird auf strukturelle Unterschiede in deren Seitenketten zurückgeführt. (Packer et al. 2001).

Da Vitamin E während der Oxidation selbst zum Radikal wird und für seine Regeneration Vitamin C benötigt, sollte ein Vitamin-E-Komplex stets zusammen mit Vitamin C eingenommen werden.

Die antioxidative Wirkung von Tocotrienolen wird zudem durch die Induktion antioxidativer Enzyme vermittelt, wie z.B. Superoxiddismutase (SOD), NADPH-Quinon-Oxidoreduktase und Glutathionperoxidase, die freie Radikale wie Superoxid-Radikale, Wasserstoffperoxid u.a. unschädlich machen (Ahsan et al. 2014).



2 Menschliche Erkrankungen, bei denen eine Tocotrienol-Behandlung positive Wirkungen gezeigt hat (Ranasinghe et al. 2022).

Kardiovaskulärer Schutz

Im Hinblick auf den kardiovaskulären Schutz bietet Vitamin E – insbesondere Tocotrienole – Vorteile durch die Senkung des Cholesterinspiegels.

Niedrige Konzentrationen von Tocotrienolen, vor allem γ -Tocotrienolen, hemmen die Aktivität der HMG-CoA-Reduktase, einem Schlüsselenzym der Cholesterinsynthese. Darüber hinaus sind γ - und δ -Tocotrienole an der Degradation fehlgefalteter und funktionsgestörter Proteine beteiligt und tragen so über den Ubiquitin-Proteasom-Weg zur Verbesserung der Proteinqualitätskontrolle bei (Packer et al. 2001; Tan et al. 1991).

Tocotrienole zeigen auch kardioprotektive Wirkungen, darunter die Erhöhung des HDL-Cholesterins im Serum sowie die Hemmung der Oxidation von LDL-Cholesterin, der Thrombozytenaggregation,

Therapeutisches Potenzial von Tocotrienolen

Jahrzehntelange Forschung hat inzwischen das breite therapeutische Potenzial von Tocotrienolen anerkannt, das in Abb. 2 zusammengefasst ist.

Tocotrienole besitzen ein bemerkenswertes therapeutisches Potenzial, das vor allem auf ihre antioxidativen, entzündungshemmenden, krebshemmenden, nieren- sowie leberschützenden, neuroprotektiven, kardioprotektiven und hautschützenden Eigenschaften zurückzuführen ist. Darüber hinaus spielen sie eine Rolle bei der Förderung der Langlebigkeit und der Knochengesundheit.

Antioxidative Aktivität

Vitamin E ist ein starkes Antioxidans, das die Lipidperoxidation beeinflusst und Zellmembranen stabilisiert, indem es über seine hydrophobe Seitenkette mit Membranlipiden interagiert. Lipide sind besonders anfällig für Schäden durch Peroxidation, ausgelöst durch freie Radikale. Vitamin E ist in der Lage, Peroxylradikale abzufangen und so die Kettenreaktion der Lipidperoxidation zu unterbrechen. Wenn ein Vitamin-E-Molekül ein freies Radikal abfängt, wird es selbst zu einem Vitamin-E-Radikal oxidiert (Verlust eines Elektrons) und muss regeneriert werden. Andere Antioxidantien wie Vitamin C können dieses Radikal wieder zu reduziertem Vitamin E zurückführen. Dies hilft, den Gehalt an Vitamin-E-Radikalen im

der Monozytenadhäsion und der Proliferation glatter Muskelzellen (Tan et al. 1991).

Antitumor-Wirkung

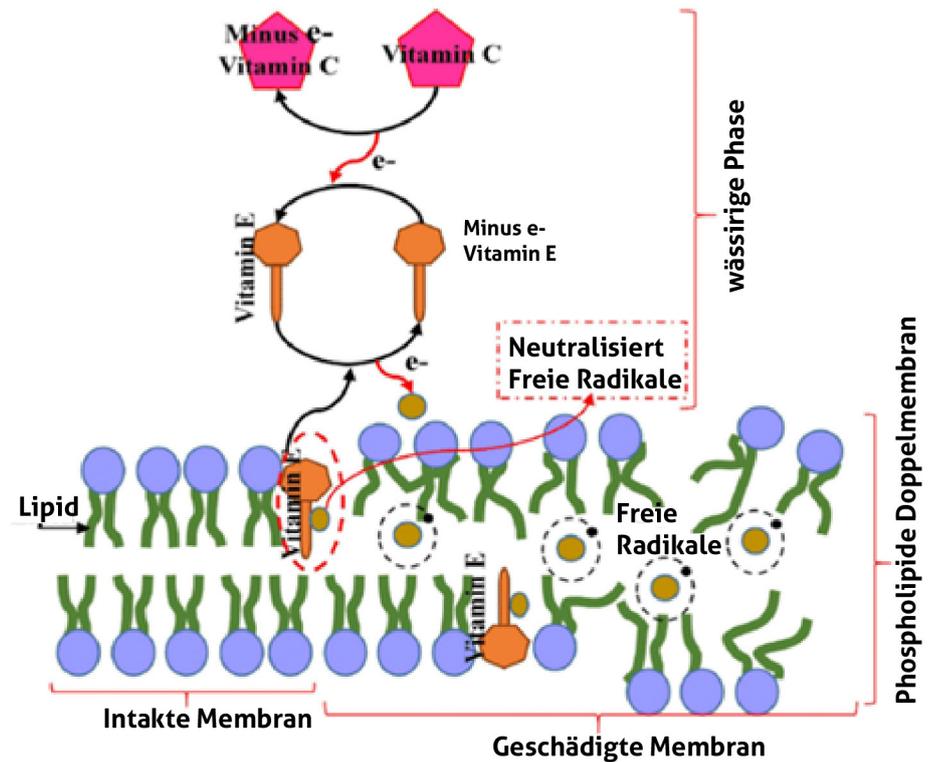
Tocotrienole – insbesondere die δ - und γ -Isoformen – haben in verschiedenen Krebsarten wie Melanom, Prostata-, Kolon- und Brustkrebs signifikante antitumorale Effekte gezeigt. Im Gegensatz zu Tocopherolen sind Tocotrienole in der Lage, das Tumorwachstum zu hemmen und Apoptose zu fördern.

Besonders bemerkenswert ist, dass δ -Tocotrienol selektiv Krebszellen angreift, während normale Zellen verschont bleiben.

Neue Studien weisen zudem darauf hin, dass Tocotrienole das Immunsystem im Kampf gegen Krebs stärken, indem sie die Aktivität zytotoxischer T-Zellen fördern und die Infiltration immunsuppressiver Zellen reduzieren (Chiamonte et al. 2025).

Nanoformulierungen erhöhen ebenfalls die therapeutische Wirksamkeit von Tocotrienolen. Tocotrienole, die über feste Lipidnanopartikel verabreicht wurden, zeigten eine doppelt so starke antiproliferative Wirkung auf neoplastische Brustzellen, während Nanovesikel verglichen mit herkömmlichen Formulierungen eine 12-fach stärkere Tumorchemmung in Brustkrebsmodellen erzielten. Darüber hinaus ermöglichen diese Nanoträgersysteme die gemeinsame Verkapselung mit Chemotherapeutika wie Gemcitabin. Die orale Aufnahme von α -, γ - und δ -Tocotrienolen wurde bei Verabreichung über Nanocarrier um etwa das 3-, 6- bzw. 10-Fache erhöht (Fu et al. 2023).

In einer doppelblinden, Placebo-kontrollierten Pilotstudie wurde die Wirksamkeit einer adjuvanten Tocotrienol-Therapie in Kombination mit Tamoxifen bei 240 Frauen mit Brustkrebs im Frühstadium untersucht. Die Teilnehmerinnen der Interventionsgruppe erhielten über einen Zeitraum von fünf Jahren ein tocotrienolreiches Konzentrat (200 mg/Tag) zusammen mit Tamoxifen (20 mg/Tag) (Abb. 4, Supplement A), während die Kontrollgruppe ein Placebo in Kombina-



3 Antioxidative Wirkung von Vitamin E und seine Regeneration durch Vitamin C (Deshmukh und Kim 2019).

tion mit Tamoxifen (20 mg/Tag) erhielt (Abb. 4, Supplement B).

Obwohl in der Interventionsgruppe eine 70%ige Reduktion der Mortalität beobachtet wurde, war das Ergebnis statistisch nicht signifikant. Darüber hinaus war das Risiko eines Krankheitsrückfalls in der Gruppe, die sowohl Tocotrienole als auch Tamoxifen erhielt, um 20% niedriger als in der Kontrollgruppe. Zu den während der Studie bewerteten Parametern gehörten auch die Spiegel von Interferon-Gamma ($IFN-\gamma$) – ein Marker für die Aktivierung des Immunsystems. Diese waren in der Interventionsgruppe signifikant erhöht, was auf eine verstärkte Immunantwort im Vergleich zur Placebogruppe hinweist (Nesaretnam et al. 2012).

Obwohl die Ergebnisse einiger klinischer Studien noch nicht eindeutig sind, zeigen Tocotrienole weiterhin vielversprechende Ergebnisse als nicht-toxische Ergänzung zu herkömmlichen Krebstherapien.

Ihr Potenzial, die Wirksamkeit von Medikamenten wie Tamoxifen zu steigern und die damit verbundenen Nebenwirkungen zu verringern, macht sie zu

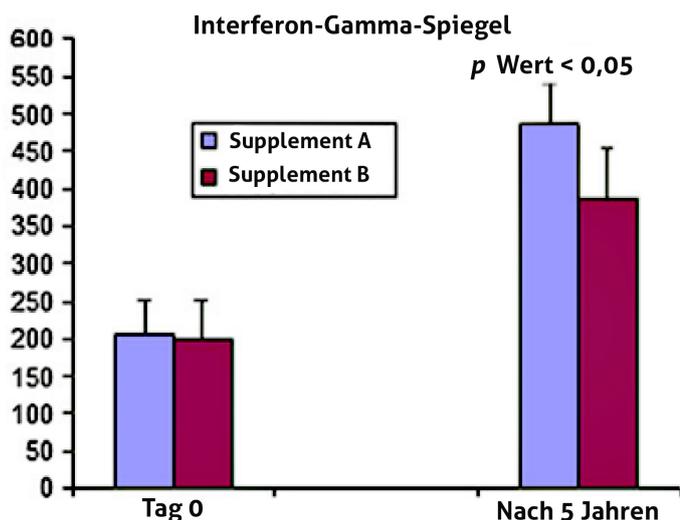
vielversprechenden Kandidaten für die adjuvante Krebstherapie.

Für einen umfassenden Überblick über das therapeutische Potenzial von Tocotrienolen in der Onkologie wird empfohlen, die Übersichtsarbeit mit dem Titel „Revisiting the therapeutic potential of tocotrienol“ zu konsultieren (Ranasinghe et al. 2022).

Neuroprotektive Effekte

Tocotrienole spielen eine entscheidende Rolle beim Schutz der Nervenzellen, indem sie die Integrität der neuronalen Membranen bewahren und der Lipidperoxidation entgegenwirken. Tocotrienole wurden außerdem als überlegen gegenüber α -Tocopherol anerkannt, wenn es um die Fähigkeit geht, die Blut-Hirnschranke zu durchdringen.

Tocotrienole erreichen das Gehirngewebe und die Gehirn-Rückenmark-Flüssigkeit (Liquor) und schützen vor oxidativem Stress, der neuronale Schäden und defekte Synapsen verursacht. Sie neutralisieren effektiv neurotoxische



- 4 Vergleich der Interferon-Gamma-Spiegel zwischen Brustkrebspatientinnen, die Tocotrienole und Tamoxifen erhielten, und Patientinnen, die ein Placebo in Kombination mit Tamoxifen nach 5 Jahren Behandlung erhielten (Nesaretnam et al. 2012).

Supplement A = Tocotrienole + Tamoxifen,
Supplement B = Placebo + Tamoxifen

Metaboliten und tragen so zur Prävention von Neurodegeneration und kognitiven Beeinträchtigungen bei.

In einem Parkinson-Modell an Ratten wurde ebenfalls die Wirksamkeit von Tocotrienolen untersucht. Die Ratten zeigten typische Parkinson-Symptome, einschließlich Depigmentierung und Verlust dopaminerger Neuronen. Die Behandlung mit α -Tocotrienolen verbesserte die motorische Funktion und reversierte die Neurodegeneration, was das Potenzial von Tocotrienolen als therapeutisches Mittel gegen Parkinson zeigt (Kumari et al. 2021).

Renoprotektive Wirkung

Die renoprotektiven Effekte von Tocotrienolen wurden sowohl in in-vitro- als auch in in-vivo-Studien nachgewiesen. Besonders bemerkenswert ist, dass γ -Tocotrienole renal-proximale Tubuluszellen (RPTCs) vor oxidativem Stress und Schäden schützen, die durch die Exposition gegenüber tert-Butylhydroperoxid, einem starken Oxidationsmittel, verursacht werden.

γ -Tocotrienole inhibierten effektiv die Produktion von reaktiven Sauerstoffspezies (ROS), bewahrten die mitochondriale Atmung, hielten die ATP-Spiegel aufrecht und verhinderten Zellyse.

Im Gegensatz dazu boten α -Tocopherole keinen vergleichbaren Schutz. Diese Ergebnisse legen nahe, dass γ -Tocotrienole therapeutisches Potenzial zur Prävention von Nierenschäden im Zusammenhang mit oxidativem Stress besitzen (Ahsan et al. 2014).

Produktinformation:

Vitamin E-Komplex fluid



mse Pharmazeutika GmbH erweitert ihr Sortiment um das Mitocetual Vitamin E-Komplex fluid mit wertvollen Tocotrienolen und Tocopherolen.

Vitamin E besteht aus einer Gruppe von fettlöslichen Antioxidantien, die vor allem in zwei Hauptformen vorkommen: vier Tocopherole und vier Tocotrienole. Während alpha-Tocopherol bereits seit langem für seine antioxidativen Eigenschaften bekannt ist und weit verbreitet eingesetzt wird, belegen immer mehr wissenschaftliche Erkenntnisse, dass Tocotrienole ein bemerkenswertes therapeutisches Potenzial besitzen, das vor allem auf ihre antioxidativen, entzündungs- und krebshemmenden Effekte sowie schützende Eigenschaften für Niere, Leber, Haut, Nervensystem und Herz-Kreislauf-System zurückzuführen ist. Tocotrienole schützen Zellmembranen dank ihrer überlegenen antioxidativen Wirkung besser vor oxidativem Stress als α -Tocopherol.

Tocotrienole zeigen eine geringere Bioverfügbarkeit, die durch eine Nanoformulierung im Vitamin E-Komplex fluid erhöht wird. Das Potenzial von Vitamin E kann so besser ausgeschöpft werden.

Vitamin E-Komplex fluid ist einfach zu dosieren. Die empfohlene Tagesverzehrmenge liegt bei acht Hüben, die insgesamt 12 mg alpha-Tocopherol (das entspricht der Referenzmenge lt. LMIV) und 26,40 mg Tocotrienole enthalten. Vitamin E-Komplex fluid ist frei von Milcheiweiß, Milchsücker, Hefe, Gelatine, Aroma-, Farb- und Konservierungsstoffen sowie glutenfrei.

Weitere Informationen unter: www.mse-pharma.de

Die schützende Wirkung von Tocotrienolen wurde auch in einer doppelt verblindeten klinischen Studie bei Patienten mit diabetischer Nephropathie untersucht. Die Patienten wurden 12 Wochen lang entweder mit Tocotrienolen (200 mg zweimal täglich) oder Placebo supplementiert. Tocotrienole führten zu einem bemerkenswerten Rückgang des Serumkreatinins und einer Erhöhung der glomerulären Filtrationsrate, die Biomarker für Nierenfunktion sind (Tan et al., 2019).

Eine weitere Studie wurde mit Vitamin E bei chronischen Hämodialyse-Patienten durchgeführt, die eine Kombination aus Tocotrienolen (180 mg/Tag) und Tocopherolen (40 mg/Tag) über 16 Wochen erhielten. Die Interventionsgruppe zeigte höhere Apolipoprotein A1-Spiegel, dem Hauptlipidbestandteil in HDL, sowie eine höhere Aktivität des Cholesterinester-Transferproteins, das an HDL gebunden ist (Daud et al. 2013).

Förderung der Knochengesundheit

Eine randomisierte, doppelt verblindete, placebo-kontrollierte Studie mit 89 postmenopausalen osteopenen Frauen bewertete die Auswirkungen einer Tocotrienol-Supplementierung (300 mg/Tag und 600 mg/Tag für 12 Wochen) auf die Knochengesundheit.

Die Studie zeigte, dass die Tocotrienol-Supplementierung die Biomarker der Knochenresorption signifikant verringerte und die Knochenerneuerungsrate verbesserte (Shen et al. 2018b).

Darüber hinaus kehrten Tocotrienole den durch Nikotin induzierten Knochenverlust um und stimulierten die Knochenbildung. γ -Tocotrienole scheinen die wirksamste Vitamin-E-Isoform mit therapeutischem Potenzial zur Reparatur von Knochenschäden durch chronisches Rauchen zu sein.

γ -Tocotrienole (60 mg/kg/Tag) führten auch zu einer Reduktion der Körperfettmasse und einer Erhöhung des Knochenkalziumgehalts im vierten Lendenwirbel von Ratten. Im Gegensatz dazu wurde festgestellt, dass α -Tocopherol bei der Erzielung dieser Effekte nicht wirksam war. Diese Ergebnisse unterstreichen das Potenzial von γ -Tocotrienolen als prophylaktisches Mittel zur Förderung der Knochengesundheit (Ahsan et al. 2014).

Dosierung und sichere Anwendung

Die derzeit empfohlene tägliche Zufuhr (LMIV) für Vitamin E beträgt 12 mg/Tag α -Tocopherol.

Obwohl Tocotrienole als eine vielfach vorteilhafte Behandlungsoption für verschiedene menschliche Erkrankungen anerkannt sind, wurde eine effektive Dosis für ihre Anwendung noch nicht festgelegt und variiert je nach Art der Erkrankung.

So ergab eine Studie, dass ein tocotrienolreiches Konzentrat bei einer Dosis von 42 mg/Tag über 30 Tage effektiv LDL-Cholesterin und Triglyceridspiegel senkte (Tan et al. 1991). Die empfohle-

 **Dr. rer. nat. Mercedes López**

Nach einem Bachelor- und Masterabschluss in Biologie in Venezuela promovierte die Autorin in Biochemie an der Friedrich-Schiller-Universität in Jena. Sie konzentrierte sich auf die Hämostaseforschung und arbeitet aktuell in der mitochondrialen Medizin.



Sie ist Autorin mehrerer wissenschaftlicher Veröffentlichungen, hat einen Buchbeitrag und ein Patent. Derzeit ist sie Leiterin der Forschung und Entwicklung sowie der medizinisch-wissenschaftlichen Abteilung eines Unternehmens mit dem Fokus auf die mitochondriale Medizin.

Kontakt: info@imma-org.eu

ne Dosierung wurde jedoch mit 100-200 mg/Tag für neuronale und renale Schutzmaßnahmen, entzündungshemmende und Anti-Aging-bezogene Krankheiten beschrieben, während sie für chronische Erkrankungen oder adjuvante Therapien wie Krebs, neurodegenerative Erkrankungen, Stoffwechselstörungen usw. bei 200-600 mg/Tag liegt (Qureshi et al. 2002).

In den letzten Jahren haben zahlreiche experimentelle Studien Hinweise auf die sichere Anwendung von Tocotrienolen erbracht. Eine 12-wöchige Studie mit 89 postmenopausalen osteopenischen Frauen bewertete die Sicherheit und die Auswirkungen von Tocotrienol-Supplementierungen. Diese Studie ergab, dass Tocotrienole in Dosen von 300 mg/Tag und 600 mg/Tag sicher und gut verträglich waren, ohne negative Auswirkungen auf die Leber- oder Nierenfunktion (Shen et al. 2018a).

In einer Studie wurde δ -Tocotrienol in eskalierenden Dosen (200-3.200 mg/Tag) an Patienten mit pankreatischer duktaler Neoplasie verabreicht. Dosen bis zu 1.600 mg/Tag wurden gut vertragen und induzierten Apoptose in neoplastischen Zellen. Es wurde keine dosisbegrenzende Toxizität beobachtet, was darauf hindeutet, dass diese höheren Dosen für den kurzfristigen Gebrauch sicher sind (Springett et al. 2015).

Zusammenfassend und unter Berücksichtigung der Pharmakokinetik von Tocotrienolen sind bei einer Einnahme von 3 mg/kg/Tag und möglicherweise höheren Dosen keine unerwünschten Effekte zu erwarten. Obwohl derzeit keine spezifische Obergrenze (Upper Intake Level, UL) ausschließlich für Tocotrienole festgelegt wurde, hat das Scientific Committee on Food (SCF) der Europäischen Union aktuell einen UL für Vitamin E in Form von α -Tocopherol auf 300 mg/Tag für Erwachsene festgelegt.

Fazit

Vitamin E besteht aus mindestens acht natürlich vorkommenden Formen, die in zwei Klassen unterteilt werden: Tocopherole und Tocotrienole. Während α -Tocopherol traditionell die bekannteste Form ist, hat die Forschung die überlegene Wirk-

Wirksamkeit von Tocotrienolen bei der Behandlung verschiedener Krankheiten hervorgehoben.

Tocotrienole werden zunehmend für ihre starken biologischen Aktivitäten und ihr therapeutisches Potenzial anerkannt, insbesondere in Bereichen wie Krebsbehandlung, Nierenschutz, Neuroprotektion, Herzgesundheit und Knochenstärkung sowie viele weitere Bereiche wie Hautschutz, Langlebigkeit etc., auf die hier nicht eingegangen wurde.

Trotz ihres therapeutischen Potenzials weisen Tocotrienole eine geringere orale Bioverfügbarkeit auf und werden schneller metabolisiert als α -Tocopherol. Um diese Einschränkungen zu überwinden, konzentriert sich die aktuelle Forschung auf fortschrittliche Verabreichungssysteme – wie Nanopartikel und Emulsionen – die die Aufnahme und Verteilung im Gewebe verbessern. Durch die Steigerung der Bioverfügbarkeit mittels Nanoformulierungen und anderer gezielter Verabreichungsmethoden kann die therapeutische Wirksamkeit von Tocotrienolen deutlich erhöht werden.

AKOM

Mehr zum Thema

Ahsan, Haseeb; Ahad, Amjid; Iqbal, Jahangir; Siddiqui, Waseem A. (2014): Pharmacological potential of tocotrienols: a review. In: *Nutr Metab (Lond)* 11 (1), S. 52. DOI: 10.1186/1743-7075-11-52.

Chiaromonte, Raffaella; Sauro, Giulia; Giannandrea, Domenica; Limonta, Patrizia; Casati, Lavinia (2025): Molecular Insights in the Anticancer Activity of Natural Tocotrienols: Targeting Mitochondrial Metabolism and Cellular Redox Homeostasis. In: *Antioxidants (Basel, Switzerland)* 14 (1). DOI: 10.3390/antiox14010115.

Daud, Zulfitri A. Mat; Tubie, Boniface; Sheyman, Marina; Osia, Robert; Adams, Judy; Tubie, Sharon; Khosla, Pramod (2013): Vitamin E tocotrienol supplementation improves lipid profiles in chronic hemodialysis patients. In: *Vascular health and risk management* 9, S. 747–761. DOI: 10.2147/VHRM.S51710.

Deshmukh, Aarti R.; Kim, Beom Soo (2019): Chitosan-Vitamin C Nanoparticles. In: *ksbbj* 34 (4), S. 221–232. DOI: 10.7841/ksbbj.2019.34.4.221.

Flory, Sandra; Birringer, Marc; Frank, Jan (2019): Bioavailability and Metabolism of Vitamin E. In: Peter Weber, Marc Birringer, Jeffrey B. Blumberg, Manfred Eggersdorfer und Jan Frank (Hg.): *Vitamin E in Human Health*. Cham: Humana Press (Springer eBooks Medicine), S. 31–41. Online verfügbar unter https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-05315-4_4.

Fu, Ju-Yen; Che, Hui-Ling; Tan, Doryn Meam-Yee; Teng, Kim-Tiu (2014): Bioavailability of tocotrienols: evidence in human studies. In: *Nutr Metab (Lond)* 11 (1), S. 5. DOI: 10.1186/1743-7075-11-5.

Fu, Ju-Yen; Meganathan, Puvaneswari; Gunasegaran, Nisanthei; Tan, Doryn Meam Yee (2023): Effect of nano-delivery systems on the bioavailability and tissue biodistribution of vitamin E tocotrienols. In: *Food Research International* 171, S. 113048. DOI: 10.1016/j.foodres.2023.113048.

Kumari, Mangala; Ramdas, Premdass; Radhakrishnan, Ammu Kutty; Kutty, Methil Kannan; Haleagrahara, Nagaraja (2021): Tocotrienols Ameliorate Neurodegeneration and Motor Deficits in the 6-OHDA-Induced Rat Model of Parkinsonism: Behavioural and Immunohistochemistry Analysis. In: *Nutrients* 13 (5). DOI: 10.3390/nu13051583.

Nesaretnam, Kalanithi; Meganathan, Puvaneswari; Veerasenan, Sheela Devi; Selvaduray, Kanga Rani (2012): Tocotrienols and breast cancer: the evidence to date. In: *Genes & Nutrition* 7 (1), S. 3–9. DOI: 10.1007/s12263-011-0224-z.

Packer, L.; Weber, S. U.; Rimbach, G. (2001): Molecular aspects of alpha-tocotrienol antioxidant action and cell signalling. In: *The Journal of nutrition* 131 (2), S. 369–373.

Qureshi, Asaf A.; Sami, Saeed A.; Salser, Winston A.; Khan, Farooq A. (2002): Dose-dependent suppression of serum cholesterol by tocotrienol-rich fraction (TRF25) of rice bran in hypercholes-

terolemic humans. In: *Atherosclerosis* 161 (1), S. 199–207. DOI: 10.1016/s0021-9150(01)00619-0.

Ranasinghe, Ranmali; Mathai, Michael; Zulli, Anthony (2022): Revisiting the therapeutic potential of tocotrienol. In: *BioFactors* 48 (4), S. 813–856. DOI: 10.1002/biof.1873.

Rimbach, Gerald; Moehring, Jennifer; Huebbe, Patricia; Lodge, John K. (2010): Gene-regulatory activity of alpha-tocopherol. In: *Molecules* 15 (3), S. 1746–1761. DOI: 10.3390/molecules15031746.

Rink, Cameron; Christoforidis, Greg; Khanna, Savita; Peterson, Laura; Patel, Yojan; Khanna, Suchin et al. (2011): Tocotrienol vitamin E protects against preclinical canine ischemic stroke by inducing arteriogenesis. In: *Journal of cerebral blood flow and metabolism : official journal of the International Society of Cerebral Blood Flow and Metabolism* 31 (11), S. 2218–2230. DOI: 10.1038/jcbfm.2011.85.

Shen, Chwan-Li; Wang, Shu; Yang, Shengping; Tomison, Michael D.; Abbasi, Mehrnaz; Hao, Lei et al. (2018a): A 12-week evaluation of annatto tocotrienol supplementation for postmenopausal women: safety, quality of life, body composition, physical activity, and nutrient intake. In: *BMC Complement Altern Med* 18 (1), S. 198. DOI: 10.1186/s12906-018-2263-0.

Shen, C-L; Yang, S.; Tomison, M. D.; Romero, A. W.; Felton, C. K.; Mo, H. (2018b): Tocotrienol supplementation suppressed bone resorption and oxidative stress in postmenopausal osteopenic women: a 12-week randomized double-blinded placebo-controlled trial. In: *Osteoporos Int* 29 (4), S. 881–891. DOI: 10.1007/s00198-017-4356-x.

Springett, Gregory M.; Husain, Kazim; Neuger, Anthony; Centeno, Barbara; Chen, Dung-Tsa; Hutchinson, Tai Z. et al. (2015): A Phase I Safety, Pharmacokinetic, and Pharmacodynamic Presurgical Trial of Vitamin E δ -tocotrienol in Patients with Pancreatic Ductal Neoplasia. In: *EBioMedicine* 2 (12), S. 1987–1995. DOI: 10.1016/j.ebiom.2015.11.025.

Tan, D. T.; Khor, H. T.; Low, W. H.; Ali, A.; Gapor, A. (1991): Effect of a palm-oil-vitamin E concentrate on the serum and lipoprotein lipids in humans. In: *Am. J. Clin. Nutr.* 53 (4 Suppl), 1027S–1030S. DOI: 10.1093/ajcn/53.4.1027S.

Yap, S. P.; Yuen, K. H.; Wong, J. W. (2001): Pharmacokinetics and bioavailability of alpha-, gamma- and delta-tocotrienols under different food status. In: *The Journal of pharmacy and pharmacology* 53 (1), S. 67–71. DOI: 10.1211/0022357011775208.

Yap, Siew Ping; Yuen, Kah Hay (2004): Influence of lipolysis and droplet size on tocotrienol absorption from self-emulsifying formulations. In: *International journal of pharmaceutics* 281 (1-2), S. 67–78. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2004.05.015.

NEU in unserem
Produktportfolio

mse
Dr. Enzmann

Vitamin E-Komplex fluid

Das Potential von Vitamin E besser genutzt



- ✓ Enthält alle acht natürlichen Formen des Vitamin E (vier Tocotrienole und vier Tocopherole).
- ✓ Trägt zum Schutz der Zellen vor oxidativem Stress bei.
- ✓ Flüssiges Vitamin E in ultrakleinen Tropfen für eine bessere Bioverfügbarkeit.



Der
Membran-
schutz



Entdecken Sie noch mehr!

mse Pharmazeutika GmbH

Nehringstr. 15 | 61352 Bad Homburg v. d. H | Tel. 06172 676331

mitomed@mse-pharma.de | www.mse-pharma.de

PZN 19831554