Bedeutung von Selen

Plädoyer für eine Erhöhung in Milch- und Getreideprodukten zur besseren Grundversorgung

Wilhelm Hartfiel, Hilarius Lux, Josef Lux, Kurt Gentges

Zusammenfassung

Die Aufnahme des lebenswichtigen Spurenelements Selen mit der Nahrung ist bei unserer Bevölkerung zu gering. Diese Unterversorgung kann infolge eines unzureichenden antioxidativen Schutzes zu Erkrankungen führen. Um die Zufuhr zu erhöhen, sollten sowohl das Grünfutter für Tiere als auch Brotgetreide mit Selen gedüngt werden. Mit einer höheren Selenaufnahme der Verbraucher besteht die Möglichkeit, Krankheiten des Menschen zu vermindern. Damit könnten Gesundheitskosten eingespart werden.

Schlüsselwörter

Selen, Mangel, Nahrungsmittel, Tierfutter, Düngung, Prävention

Die Selendüngung von Weideland und Brotgetreide ist eine effektive und sichere Maßnahme, um die Selenzufuhr zu verbessern. © Diamar/Shotshop

Die Kenntnisse über die biologischen Funktionen des essenziellen Spurenelements Selen haben sich in den letzten Jahren wesentlich erweitert. Im Bereich der Tierernährung sind aufgrund von Mangelkrankheiten (u.a. Muskeldystrophie, exsudative Diathese, Fruchtbarkeitsstörungen) und Leistungsminderungen seit über 30 Jahren Zusätze von Selen im Futter zugelassen und werden auch vorgenommen (16). Bisher ist jedoch von Seiten der Humanernährung wie auch der Humanmedizin möglichen Erkrankungen des Menschen aufgrund einer mangelnden Selenaufnahme mit der Nahrung zu wenig Beachtung geschenkt worden, obwohl Selenergänzungen (Natriumselenat, Selenhefe) bereits 1992 vom Bundesgesundheitsamt zugelassen wurden (5).

Biologische Funktionen spezifischer Selenproteine

Die Wirkung des Selens bei Tier und Mensch beruht auf Funktionen von mehr als 20 Proteinen, speziell der 21. Aminosäure Selenocystein. Diese Se-abhängigen Proteine können in 3 Gruppen unterteilt werden: Glutathion-Peroxidasen, Iodothyronin-Deiodinasen und Thioredoxin-Reduktasen (22).

Von den **Glutathion-Peroxidasen** sind 4 bekannt. Bei unterschiedlicher Lokalisierung besitzen sie spezifische Wirkungen gegenüber Hydroperoxiden und haben damit – neben den Vitaminen C und E – entscheidende Funktionen im antioxidativen Schutzsystem der Zellen gegenüber reaktiven Sauerstoffspezies (12). Aktivierte Sauerstoffverbindungen – z.B. Superoxidradikale, Wasserstoffperoxid sowie das Hydroxidradikal – führen zu starken oxidativen Schäden im Organismus. Reaktive Sauerstoffspezies entstehen im Verlauf verschiedener Stoffwechselreaktionen in Körperzellen (u.a. beim Abbau von Fettsäuren und in der Atmungskette) wie auch durch Umwelteinflüsse (12, 33).

Der Nachweis von 3 **Iodothyronin-Deiodinasen** liegt vor. Die Typen D1 und Typ 2 katalysieren u.a. die Umwandlung des iodhaltigen Prohormons Thyroxin (T_4) zum biologisch aktiven Schilddrüsenhormon Triiodthyronin (T_3) (3, 21).

Von den **Thioredoxin-Reduktasen** sind 3 spezifische Enzyme bekannt. Sie können eine Vielfalt von Proteinen und Nicht-Proteinverbindungen reduzieren (37). Ihr Vorkommen ist u.a. in den Hoden, den Mitochondrien und den Endothelzellen der Arterienwandung nachgewiesen, sie schützen diese vor Zerstörung durch oxidierte Lipoproteine. Auch sind sie ein wichtiger Schutzfaktor im Hinblick auf Arteriosklerosen. Ferner können sie indirekt die Proteinfaltung regulieren und so die Protein-Protein- oder Protein-DNA-Wechselwirkung beeinflussen (26).

Von den weiteren Selenoproteinen sei noch das **Selenoprotein P** angeführt. Es ist das einzige Selenoprotein, das mehrere Selenatome in Form des Selenocysteins enthält; es wirkt als extrazelluläres Antioxidans (Radikalfänger) und besitzt v.a. die Funktion des Selentransportes auf dem Blutweg von der Leber in andere Gewebe, insbesondere Nieren, Hoden und Gehirn (6).

Selenmangel und Erkrankungen des Menschen

Seit 1935 ist die Keshan-Krankheit in Bereichen Chinas bekannt, eine epidemische Kardiomyopathie. Sie führt zu multifokaler Nekrose und Fibrose des Myokardiums. Sie befiel v.a. Kinder und Jugendliche sowie Frauen im gebärfähigen Alter. Verlaufsformen waren schwere

Autoren-PDF

▶ **Tab. 1** Selengehalte in tierischen Lebensmitteln (µg/kg TS).

	Schulte (36)	Drobner (10)
Rindfleisch	337	195
Schweinefleisch	537	354
Geflügelfleisch	697	445
Fisch	3550	2035
Eier	1548	727
Milch	139	100

Arrhythmien, akutes Herzversagen, Lungenödem und führten zum frühzeitigen Tod. Zusätzlich konnte eine erhöhte Anfälligkeit gegen Coxsackie-B-Virus-Infektion nachgewiesen werden. Durch Selengabe wird eine höhere Resistenz gegenüber diesem Virus erreicht. Ursache der Erkrankungen war primär ein nahrungsbedingter Selenmangel (Zufuhr unter 10 µg/Tag) (35).

Inzwischen ist eine Reihe weiterer Erkrankungen bekannt, die gleichfalls auf einer mangelnden Versorgung mit Selen beruhen. So begünstigt ein Selenmangel virale Erkrankungen und nimmt Einfluss auf das Immunsystem bei Tumorerkrankungen (25). Durch hohe Selengaben konnte die Sterblichkeit als Folge einer Sepsis gesenkt werden (1), ebenso bei akuter nekrotisierender Pankreatitis (23).

Bei **Hashimoto-Thyreoiditis,** einer Entzündung der Schilddrüse verbunden mit der Bildung von Antikörpern und Auswirkungen auf zahlreiche Organsysteme, konnten die Beschwerden durch 200 µg Selen/Tag entscheidend vermindert werden (14). Eine 1-Jahres-Studie zeigte eine gute Verträglichkeit von 200 und 300 µg Selen/Tag (34). Nach Heufelder (20) leistet die Sicherstellung einer ausreichenden Selenversorgung einen wesentlichen Beitrag zur Prävention und Therapie von Autoimmunthyropathien.

Selenbedarf und Zufuhrempfehlungen

Zugrunde liegt dem Begriff „Nährstoffbedarf" die minimale Menge eines Nährstoffes, die erforderlich ist, um eine offensichtliche Mangelerkrankung zu verhindern (RDA – recommended dietary allowance). Diese Auffassung vermittelt den Eindruck, dass es eine exakte Menge eines Wirkstoffes gibt, die täglich zugeführt werden muss. Darüber hinaus wird das Argument angeführt, dass größere Mengen keine physiologische Bedeutung haben, außer, dass dadurch Reserven geschaffen werden. Diese Beurteilungen sind nicht zutreffend (8).

Genaue Berechnungen oder Angaben über den Bedarf an Vitaminen und Spurenelementen sind nicht möglich. Daher gibt es lediglich Empfehlungen, die teils auf sehr unterschiedlicher Grundlage beruhen. Dies gilt auch für Selen. Hinzu kommt, dass die Art der Ermittlung des Versorgungsgrades einer Person – der Selenstatus – umstritten ist. Verwendet werden u.a. Konzentration bzw. Aktivität der Glutathion-Peroxidase und der Selengehalt in Vollblut, Serum bzw. Plasma. Diese Werte sind teils von der Art der aufgenommenen Selenbindung – organisch oder anorganisch – abhängig und sagen nur wenig über den Versorgungsgrad von Organen aus (27, 28). Als toxikologisch sichere tägliche Aufnahme (tolerable upper intake level, UL) werden vom Scientific Committee on Food der EU für Kinder von 1–10 Jahren gestaffelt 60–130 µg und für ältere Kinder und Erwachsene 200–300 µg Selen angegeben (31).

Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (7) nennt einen Schätzwert für die Selenzufuhr bei Kindern von 10–50 µg/Tag und für Erwachsene von 30–70 µg/Tag. Diese Mengen werden als angemessen bezeichnet, weil eine entsprechende Se-Aufnahme mit der üblichen Ernährung gewährleistet sei. Schrauzer (35) empfiehlt dagegen eine tägliche Versorgung mit 250–350 µg, Gärtner und Gasnier (14) nennen 200 µg.

Aufnahme von Selen mit der Nahrung

Zur Ermittlung der Selenaufnahme mit der Nahrung dienen Verzehrsangaben. Hierbei ergeben sich jedoch teils erhebliche Differenzen zwischen der Marktkorb- bzw. Duplikatmethode, weil bis zur Anfertigung der Verzehrsprotokolle die aufgenommenen Nahrungsmengen von den Versuchspersonen überschätzt werden. Nach Drobner (10) nehmen nach der Marktkorbmethode Frauen 148% und Männer 163% mehr Selen im Vergleich zur Duplikatmethode auf.

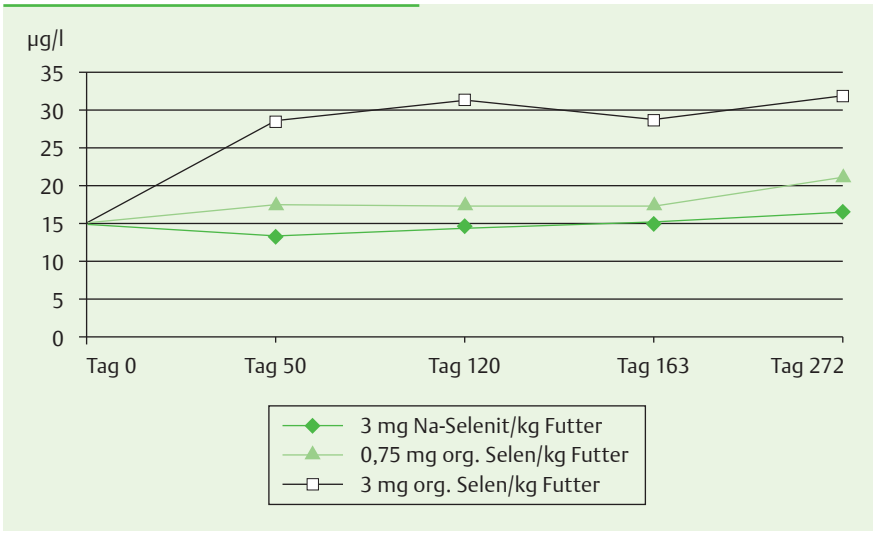
Nach unseren umfangreichen Analysen verschiedenster Lebensmittel, verteilt über alle westdeutschen Länder, beträgt die tägliche Selenaufnahme für männliche Personen 74 µg und für weibliche 61 µg (18, 36). Meist werden die von Oster und Prellwitz (29) ermittelten Werte von 47 µg für männliche und 38 µg für weibliche Personen angeführt. Diese Differenzen beruhen wahrscheinlich auf der unterschiedlichen Probennahme der Lebensmittel: Während Letztere diese ausschließlich in Geschäften und Supermärkten der Stadt Mainz erworben haben (bezogen wird jedoch auf Westdeutschland), erfolgte die Entnahme unserer Lebensmittelproben zu verschiedenen Jahreszeiten bei den Erzeugern, verteilt über alle Länder der Bundesrepublik (alte Länder).

Wie groß die Unterschiede der Selengehalte einzelner Lebensmittel sein können, zeigt ▶ **Tab. 1.** Diese Differenzen beruhen – bei angenommener gleicher analytischer Messgenauigkeit – auf der unterschiedlichen Herkunft dieser Lebensmittel und den unterschiedlichen Selenzusätzen im Tierfutter. Bei den Fischen ist das Fanggebiet von großem Einfluss auf den Selengehalt. Aufgrund dieser teils großen Differenzen zumindest bei tierischen Lebensmit-

▶ **Tab. 2** Selenkonzentration in Organen (µg/kg Frischgewicht) nach Zufütterung von Natriumselenit bzw. Selenhefe (täglich) über 9 Monate an Milchkühe (27).

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
	3 mg Na-Selenit	0,75 mg Se-Hefe	3 mg Se-Hefe
Skelettmuskulatur	87	108	146
Herzmuskel	165	186	203
Leber	180	217	238
Nieren	1410	1436	1465

Autoren-PDF



▶ **Abb. 1** Selenkonzentrationen (µg/l) in der Milch der Versuchsgruppen im Langzeitversuch (27).

Milch und Milchprodukte tragen nur zu einem geringen Teil zur Selenversorgung bei – auch dies ließe sich durch Weidedüngung verbessern. © TVG/Chris Meier

teln, die primär zur Versorgung der Verbraucher mit Selen beitragen, ist eine exakte Angabe über die tägliche Aufnahme an diesem Spurenelement nicht möglich.

Selenaufnahme über Nahrungsmittel tierischen Ursprungs

Allein die Notwendigkeit der Umwandlung des Schilddrüsenhormons T_4 in das biologisch aktive T_3 sowie die häufiger auftretende Entzündung dieses Organs (Hashimoto-Thyreoiditis) infolge einer Unterversorgung mit Selen sollten Anlass sein, die Aufnahmemenge dieses lebenswichtigen Spurenelements zu erhöhen. Ein Zusatz von Selen in Lebensmitteln, ähnlich dem von Jod in Kochsalz, ist weniger ratsam. Schmidt (32) wies darauf hin, dass primär tierische Lebensmittel zur besseren Se-Versorgung der Bevölkerung beitragen. Pflanzliche Nahrungsmittel enthalten bei uns insgesamt zu wenig Selen.

Das Gleiche trifft für pflanzliche Futtermittel zu. Mangelkrankheiten und Leistungsminderungen bei landwirtschaftlichen Nutztieren waren die Folge (17, 19). Um die damit verbundenen Kosten zu mindern, erfolgt seit etwa 40 Jahren ein Zusatz von Selen im Mischfutter für alle Tierarten (Rinder, Schweine, Geflügel). Dabei muss ein Gesamtgehalt von 0,5 mg Se/kg Futter eingehalten werden. Diese Menge ist allein auf die Gesunderhaltung und Leistung der Tiere ausgerichtet, nicht jedoch zur besseren Versorgung der Bevölkerung.

Anorganische und organische Selenverbindungen im Vergleich

Bei der Verfütterung anorganischer Selenverbindungen (Natriumselenit/-selenat) an Wiederkäuer (Rinder, Schafe, Ziegen) wird das Selen während der Passage des Pansens in seiner Wirksamkeit vermindert. Eine Möglichkeit, diesen Einfluss zu umgehen, besteht bei Verwendung organisch gebundenen Selens, u.a. in Selenhefen (▶ **Abb. 1**, ▶ **Tab. 2**). Darin liegt das Spurenelement in verschiedenen Bindungen, vorwiegend als Selenmethionin und -cystein, vor (4, 15). Die Kosten für solche organischen Selenzusätze in Futtermitteln sind jedoch im Vergleich zu denen anorganischer Verbindungen höher.

Die Ergebnisse der Abb. 1 und Tab. 2 lassen deutlich erkennen, dass die zugefütterten 3 mg Na-Selenit im Vergleich zu den 3 mg Selen in organischer Bindung (Se-Hefe) bei Wiederkäuern eine wesentlich geringere Einlagerung in der Milch und den Organen erzielten; ausgenommen sind die Nieren, die zur Gesunderhaltung bevorzugt mit Selen versorgt werden.

In vergleichenden Untersuchungen mit anorganisch (Na-Selenat) und organisch (Seleno-Methionin) gebundenem Selen haben Parys et al. (30) bei Tieren mit einhöhligem Magen keinen unterschiedlichen Einfluss auf verschiedene Marker gefunden (Plasma, Gesamtblut, Leber, Niere, Aktivität der Glutathion-Peroxidasen). Übertragen u.a. auf Geflügel, Schweine sowie auch den Menschen besteht damit – im Gegensatz zu Wiederkäuern – kein Unterschied in der Wirkung von anorganisch und organisch gebundenem Selen auf die o.g. Marker.

Selenanreicherung in Pflanzen mittels Düngung

Im Rahmen von Untersuchungen über die Wirkung einer Selendüngung mit Natriumselenit und -selenat konnten Se-Zunahmen in Futter- und Nahrungspflanzen erzielt werden. Erhebliche Steigerungen wurden v.a. mit Flüssigdüngungen erzielt, bei der anorganische Selenverbindungen – in Wasser gelöst – auf die Blätter der Pflanzen (Kartoffeln, Sellerie, Apfelbäume) aufgesprüht worden waren (18, 36). In Großversuchen mit Flüssigdünger konnte der Se-Gehalt des Grasaufwuchses etwa um den Faktor 10–15 erhöht werden (24). Mit der Düngemittelverordnung von 2003 ist ein Se-Zusatz bis zu 5 mg/kg TM möglich (9).

Erhöhung der Selengehalte in Milchprodukten

Milch ist ein vorzügliches Nahrungsmittel, das zur Versorgung des Menschen jeden Alters mit hochwertigem Protein

Autoren-PDF

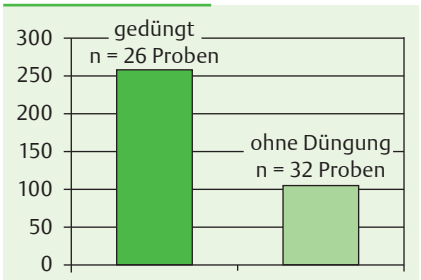
sowie Mineral- und Spurenelementen beiträgt. Der Pro-Kopf-Verbrauch in der Bundesrepublik im Jahr 2006 betrug 95,1 kg. Daraus resultiert rein rechnerisch eine Se-Zufuhr von ca. 5 µg/Tag. Hinzu kommt noch der Verzehr von Milchprodukten, deren Selengehalte (▶ **Tab. 3**) im Vergleich zu anderen tierischen Lebensmitteln (▶ **Tab. 1**) insgesamt recht niedrig sind.

Ursache der niedrigen Selenmengen in der Milch sind der zu geringe Se-Gehalt pflanzlicher Futtermittel sowie die schlechte Verwertung anorganischer Se-Zusätze im Mischfutter bei Wiederkäuern (s. o.). Bei Aufnahme von Futterpflanzen, die eine Flüssigdüngung mit einem Se-Zusatz erhalten haben, wird der Se-Gehalt der Milch um etwa das 2,5-Fache erhöht (▶ **Abb. 2**). Auf diese Weise könnte die Grundversorgung der Verbraucher mit diesem Spurenelement, insbesondere die der Kinder, verbessert werden.

Erhöhung der Selengehalte von Getreideprodukten

Gemüse und Obst liefern nur einen minimalen Anteil zur Selenversorgung der Bevölkerung (ca. 3,3 bzw. 0,7 %). Allein über eine Düngung kann deren Selengehalt erheblich gesteigert werden (18, 36). Da Selen nach den bisher vorliegenden Erkenntnissen wahrscheinlich kein lebensnotwendiger Nährstoff für Pflanzen ist, würde eine Düngung der Verbesserung der Selenversorgung des Menschen dienen. Die geringen Mehrkosten müssten jedoch vom Verbraucher getragen werden.

Zu niedrige Selengehalte finden sich auch in Getreideprodukten, u. a. in Brot und Backwaren (13). Da diese jedoch



▶ **Abb. 2** Selengehalte (µg/kg Trockenmasse) in Vollmilch im Vergleich (RSW Ormont).

▶ **Tab. 3** Selengehalte (µg/kg) in Milch und Milchprodukten (36).

	Frischsubstanz	Trockensubstanz
Rohmilch	19	148
H-Milch	18	153
Bioghurt (3,5 % Fett)	24	171
Kefir	15	137
Quark (20 % Fett)	45	277
Sahne (27 % Fett)	11	53
Molke	2	35

einen großen Teil der Nahrungsaufnahme umfassen, wäre eine Se-Düngung, z. B. von Weizen, im Hinblick auf eine bessere Versorgung der Bevölkerung von großer Bedeutung. Eine solche Maßnahme wird in Finnland vorgenommen, um den Selenmangel der Bevölkerung zu vermindern. So konnte dort der Selengehalt des Weizens von 10 auf 230–280 µg/kg Trockenmasse gesteigert werden (38).

Nach eigenen Versuchen mit einer Flüssigdüngung (Blattdüngung) von Weizen und gesteigerten Se-Anteilen in Höhe von 5, 10 und 15 g Se als Natriumselenit/ha konnte der Se-Gehalt der Weizenkörner erheblich erhöht werden (▶ **Tab. 4**). Entsprechende Anreicherungen sind auch bei anderen Getreidearten möglich (24).

Diskussion

In der Bundesrepublik Deutschland besteht eine Unterversorgung der Bevölkerung mit dem lebenswichtigen Spurenelement Selen. Ursache sind die zu niedrigen Selengehalte der Nahrungsmittel, vor allem der pflanzlichen. Die höheren Gehalte tierischer Lebensmittel beruhen auf dem Zusatz von Selen in Mischfuttermitteln, der dem Bedarf der Tiere angepasst ist, nicht aber für eine bessere Versorgung des Menschen ausreicht. Eine bessere Möglichkeit besteht darin, über eine Düngung mit einem Selenzusatz den Gehalt an diesem Spurenelement in Pflanzen zu erhöhen. Dies ist jedoch mit höheren Produktionskosten verbunden, die bisher dem Landwirt nicht vergütet werden.

Insbesondere kann durch eine Flüssigdüngung mit einem Selenzusatz der Gehalt in allen pflanzlichen Nahrungsmitteln erheblich gesteigert werden. Hierdurch wäre eine verbesserte Grundversorgung der Bevölkerung mit diesem Spurenelement gewährleistet. Es muss jedoch dem Verbraucher die Möglichkeit gegeben werden, solche Nahrungsmittel mit höheren Selengehalten ohne Mühe auf Verpackungen zu erkennen.

Empfehlungen

Inwieweit Nahrungsergänzungsmittel zur Verhütung bestimmter Erkrankungen zu empfehlen sind, ist schwierig zu entscheiden (2). Nach unseren Erkenntnissen ist eine regelmäßige Aufnahme, z. B. als Tabletten mit 100–200 µg Selen pro Tag, im Hinblick auf eine notwendige, ausreichende Versorgung empfehlenswert. Seit Jahrzehnten werden solche Produkte in SB-Märkten skandinavischer Länder verkauft, ohne dass Probleme (Überdosierungen) bisher bekannt geworden sind.

Eine entscheidende Frage ist in diesem Zusammenhang von Diplock (8) gestellt worden. Sie lautet: Welche Aufnahmemenge antioxidativer Wirkstoffe ist für einen optimalen Schutz gegen bestimmte Krankheiten erforderlich? Obwohl noch keine abschließenden Beweise erbracht sind, gibt es ausreichende Erkenntnisse, eine höhere Aufnahme lebenswichtiger Wirkstoffe (wie Selen) zu

▶ **Tab. 4** Anreicherung von Selen in Weizenkörnern nach einer Blattdüngung mit Selen (24).

Se-Düngung	Se-Gehalte Weizen (mg/kg TS)
ohne	0,175
5 g Se/ha	0,299
10 g Se/ha	0,525
15 g Se/ha	0,702

Autoren-PDF

empfehlen. Dies würde mit großer Wahrscheinlichkeit zu einem geringeren Auftreten verschiedener, insbesondere chronischer Krankheiten führen und Kosten sparen. Die Einschätzung der DGE bezüglich Selen ist daher zu hinterfragen. Ebenso scheint uns die Ansicht von Erbersdobler („Essen Sie vollwertig und abwechslungsreich, dann geht schon nichts schief.“) (11) nicht ausreichend.

Prof. Dr. Wilhelm Hartfiel
Institut für Tierwissenschaft
Universität Bonn
Endenicher Allee 15
53115 Bonn

Dr. Hartfiel ist emeritierter Professor für die Fächer Tierernährung und Futtermittelkunde. Seine Forschungsschwerpunkte waren der Stoffwechsel von Geflügel, Ernährung von Rot- und Rehwild, Futter und Fettoxidation, Selengehalte von Futter- und Nahrungsmitteln sowie Möglichkeiten der Anreicherung mit Selen.

Hilarius Lux, Josef Lux, Kurt Gentges
Raiffeisen Waren GmbH & Co KG
Ulmenstr. 4
54970 Ormont

Gentges@rsw-ormont.de

Online

http://dx.doi.org/10.1055/s-0030-1248863

Literatur

1 Angstwurm MW, Engelmann L, Zimmermann T et al. Selenium in Intensive Care (SIC): Results of a prospective randomized, placebo-controlled, multiple-center study in patients with severe systemic inflammatory response syndrome, sepsis, and septic shock. Crit Care Med 2007; 35: 118–126

2 Bayer W, Schmidt KH, Schweizer T, Schildwächter K. Müssen selenhaltige Nahrungsergänzungsmittel besser überwacht werden? VitaMinSpur 2000; 15: 172–175

3 Behne D, Kyriakopoulos A. Mammalian selenium-containing proteins. Ann Rev Nutr 2001; 21: 453–473

4 Bird SM, Uden PC, Tyson JF et al. Speciation of selenoamino acids and organoselenium compounds in selenium-enriched yeast using high-performance liquid chromatography – inductively coupled plasma mass spectrometry. J Anal Atomic Spectr 1997; 12: 785–788

5 Bundesgesundheitsamt. Bekanntmachung über Zulassung und Registrierung von Arzneimitteln. Bundesanzeiger 1992; 143: 6385

6 Burk RF, Hill KE, Motley AK. Selenoprotein metabolism and function: Evidence for more than one function for selenoprotein P. J Nutr 2003; 133 (5 Suppl. 1): 1517S–1520S

7 Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Hrsg. Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Frankfurt: Umschau/Braus; 2008: 195–200

8 Diplock AT. Optimale Aufnahme von antioxidativen Vitaminen und Carotinoiden. VitaMinSpur 1993; 8: 11–17

9 Düngemittelverordnung. Bundesgesetzblatt 2003; 57: 2373, 2380–2381

10 Drobner C. Die Selenversorgung Erwachsener Deutschlands [Dissertation]. Jena: Friedrich-Schiller-Universität; 1997

11 Erbersdobler H. Alles Multi? Ernährungs-Umschau 2008; 55: 129

12 Fang YZ, Yang S, Wu G. Free radicals, antioxidants, and nutrition. Nutrition 2002; 18: 872–879

13 Finzel S, Fischer S, Rückert DG et al. Selenreiches Brot und Glutathionperoxidase. VitaMinSpur 1993; 8: 184–188

14 Gärtner R, Gasnier BC. Selenium in the treatment of autoimmune thyroiditis. BioFactors 2003; 19: 165–170

15 Gilon N, Astruc A, Astruc M, Potin-Gautier M. Selenoamino acid speciation using HPLC-ETAAS following an enzymic hydrolysis of selenoprotein. Appl Organometallic Chem 1995; 9: 623–628

16 Hartfiel W, Bahners N. Zur Selenversorgung von Wiederkäuern. VDLUFA 16. Kongressband 1985: 511–518

17 Hartfiel W, Bahners N. Selenmangel in der Bundesrepublik. VitaMinSpur 1987; 2: 125–131

18 Hartfiel W, Schulte W. Selenmangel in der Bundesrepublik (II). Akt Ernähr 1988; 13: 77–82

19 Hartfiel W. Selenmangel im wirtschaftseigenen Futter der Nutztiere sowie in pflanzlichen Nahrungsmitteln des Menschen. Die Mühle + Mischfuttertechnik 1992; 129: 258–262

20 Heufelder AE. Selen bei Autoimmunerkrankungen der Schilddrüse. Ernährung & Medizin 2006; 21: 125–128

21 Köhrle J. The trace element selenium and the thyroid gland. Biochem 1999; 81: 527–533

22 Kryukov GV, Castellano S, Novoselov SV et al. Characterization of mammalian selenoproteomes. Science 2003; 300: 1439–1443

23 Kuklinski B, Buchner M, Schweder R, Nagel R. Akute Pankreatitis – eine „Free Radical Disease“. Letalitätssenkung durch Natriumselenit (Na2Se03) -Therapie. Z ges Inn Med 1991; 46: 7–11

24 Lux H, Lux J, Peifer-Weihs C et al. Durch spezielle Düngung mit Selenzusatz von Grünland und Getreide den Mangel an diesem wichtigen Spurenelement bei Tier und Mensch verhüten. Mühle + Mischfuttertechnik 2004; 141: 54–55

25 Meuillet E, Stratton S, Prasal Cherukuri DP et al. Chemoprevention of prostate cancer with selenium: an update on current clinical trials and preclinical findings. J Cell Biochem 2004; 91: 443–458

26 Nordberg J, Arnér ES. Reactive oxygen species, antioxidants, and the mammalian thioredoxin system. Free Radical Biol Med 2001; 31: 1287–1312

27 Ortman K, Pehrson B. Selenite and selenium yeast as feed supplements for dairy cows. J Vet Med 1997; 44: 373–380

28 Ortman K, Pehrson B. Effect of selenate as a feed supplement to dairy cows in comparison to selenite and selenium yeast. J Animal Sci 1999; 77: 3365–3370

29 Oster O, Prellwitz W. The daily dietary selenium intake of West German adults. Biol Trace Elements Res 1989; 20: 1–14

30 Parys C, Müller AS, Pallauf J. Availability of a nutritional dose of ebselen in rats. Proc Soc Nutr Physiol 2008; 17: 57

31 Scientific Committee on Food. Opinion of the Scientific Committee on Food on the tolerable upper intake level of selenium. Brussels: European Commission. Stand: 28 November 2000. http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out80g_en.pdf

32 Schmidt KH. Die Bedeutung tierischer Lebensmittel für die Deckung des Vitaminbedarfes. VitaMinSpur 2000; 15: 167–171

33 Schmidt KJ, Bayer W, Schweizer T et al. Selensubstitution – ein therapeutischer Ansatzpunkt bei Schilddrüsenerkrankungen? VitaMinSpur 1998; 13; 33–39

34 Scheck R, Adler M. Wirksamkeit und Verträglichkeit unterschiedlicher Selendosierungen (200 versus 300 µg Selen) bei Vorliegen einer Autoimmunthyreoiditis. Ernährung & Medizin 2007; 22: 20–25

35 Schrauzer GN. Selen, neue Entwicklungen aus Biologie, Biochemie und Medizin. 3. Aufl. Heidelberg, Leipzig: Barth; 1998

36 Schulte W. Untersuchungen zum Selengehalt von Futter- und Nahrungsmitteln in der Bundesrepublik Deutschland [Dissertation]. Bonn: Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität; 1988

37 Sun QA, Zappacosta F, Factor VM et al. Heterogeneity within animal thioredoxin reductases. J Biol Chem 2001; 276: 3106–3114

38 Wang WC, Mäkelä AL, Näntö V et al. The serum selenium concentrations in children and young adults: A long-term study during the Finnish selenium fertilization programme. Eur J Clin Nutr 1998; 52: 529–535

Autoren-PDF