

DOI 10.17590/20200330-144308

Ergosterin in Obst - ein Hinweis auf Schimmelpilzgifte?

Stellungnahme Nr. 017/2020 des BfR vom 30. März 2020

Ergosterin (auch als Ergosterol oder Provitamin D2 bekannt) ist in der Zellmembran von Pilzen (auch Hefen und Schimmelpilzen) enthalten. Daher kann Ergosterin natürlicherweise (z.B. in Speisepilzen, Brot oder schimmelgereiftem Käse) oder aber aufgrund eines unerwünschten Befalls mit Schimmelpilzen in Lebensmitteln vorkommen. In diesem Zusammenhang hat sich das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) damit befasst, ob Ergosterin als zuverlässiger „Hinweisgeber“ für eine Belastung von Lebensmitteln mit Schimmelpilzgiften genutzt werden kann und ob die Aufnahme von Ergosterin bzw. Vitamin D2 aus Lebensmitteln, speziell aus Obst und Obsterzeugnissen, zu gesundheitsschädigenden Wirkungen für Verbraucherinnen und Verbraucher führen kann.

Bis auf wenige Ausnahmen, wie beispielsweise schimmelgereiften Käse (etwa Camembert, Gorgonzola oder Roquefort), ist Schimmel in und auf Lebensmitteln unerwünscht und stellt möglicherweise ein gesundheitliches Risiko für Verbraucherinnen und Verbraucher dar, da einige Schimmelpilzgattungen unter bestimmten Bedingungen Schimmelpilzgifte (Mykotoxine) produzieren können. Werden diese über die Nahrung aufgenommen, können sie schwere gesundheitliche Folgen hervorrufen. Die begrenzte Anzahl an Daten aus wissenschaftlichen Publikationen zu Ergosteringehalten in Obst und Obsterzeugnissen erlaubt weder die Ableitung von Toleranz- oder Höchstwerten, noch eine sichere Einschätzung, ob der Ergosteringehalt ein geeigneter Indikator für die Belastung mit Schimmelpilzgiften sein kann.

Zur Erhöhung der Gehalte an Vitamin D in einzelnen Lebensmitteln, die natürlicherweise Ergosterin enthalten (z.B. Speisepilze oder Bäckerhefe), ist innerhalb der Europäischen Union die Bestrahlung mit UV-Licht zugelassen. Durch die UV-Bestrahlung wird Ergosterin zu Vitamin D2 (Ergocalciferol) umgewandelt. Dieses kann anschließend im menschlichen Stoffwechsel durch Leber und Nieren zum biologisch aktiven Vitamin D (Calcitriol) umgewandelt werden. Allerdings kann eine übermäßige, über dem Bedarf liegende Zufuhr an Vitamin D zu gesundheitlichen Folgen wie Herzrhythmusstörungen, Einschränkungen der Nierenfunktion und Störungen des Kalziumstoffwechsels (Hyperkalzämie) führen. Es gibt nach Auffassung des BfR keine Belege dafür, dass der Verzehr von UV-behandelten Lebensmitteln, die unter Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen der EU hergestellt werden, gesundheitlich bedenklich ist. Weiterhin liegen zurzeit keine Hinweise vor, dass die Aufnahme von Ergosterin oder Vitamin D2 aus Lebensmitteln, speziell aus Obst und Obsterzeugnissen, zu gesundheitsschädigenden Wirkungen wie etwa einer Vitamin-D-Überdosierung (Hypervitaminose) führen kann.

1. Gegenstand der Bewertung

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat sich mit der Frage befasst, ob Erkenntnisse und/oder Daten zum Vorkommen von Ergosterol in Obst und Obsterzeugnissen vorliegen, die für die Feststellung von Toleranzwerten für Ergosterin in Obst und Obsterzeugnissen genutzt werden können. Weiterhin wurde geprüft, ob aus toxikologischer Sicht Höchstwerte für Ergosterin in Obst und Obsterzeugnissen formuliert werden können. Die Prüfung soll die Arbeiten der Fachausschüsse der Deutschen Lebensmittelbuch-Kommission (DLMBK) dabei unterstützen, geeignete Formulierungen für die Leitsätze ableiten zu können.

2. Ergebnis

Dem BfR liegen keine Informationen zu Gehalten an Ergosterin in Obst oder Obsterzeugnissen vor, die die Festlegung von Toleranzwerten für diese Lebensmittelgruppen erlauben. Es existiert lediglich eine begrenzte Anzahl an Daten aus wissenschaftlichen Publikationen zu Ergosteringehalten in Obst und Obsterzeugnissen, aber es liegen weder Daten aus eigenen Untersuchungen oder Forschungsprojekten des BfR noch aus Monitoringprogrammen der amtlichen Überwachung vor.

Dem BfR liegen keine Hinweise vor, dass die Aufnahme von Ergosterin bzw. Vitamin D2 aus Lebensmitteln, speziell aus Obst und Obsterzeugnissen, zu adversen Effekten (z. B. zu einer Hypervitaminose) führen kann. Ferner existieren keine Hinweise darauf, dass die Aufnahme von UV-behandelten Lebensmitteln unter Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen der Europäischen Union gesundheitlich bedenklich ist.

Darüber hinaus wird eine mögliche Korrelation zwischen Ergosterin- und Mykotoxingehalten in Lebensmitteln diskutiert. Die Datenlage zu einer möglichen Co-Kontamination mit Mykotoxinen wird vom BfR jedoch als unzureichend für die Ableitung von Höchstgehalten für Ergosterin in Obst und Obsterzeugnissen angesehen.

Die Frage, ob der Ergosteringehalt ein geeigneter Indikator für die Kontamination von Lebensmitteln, wie z. B. Fruchtsäften mit Mykotoxinen darstellt oder als allgemeiner Qualitätsindikator für Obst- und Obsterzeugnisse herangezogen werden kann, kann somit anhand der vorliegenden Daten nicht abschließend geklärt werden.

3. Begründung

3.1. Beschreibung des Agens

Ergosterin ist in der Zellmembran von Pilzen und in deutlich geringeren Konzentrationen auch in Hefen enthalten. Die Biosynthese von Ergosterin hängt von einer Vielzahl von Faktoren, wie der jeweiligen Pilzspezies, dem Alter der Pilze, dem Nährstoffangebot sowie dem Vorhandensein von Sauerstoff, ab (Ghiretti *et al.*, 1995).

Physiologisch vermittelt Ergosterin die selektive Permeabilität der Membran intakter Zellen. Demzufolge wird die Detektion der Substanz als Indikator für das unerwünschte mykotische Wachstum in Tomatenprodukten als Hygieneparameter herangezogen (Kadikal & Tepe, 2019).

Die ernährungsphysiologische Relevanz von Ergosterin (Provitamin D2) besteht in seiner Funktion als Vorstufe für die Biosynthese von Vitamin D2, das als Prohormon wiederum zum biologisch aktiven Vitamin D (Calcitriol) umgewandelt wird (siehe auch Abschnitt 3.3.1). Calcitriol ist entscheidend für die Aufrechterhaltung der Calcium- und Phosphat-Homöostase und fördert unter anderem die Knochenmineralisation und neuromuskuläre Koordination.

Das BfR beantwortet im folgenden Abschnitt spezifische Fragen zur Thematik.

3.2 Frage 1: Liegen dem BfR Erkenntnisse und/oder Daten zum Vorkommen von Ergosterin in Obst und Obsterzeugnissen vor, die für die Feststellung solcher Toleranzwerte genutzt und der DLMBK zur Verfügung gestellt werden können?

Dem BfR liegen keine Daten zu Gehalten an Ergosterin in Obst oder Obsterzeugnissen aus eigenen Untersuchungen, Forschungsprojekten oder Monitoringprogrammen der amtlichen Überwachung vor. Im Auftragsdatenverarbeitungs (ADV)-Katalog des Bundesamts für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) existiert zwar ein Code für den Parameter „Ergosterin 5,7,22-Ergostatrien-3b-ol Provitamin D2“, aber in den Jahren 1995 bis 2017 wurden keine Daten im Nationalen Monitoring erhoben.

Dies deckt sich mit persönlichen Mitteilungen von Sachverständigen der amtlichen Lebensmittelüberwachung für die Beurteilung von Fruchtsäften und Obstprodukten. Einzig am Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL, Würzburg) findet derzeit eine Datensammlung zu Ergosteringehalten in verschiedenen Produkten wie z.B. Tomatensäften, Beerenkonfitüren und Smoothies mit Beeren statt. Die Ergebnisse hierzu werden im Jahresbericht 2019 des LGL veröffentlicht.

Darüber hinaus liegen nach dem aktuellen Kenntnisstand des BfR nur wenige publizierte Daten zu Gehalten an Ergosterin in Obst und Obsterzeugnissen vor. Decloedt *et al.* quantifizierten Ergosterin in Getränken wie Frucht- und Gemüsesäften. In den meisten Saftproben wurde kein Ergosterin detektiert. Nur in Granatapfelsaft und gemischtem Gemüsesaft wurden Ergosteringehalte von 17 bzw. 29 µg/100 mL gemessen (Decloedt *et al.*, 2017). Kadakal *et al.* (2005) untersuchten Ergosterin in rohem Apfelsaft bei unterschiedlichen Fäulnisgraden und stellten fest, dass mit zunehmender Fäulnis die Ergosteringehalte signifikant anstiegen (Fäulnisanteil 0; 30; 60; 100% - Ergosteringehalt 0,7; 23,9; 63; 111 mg/L). Auch die Analyse verschiedener Traubensorten ergab eine Korrelation des Ergosteringehalts mit dem Fäulnisgrad (Porep *et al.*, 2014). Weiterhin gibt es einige Arbeiten zu Tomatenprodukten, die Kadakal und Tepe in ihrem Übersichtsartikel zu „Ergosterol als neuer Qualitätsparameter in Lebensmitteln“ diskutieren (Kadakal & Tepe, 2019).

Abschließend lässt sich somit sagen, dass dem BfR keine Daten zu Gehalten an Ergosterin in Obst oder Obsterzeugnissen vorliegen, die die Festlegung von Toleranzwerten für diese Lebensmittelgruppen erlauben.

3.3 Frage 2: Ist es hierfür relevant und können ggf. aus toxikologischer Sicht Höchstwerte für Ergosterin in Obst und Obsterzeugnissen formuliert werden?

Zur Beantwortung dieser Frage wird im Folgenden sowohl das toxische Potential als auch die ernährungsphysiologische Relevanz von Ergosterin in Lebensmitteln diskutiert. Ferner wird in diesem Zusammenhang der Aspekt einer möglichen Co-Kontamination mit Mykotoxinen aufgeführt. Außerdem werden Diskussionsergebnisse der BfR-Kommission für Wein- und Fruchtsaftanalysen (Wufak) im Hinblick auf Ergosterin als möglicher Indikator für die Kontamination von Fruchtsäften mit Mykotoxinen dargestellt.

3.3.1 Gefährdungspotenzial von Ergosterin

Zahlreiche Lebensmittel enthalten Ergosterin, das primäre Sterin der Zytoplasmamembran von Pilzen. In Champignons wurden beispielsweise Ergosteringehalte von 2,4-8,2 mg/100g nachgewiesen (Seeburg, 2014). Da es in der Regel im Gewebe höherer Pflanzen nicht oder nur in sehr geringen Mengen vorkommt, wird es als ein zuverlässiger Indikator für den Pilzbefall (Hefen, Schimmelpilze) angesehen.

Durch UV-Bestrahlung wird Ergosterin (Provitamin D2) photochemisch in Vitamin D2 (Ergocalciferol) umgewandelt. Nach Aufnahme wird aus dem Prohormon Vitamin D2 in der Leber zunächst das 25-Hydroxy-Vitamin D2 (25-(OH)D2) gebildet. In den Nieren entsteht dann die biologisch aktive Form, 1 α ,25-Dihydroxy-Vitamin D (Calcitriol), welches seine Wirkungen vornehmlich über den Vitamin D-Rezeptor entfaltet. Hohe Dosen des zum Beispiel aus Ergosterin photochemisch gebildeten Vitamin D2 können demnach zu einem Anstieg der 25-(OH)D-Konzentration im Blut beitragen (Jasinghe *et al.*, 2005; Koyyalamudi *et al.*, 2009; Wilson *et al.*, 2017).

Eine Erhöhung der Plasmakonzentration von 25-(OH)D auf Werte > 400 nmol/L kann zu einer Hypervitaminose führen, wobei auch geringere Konzentrationen mit einer toxischen Wirkung verbunden sein können. Mögliche Folgen einer Vitamin D-Intoxikation sind u.a. Hyperkalzämie, Herzrhythmusstörungen sowie Einschränkungen der Nierenfunktion (EFSA, 2012; Koul *et al.*, 2011).

Dementsprechend wurde für Vitamin D eine obere Sicherheitsgrenze (UL, *Tolerable upper intake level*) von 100 μ g pro Tag für Erwachsene sowie 25 μ g pro Tag für Säuglinge (0-1 Jahr) bzw. 50 μ g pro Tag für Kleinkinder und Kinder (1-10 Jahre) abgeleitet. Der NOAEL (engl. *no observed adverse effect level*) für Vitamin D liegt für gesunde Erwachsene bei 250 μ g pro Tag (EFSA 2012, 2018). Die Schwelle für Vitamin-D-Intoxikationen liegt bei Erwachsenen mit normaler Funktion der Nebenschilddrüse bei 1000 μ g – 2500 μ g pro Tag über 1 bis 2 Monate. Laut der Gemeinsamen Expertenkommission BVL/BfArM (Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte) zur Einstufung von Stoffen kann jedoch allein durch den Verzehr üblicher Lebensmittel oder durch deren vorherige UV-Bestrahlung (siehe auch Abschnitt 3.3.2) eine Vitamin-D-Intoxikation nicht hervorgerufen werden (BVL/BfArM 2017).

In Bezug auf die oben genannte Fragestellung liegen aus toxikologischer Sicht keine Hinweise vor, dass die Aufnahme von Ergosterin bzw. Vitamin D2 aus Lebensmitteln, speziell aus Obst und Obsterzeugnissen, zu adversen Effekten (z.B. zu einer Hypervitaminose) führen kann. In mehr als der Hälfte der Bevölkerung wird ein wünschenswerter Blutserumspiegel des Markers 25-(OH)D von 50 nmol/L im Blut nicht erreicht (BVL/BfArM 2017). Die Umwandlungsrate von Ergosterin in Vitamin D2 und weiter zu 25-(OH)D ist zudem von zahlreichen Faktoren abhängig (UV-Spektrum, Bestrahlungsdosis, Bioverfügbarkeit, etc.).

3.3.2 Ergosterin in Lebensmitteln

Inwieweit aus Pilzkontaminationen resultierende erhöhte Ergosteringehalte in Lebensmitteln den Status an endogenem Vitamin D beeinflussen können, kann anhand der verfügbaren Daten nicht beurteilt werden. Möglicherweise ist die Aufnahme von Vitamin D₂ aus Lebensmitteln, wie beispielsweise Schokoladenprodukten, aufgrund von Pilzkontaminationen höher als angenommen (Kühn et al., 2018) und sollte bei der Expositionsbeurteilung von Vitamin D berücksichtigt werden.

Weiterhin wurden in den letzten Jahren neuartige Lebensmittel von der Europäischen Kommission zugelassen, die aufgrund einer Bestrahlung mit UV-Licht einen erhöhten Gehalt an Vitamin D₂ aufweisen. Dazu zählen UV-behandelte Bäckerhefe, UV-behandeltes Brot sowie UV-behandelte Pilze (EU Kommission, 2017). Der technische Prozess der UV-Bestrahlung kann zu Vitamin D₂-Konzentrationen von bis zu 700 µg pro 100 g Lebensmittel führen (Urban et al., 2011). Von der Kommission wurden jedoch Höchstgehalte für Vitamin D₂ im Endprodukt festgelegt. Die EFSA geht davon aus, dass bei einer Ausschöpfung der Höchstgehalte und maximaler Verwendungsmenge der UL an Vitamin D weder bei Erwachsenen noch bei Kindern überschritten wird. Toxikologische Studien zu den oben genannten UV-behandelten Lebensmitteln liegen nicht vor. Es gibt jedoch keine Hinweise darauf, dass die Aufnahme von UV-behandelten Lebensmitteln unter Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen gesundheitlich bedenklich ist (EFSA, 2014; 2015).

3.3.3 Zusammenhang zwischen Ergosterin und Mykotoxinen

Bei einigen Schimmelpilzgattungen (z.B. *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*) handelt es sich um Toxin-bildende Schimmelpilze, die Mykotoxine als Sekundärmetaboliten produzieren, deren Kontamination in Lebensmitteln schwere gesundheitliche Folgen für den Verbraucher haben kann.

Die Biosynthese dieser Toxine wird analog zur Ergosterinbildung von einer Reihe exogener Faktoren beeinflusst (z. B. Temperatur, Wasseraktivität, pH-Wert) und variiert je nach Stamm und Toxin. Beispielsweise produziert *Aspergillus flavus* temperaturabhängig Aflatoxin (30 °C) oder Cyclopiazonsäure (25 °C) (Gqaleni et al., 1997).

Demzufolge kann eine Kontamination mit Schimmelpilzen auch zu einer Mykotoxinkontamination führen, weshalb diskutiert wird, ob die Detektion von Ergosterin in Lebensmitteln nicht nur als Hygieneparameter, sondern auch als Indikator für eine Belastung mit Mykotoxinen herangezogen werden kann (Kadalkal & Tepe, 2019). Daher untersuchten einige Studien eine mögliche Korrelation zwischen dem Ergosteringehalt und der Bildung von Mykotoxinen in verschiedenen Lebensmitteln (u.a. Pietri et al., 2004; Karaca & Nas, 2006; Ekinci et al., 2014; Yassihuyuk et al., 2014). Um beurteilen zu können, ob der Ergosteringehalt ein geeigneter Indikator für die Kontamination von Lebensmitteln, wie z. B. Fruchtsäften mit Mykotoxinen, darstellt oder als allgemeiner Qualitätsindikator für andere Lebensmittel als Tomatenprodukte herangezogen werden kann, ist die aktuelle Datenlage jedoch nicht ausreichend (Kadalkal & Tepe, 2019).

Einzig von der *European Fruit Juice Association* (AIJN) wurde im Jahr 2018 ein maximaler Ergosteringehalt von 0,76 mg/L als Qualitätsparameter für Tomatensaft in den Guidelines des *Code of Practice* festgelegt. Nach Informationen der Schutzgemeinschaft Fruchtsaftindustrie e.V. (SGF) leitet sich dieser Wert von dem in Italien angewendeten Höchstwert für Ergosteringehalte in Tomatenpüree ab.

3.3.4 Ergebnisse der Diskussionen der BfR-Kommission für Wein- und Fruchtsaftanalysen zu Ergosterin als Qualitätsparameter in Wein und Fruchtsäften

Auf den Sitzungen der BfR-Kommission für Wein- und Fruchtsaftanalysen (Wufak) der Jahre 2014 und 2015 wurde von den Mitgliedern der Kommission Ergosterin als Qualitätsparameter für Fruchtsäfte diskutiert. Insbesondere wurde von Industrievertretern über die Diskussion und Einführung des Ergosteringehaltes als Qualitätsparameter für Tomatensaft in den *Code of Practice* der *European Fruit Juice Association* (AIJN) berichtet. Wie bereits erwähnt, hat die *European Fruit Juice Association* (AIJN) im Jahr 2018 einen maximalen Ergosteringehalt von 0,76 mg/L als Qualitätsparameter für Tomatensaft in den Guidelines des *Code of Practice* festgelegt.

Zu anderen Produkten wie z.B. Traubensaft wurden verschiedene Parameter (Gluconsäure, Glycerol und Ergosterin) als Indikatoren für eine Belastung mit Mykotoxinen diskutiert. Im Hinblick auf die Herstellung von Wein wurde auf die Verwendung von „edelfaulen“ Trauben für bestimmte Auslesen hingewiesen, bei denen aufgrund der gewünschten Infektion mit bestimmten Pilzen wie *Botrytis cinerea* höhere Gehalte an Ergosterin zu erwarten sind.

Den Mitgliedern der Wufak lagen insgesamt jedoch nur wenige Daten und Erkenntnisse als Diskussionsgrundlage vor, sodass die Eignung des Ergosteringehalts als Indikator für die Kontamination von Fruchtsäften mit Mykotoxinen, oder als allgemeiner Qualitätsindikator, nicht abschließend beurteilt werden konnte.

Weitere Informationen auf der BfR-Website zum Thema Vitamine

A-Z-Index zu Vitaminen:

https://www.bfr.bund.de/de/a-z_index/vitamine-5073.html



„Stellungnahmen-App“ des BfR

4. Referenzen

- BVL/BfArM (Gemeinsame Expertenkommission zur Einstufung von Stoffen) (2017). Stellungnahme zu Vitamin-D-haltigen Produkten (01/2016) Revision 1.1 (2017).
- Decloedt A. I., Van Landschoot A., Watson H., Vanderputten D., Vanhaecke L. (2017). Plant-Based Beverages as Good Sources of Free and Glycosidic Plant Sterols. *Nutrients* **10(1)**: 21.
- EFSA (European Food Safety Authority: Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA)), (2012). Scientific Opinion in the Tolerable Upper Intake Level of vitamin D. *EFSA Journal* **10(7)**: 2813.
- EFSA (European Food Safety Authority: Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA)), (2018). Update of the tolerable upper intake level for vitamin D for infants. *EFSA Journal* **16(8)**: 5365.
- Ekinci R., Otag, M., Kadakal C. (2014). Patulin and Ergosterol: New quality parameters together with aflatoxins in hazelnuts. *Food chemistry* **150**: 17-21.
- EU Kommission (2017). Durchführungsverordnung (EU) 2017/2470 der Kommission vom 20. Dezember 2017 zur Erstellung der Unionsliste der neuartigen Lebensmittel gemäß der Verordnung (EU) 2015/2283 des Europäischen Parlaments und des Rates über neuartige Lebensmittel. *Amtsblatt der Europäischen Union* **L351**: 72.
- Ghiretti G. P., Spotti E., Strina F., Sandei L., Mori G., Attolini G., Leoni C. (1995). Ergosterol production by different types of moulds able to colonize tomato. *Industria Conserve* **70(1)**: 3-12.
- Gqaleni N., Smith J. E., Lacey J., Gettinby G. (1997). Effects of temperature, water activity, and incubation time on production of aflatoxins and cyclopiazonic acid by an isolate of *Aspergillus flavus* in surface agar culture. *Applied and Environmental Microbiology* **63(3)**: 1048-1053.
- Jasinghe V. J., Perera C. O., Barlow P. J. (2005). Bioavailability of Vitamin D2 from irradiated and mushrooms: an in vivo study. *British Journal of Nutrition* **93(6)**: 951-955.
- Kadakal C., Nas S., Ekinci R. (2005). Ergosterol as a new quality parameter together with patulin in raw apple juice produced from decayed apples. *Food Chemistry* **90(1-2)**: 95-100.
- Kadakal C. & Tepe T. K. (2019). Is Ergosterol a new microbiological quality parameter in foods or not? *Food Reviews International* **35(2)**: 155-156.
- Karaca H. & Nas S. (2006) Aflatoxins, patulin and Ergosterol contents of dried figs in Turkey. *Food Additives and Contaminants* **23(5)**: 502-508.
- Koul P. A., Ahmad S. H., Ahmad F., Jan R. A., Shah S. U., Khan U. H. (2011). Vitamin d toxicity in adults: a case series from an area with endemic hypovitaminosis d. *Oman medical journal* **26(3)**: 201.

- Koyyalamudi S. R., Jeong S. C., Song C. H., Cho K., Y., Pang G. (2009). Vitamin D₂ formation and bioavailability from *Agaricus bisporus* button mushrooms treated with ultraviolet irradiation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **57(8)**: 3351-3355.
- Kühn J., Schröter A., Hartmann B. M. Stangl G. I. (2009). Cocoa and chocolate are sources of Vitamin D₂. *Food Chemistry* **269**: 318-320.
- Pietri A., Bertuzzi T., Pallaroni L., Piva G. (2004) Occurrence of mycotoxins and Ergosterol in maize harvested over 5 years in Northern Italy. *Food Additives and Contaminants* **21(5)**: 479-487.
- Seeburg N. (2014). Entwicklung, Validierung und Anwendung einer Methode zur Vitamin D Analytik in Lebensmitteln mittels LC-MS/MS. Naturwissenschaftliche Fakultät II - Chemie, Physik und Mathematik, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- Urbain P., Singer F., Ihorst G., Biesalski H. K., Bertz H. (2011) Bioavailability of Vitamin D₂ from UV-B-irradiated button mushrooms in healthy adults deficient in serum 25-hydroxyvitamin D: a randomized controlled trial. *European Journal of Clinical Nutrition* **65(8)**: 965-971.
- Wilson L. R., Tripkovic L., Hart K. H., Lanham-New S. A. (2017). Vitamin D deficiency as a public health issue: using vitamin D₂ or vitamin D₃ in future fortification strategies. *Proceedings of the Nutrition Society* **76(3)**: 392-399.
- Yassihuyuk N., Kadakal C., Otag M. (2014). Ergosterol and Patulin Contents of Conventional and Homemade Red Peppers and Hot Red Peppers Pastes. *Journal of Food Processing and Technology* **5**: 1-5.

Über das BfR

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) ist eine wissenschaftlich unabhängige Einrichtung im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Es berät die Bundesregierung und die Bundesländer zu Fragen der Lebensmittel-, Chemikalien- und Produktsicherheit. Das BfR betreibt eigene Forschung zu Themen, die in engem Zusammenhang mit seinen Bewertungsaufgaben stehen.