

UV-Behandlung von opaken Milchmedien zum Einstellen des Vitamin-D₃-Gehalts



Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
Forschungseinrichtung(en):	Max-Rubner-Institut (MRI) Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel Institut für Sicherheit und Qualität bei Milch und Fisch (Kiel) Prof. Dr. Jan Fritsche/Dr. Katrin Schrader/Dr. Stefan Nöbel Max-Rubner-Institut (MRI) Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel Institut für Lebensmittel- und Bioverfahrenstechnik (Karlsruhe) Dr. Ralf Greiner/Dr. Mario Stahl
Industriegruppe(n):	Milchindustrie-Verband e.V (MIV), Berlin
Projektkoordinator:	Dr. Simon Bauer Bayerische Milchindustrie eG (BMi), Wang
Laufzeit:	2020 – 2024
Zuwendungssumme:	€ 536.179,--

Ausgangssituation

Bereits vor rund 100 Jahren wurde die antirachitische Wirkung von UV-C behandelter Milch beobachtet, weshalb der Vertrieb von „Irradiated milk“ Anfang des letzten Jahrhunderts in den USA und auch teilweise in Deutschland durchaus üblich war. Als jedoch die Isolierung und Synthese von Vitamin D₃ erschwinglich wurde, wurde zur breiten Prophylaxe vor Knochenerkrankungen in einigen Ländern der nördlichen Hemisphäre (z.B. USA, Kanada) der Zusatz von künstlichem Vitamin D₃ in Vollmilch zur Standardmethode. Andere nordische Länder, wie z.B. Finnland, Norwegen und Schweden zogen neuerdings nach und ergänzten ihre Vollmilch und andere Milchprodukte standardmäßig mit dem „Sonnenvitamin“ Vitamin D₃. Jedoch ist die Ergänzung eines fettlöslichen Vitamins in einem wässrigen Medium, wie Milch, nicht ohne einen gewissen technischen Aufwand (z.B. Mikroverkapselung) möglich. Außerdem ist in manchen europäischen Ländern, wie zum Beispiel Deutschland, der Zusatz von Vitaminen in Konsummilch, nicht ohne Weiteres erlaubt. Da aber auch hier ein Teil der Bevölkerung zumindest in den Wintermonaten unter Vitamin D₃ Mangel leidet, wäre eine Anreicherung in Milch, der wichtigsten Calciumquelle des Menschen, von großem Vorteil. Die Firma Dairy Crest griff 2012 die bereits in Vergessenheit geratene UV-Behandlung von Milch wieder auf und beantragte UV-C behandelte

Milch als Novel Food zuzulassen, welches 2016 in der EU erfolgte. Heute weiß man, dass die antirachitische Wirkung einer UV behandelten Milch durch die Umwandlung von 7-Dehydrocholesterol entsteht, welches sich in der Milchfettkugelmembran befindet. Durch UV-Licht sollte es sich dann, wie auch schon in der Haut beobachtet, über Prävitamin D₃ in Vitamin D₃ umwandeln. Jedoch gibt es bisher keine Studien, die einen Zusammenhang zwischen UV-Dosis und Vitamin D₃ in Milch tatsächlich quantifiziert haben. Ziel dieses Forschungsvorhabens war es, die optimalen Bedingungen für eine UV-Behandlung von opaken Milchprodukten zu ermitteln, um diese für die gezielte Bildung von Vitamin D₃ einzusetzen. Mit einer homogenen Vitamin D₃-Bildung aus eigenen Inhaltsstoffen könnte sowohl Vitamin D₃-angereicherte Milch in Deutschland vertrieben werden als auch der bisherige Zusatz von künstlichem Vitamin D₃ in anderen Ländern ersetzt werden.

Forschungsergebnis

Bei der Untersuchung unterschiedlicher UV-C Reaktoren (mikrobiologische und chemische Aktinometrie) ergab sich, dass ein mit Strömungselementen (SLE) bestückter Dünnschichtreaktor (DFR) für Milch am effizientesten ist. Die Strömungselemente wurden vom Institut für Mikroverfahrenstechnik (IMVT) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) entwickelt und mittels selektiver Laserschmelztechnologie gefertigt.

Im Rahmen des Projektes wurde ein transportabler, lebensmittelgerecht ausgelegter Reaktor mit in Reihe geschalteten DFR-Modulen aufgebaut und in Betrieb genommen. Dieser kann in vorhandene Anlagensysteme (z.B. UHT-Anlage) eingebunden werden und ist CIP-reinigungsfähig. Zusätzlich wurde eine bisher standardmäßig verwendete chemische Aktinometrie, die gesundheitlich riskante Substanzen enthielt, durch ein lebensmitteltaugliches chemisches Aktinometer ersetzt, das innerhalb dieses Projekts so (weiter-)entwickelt wurde, dass es auch im industriellen Maßstab in lebensmittelproduzierenden Unternehmen anwendbar ist. Des Weiteren wurde ein verlässliches und genaues Analyseverfahren für Vitamin D₃ in Milch mittels LC-MS/MS etabliert und validiert, mit dem man im untersuchten Konzentrationsbereich 5 bis 30 ng/mL die Vitamin D₃-Konzentration in Milch analysieren kann. Stabilitätsuntersuchungen des Vitamin D₃ in UV-behandelter Milch ergaben, dass sowohl bei lichtgeschützter Lagerung bei +4 und bei -22 °C, als auch nach einer Hoherhitzung, keine signifikante Änderung des UV-generierten Vitamin D₃-Gehalts auftritt. Die Temperatur während einer UV-Behandlung hatte hingegen einen Effekt auf die Vitamin D₃ Bildung. Die effizienteste Vitamin D₃-Bildung wurde bei der höchsten untersuchten Behandlungstemperatur von 50 °C beobachtet, was auf die thermische Isomerisierung des Zwischenprodukts Prävitamin D₃ zu Vitamin D₃ zurückgeführt werden kann. Allerdings zeigten sich im Vergleich zu 20 °C höhere Vitamin D₃ Werte bei einer niedrigeren Temperatur von 10 °C. Grund hierfür könnte ein Minimum der optischen Dichte von Milch bei etwa 12–14 °C sein, welches während im Rahmen dieses Projekts erstmals beobachtet und publiziert wurde. Außerdem wurde die laminare Dünnschichtbehandlung (0,6 mm) mittels DFR+SLE für die Vitamin D₃ Bildung in Milch als effizienter gegenüber einer turbulenten Strömung ermittelt, welches gut zu den vorherigen mikrobiologischen Ergebnissen passt. Während eine Homogenisierung vor oder nach einer UV-Behandlung der Milch scheinbar keinen Einfluss auf die entstehende Vitamin D₃ Konzentration hat, scheint der Fettgehalt über einen weiten Bereich mit dem entstehenden Vitamin D₃ positiv zu korrelieren. Die UV-C Behandlung einer fettarmen Buttermilch (0,7 % Fett) führte zu vergleichbaren Vitamin D₃ Konzentrationen, wie bei einer UV-C behandelten Vollmilch mit 3,5 % Fett, weil die Vorläuferverbindung 7-Dehydrocholesterol (Provitamin D₃) in der Milchfettkugelmembran lokalisiert ist. Deshalb lässt sich eine Buttermilch, die vor allem Bruchstücke dieser Membran enthält, besonders gut mit UV generiertem Vitamin D₃ anreichern. Die Untersuchungen des Einflusses unterschiedlicher UV-Wellenlängen (313, 280 und 254 nm) zeigten, dass nach einer Behandlung im UV-B-Bereich mit 313 nm kaum messbares Vitamin D₃ vorliegt, während es im UV-C-Bereich mit 254 nm deutlich messbar wurde. Die effizienteste Wellenlänge lag jedoch an der Grenze von UV-C zu UV-B (280 nm). Hier konnte die Vitamin D₃-Konzentration gegenüber einer Behandlung bei 254 nm nochmal um ein Vielfaches gesteigert werden. Diese Resultate passen zum UV-Absorptionsspektrum von reinem 7-Dehydrocholesterol.

Wirtschaftliche Bedeutung

Die deutsche Milchindustrie gehört mit über 200 Betrieben und rund 37.000 Beschäftigten zu den wichtigsten Branchen der deutschen Lebensmittelindustrie und erwirtschaftet einen Jahresumsatz von mehr als 37 Mrd. € (2023).

Die Anwendung von UV-Technologie eröffnet milchverarbeitenden Unternehmen die Möglichkeit, den Vitamin D₃-Gehalt in Milch gezielt einzustellen. Die UV-Technologie ist leicht in den Prozessablauf der Milchbearbeitung integrierbar, da die Anlagentechnik einfach konzipiert ist, wenig Stellfläche benötigt, kontinuierlich betrieben werden kann und nur geringer Investitionskosten bedarf. Die Ergebnisse des Vorhabens versetzen Unternehmen in die Lage, Konzepte für eine strömungstechnische und hygienegerechte Gestaltung einer UV-Behandlung zu entwickeln und einzusetzen. Die vorliegenden Daten zur Einstellung des Vitamin D₃-Gehalts schaffen die Grundlage, um neue Milchprodukte mit gesundheitlicher Wirkung zu entwickeln. Besonders kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) könnten sich hierdurch mit maßgeschneiderten Produkten für eine alternde Bevölkerung Nischen im Markt erschließen wie z.B. im Bereich der Osteoporose-Prophylaxe.

Publikationen

1. FEI-Schlussbericht 2024.
2. Fiege, J. L., Ohrt, A., Hebig, S., Schrader, K., Gräf, V., Martin, D., Maul, R. & Stahl, M.: Vitamin D₃ formation in milk by UV treatment - Novel insights into a rediscovered process. J. of Dairy Science (2024).
3. Fiege, J. L., Woll, B., Hebig, S., Dabrowski, A., Gräf, V., Walz, E., Nöbel, S., Schrader, K. & Stahl, M.: Observation of a temperature dependent anomaly in the UV translucency of milk useful for UV-C preservation techniques. Scientific Reports, 13(1) 21937 (2023).
4. Fiege, J. L., Dabrowski, A., Stahl, M., Schrader, K., Gräf, V., Nöbel, S., Martin, D., Hirt, B. & Fritsche, J.: Vitamin D₃ Mangel vorbeugen – ganz ohne Zusätze! Molkerei-Industrie H. 6, S. 2-3 (2023).
5. Fiege, J. L., Hirt, B., Gräf, V., Nöbel, S., Martin, D., Fritsche, J., Schrader, K. & Stahl, M.: Uridine as a non-toxic actinometer for UV-C treatment: influence of temperature and concentration. Heliyon, 8 e11437 (2022).

Weiteres Informationsmaterial

Max-Rubner-Institut (MRI)
Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel
Institut für Sicherheit und Qualität bei Milch und Fisch (Kiel)
Hermann-Weigmann-Straße 1, 24103 Kiel
Tel.: +49 431 609-2236
Fax: +49 431 609-2222
E-Mail: katrin.schrader@mri.bund.de

Max-Rubner-Institut (MRI)
Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel
Institut für Lebensmittel- und Bioverfahrenstechnik (Karlsruhe)
Haid-und-Neu-Str. 9, 76131 Karlsruhe
Tel.: +49 721 6625336
Fax: +49 721 6625303
E-Mail: mario.stahl@mri.bund.de

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)
Godesberger Allee 125, 53175 Bonn
Tel.: +49 228 3079699-0
Fax: +49 228 3079699-9
E-Mail: fei@fei-bonn.de

Förderhinweis

... ein Projekt der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)

Gefördert durch:



Das o. g. IGF-Vorhaben der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Godesberger Allee 125, 53175 Bonn, wird/wurde im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Bildnachweis - Seite 1: © Mario Stahl / MRI Karlsruhe – Katrin Schrader / MRI Kiel

Stand: 25. Oktober 2024