

UHT-Erhitzen von pflanzlichen, flüssigen Milchalternativen: Daten zur Prävalenz und thermischen Resistenz von Sporen- bildnern zur Auslegung der thermischen Behandlung



Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
Forschungseinrichtung(en):	Universität Hohenheim Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie FG Milchwissenschaft und -technologie Prof. Dr. Jörg Hinrichs/Anne Gleißle
Industriegruppe(n):	Milchindustrie-Verband e.V. (MIV), Berlin
Projektkoordinatorin:	Wiebke Sünram Schwarzwaldmilch GmbH Freiburg
Laufzeit:	2021 – 2024
Zuwendungssumme:	€ 248.106,--

Ausgangssituation

Werden pflanzliche Alternativen zu Milch (wie z. B. Hafer- oder Mandeldrinks) hergestellt, werden derzeit in der lebensmittelproduzierenden Praxis Anlagen als auch Prozessbedingungen boviner Milch verwendet. Produkt- bzw. inhaltsstoffschonende Prozessbedingungen für das Einhalten der Sterilität, wie z. B. das UHT-Erhitzen, sind über Jahrzehnte wissenschaftlich vertieft an boviner Milch erforscht worden. Wird ein Milchgetränk auf pflanzlicher Basis hergestellt, ist einerseits die Mikrobiota des Ausgangsmaterials, andererseits die Endformulierung, die Inhaltsstoffe mit protektiven Eigenschaften besitzen kann, gegenüber boviner Milch deutlich verändert. Es können beispielsweise besonders hitzeresistente Mikroorganismen bzw. deren Endosporen in dem pflanzlichen Ausgangsmaterial enthalten sein, auf die das thermische Processing angepasst werden muss, um mikrobiell bedingte Reklamationen auszuschließen.

Derzeit wird in der Praxis aufgrund eines unzureichenden Kenntnisstands und zur Prävention von kontaminationsbedingten Ausfällen eine Erhitzung durchgeführt, die z. T. über der UHT-Behandlung boviner Milch liegt. Es ist möglich, dass die Erhitzungsbedingungen auch produktschonender gewählt werden könnten, wenn sich zeigen sollte, dass die Ausgangslast an bakteriellen hitzeresistenten Sporen bzw. deren Hitzeresistenz in den Ausgangsmaterialien geringer ist. In der aktuellen Literatur fehlen bisher systematische Studien zur Zusammensetzung der mikrobiellen, aeroben Sporenbildner in den zur Herstellung von Alternativen zu Milch verwendeten pflanzlichen Ausgangsmaterialien. Zudem fehlen Kenntnisse, welche besonderen Charakteristika (z. B. sehr hohe Hitzeresistenz) bislang unzureichend beschriebene Arten aufweisen können, die für die Lebensmittelproduktion relevant sind, sowie Daten bzgl. des Auftretens hoher Sporenkonzentrationen in einzelnen Chargen, die durch hochkontaminierte Ausgangsmaterialien oder durch Rekontamination während des Processings verursacht sein können.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, eine Datenbasis über die Zusammensetzung und Hitzeresistenz der sporenbildenden Mikrobiota in den zur Herstellung von pflanzlichen, flüssigen Alternativen zu Milch verwendeten Ausgangsmaterialien zu schaffen, um ein optimales Processing zu ermöglichen, das sich einerseits durch eine hohe Sicherheit (kein mikrobieller Verderb) und andererseits durch eine gleichzeitig möglichst schonende Erhitzung (Erhalt von wertgebenden Inhaltsstoffen) auszeichnet.

Folgende Forschungsfragen standen im Mittelpunkt des Projekts:

- Wie ist die Kontaminationslast an bakteriellen Sporenbildnern in Ausgangsmaterialien/-präparaten zur Herstellung pflanzlicher Alternativen zu Milch?
- Gibt es hinsichtlich der Hitzeresistenz und Toxinbildung potenziell kritische bzw. wenig kritische pflanzliche Produktgruppen?
- Wie sind die minimalen Erhitzungsbedingungen zu wählen, um ein schonend erhitztes, aber dennoch sicheres pflanzliches Getränk zu garantieren?

Forschungsergebnisse

Ziel der Versuche war, die mikrobielle Zusammensetzung verschiedener pflanzlicher Ausgangswaren zum Herstellen von pflanzlichen Alternativen zu Milch und den Endprodukten zu ermitteln. Dabei wurden die mesophile und thermophile Gesamtkeimzahl sowie der mesophile und thermophile Sporengehalt ermittelt. Daraus wird der Anteil an Sporen im untersuchten Produkt bestimmt.

Die bisher untersuchten Ausgangsmaterialien wie Hafer-, Mandel-, Erbsen- und Reismehl sowie Haferflocken, Sirupe und Proteinisolate zeigten einen durchschnittlichen Sporengehalt von 5 – 6 log₁₀ KbE/g auf, im schlimmsten Fall (*worst case*) wurde ein Sporengehalt von 7 log₁₀ KbE/g bestimmt. Die Sporengehalte variieren zwischen einzelnen Proben einer Produktgruppe stark. Einzelne Hafermehle zeigten niedrige Kontamination mit 2 log₁₀ KbE/g Sporen, andere bis zu 8 log₁₀ KbE/g. Je nachdem welches Ausgangsmaterial zum Herstellen der pflanzlichen Milchalternativen verwendet wird, variiert der Sporengehalt. Zum Teil unterscheidet sich die Vorbehandlung der Ausgangsmaterialien, was zu einer Selektion der besonders hitzeresistenten Sporen führen kann. Die untersuchten Sirupe zeigten beispielsweise Sporengehalte von 2 – 4 log₁₀ KbE/g. Die Sirupe werden durch Konzentrieren der Rohdrinks hergestellt und wurden bereits > 120 °C erhitzt.

Zwischen 41 – 80 % der untersuchten pflanzlichen H-Drinks waren steril (keine Kolonien gewachsen), und 8 % der Erbsendricks, 5 % der Mandeldricks, 9 % der Reisdicks und 11 % der Haferdricks zeigten Sporengehalte oberhalb des LOQ (< 10 KbE/mL). Es wurden die Sporengehalte der in den Jahren 2021/2022 und 2023/2024 untersuchten Haferdricks verglichen. Dabei zeigte sich, dass 2021/2022 84 % und 2023/2024 99 % der Dricks nach der Milchverordnung für H-Milch als „kommerziell steril“ einzuordnen wären. Die am häufigsten isolierten Bakterien gehörten zur Gattung *Bacillus*, darunter *B. licheniformis*, *B. subtilis* und *B. cereus*. Unter anderem wurden auch die hitzeresistenten *G. stearothermophilus* und *P. etheri* isoliert.

Die Wachstumsversuche in Haferdricks zeigten, dass *B. licheniformis* DSM13 Sporen innerhalb von 7 h nicht im Haferdrink auskeimen und anwachsen können, im Vergleich dazu wachsen sie im Vollmedium um 6 log-Stufen. Wachstumsversuche mit vegetativen *B. licheniformis* DSM13 Zellen zeigten keinen Unterschied zwischen Medium und Haferdrink. Ebenso ergab sich für *G. stearothermophilus* und *B. cereus* kein Unterschied im Wachstum. Die Sporen konnten im Haferdrink auskeimen und anwachsen. In den Wachstumsversuchen mit Sporenbildnern in Haferdricks zeigte sich teilweise ein verlangsamtes Auskeimen der Sporen im Vergleich zum Vollmedium. Allerdings wuchsen Stämme wie *B. cereus* im Haferdrink auch bereits innerhalb von 12 h an.

Die aus den pflanzlichen Rohmaterialien oder H-Dricks isolierten Endosporenbildner wurden auf ihre Hitzeresistenz untersucht. Dabei zeigten *B. licheniformis* Sporen einen D_{110°C}-Wert von 24 s. Zwei der aus Hafermehlen isolierten *B. licheniformis* Sporen zeigten erhöhte D_{110°C}-Werte von 36 s und 61 s. Bei 140 °C lagen die D-Werte dieser Stämme bei 2,4 s und 4,8 s. Der aus einem Hafermehl isolierte *G. stearothermophilus* wurde bei 140 °C nach 2 s um 1-log-Stufe reduziert. Die untersuchten *P. etheri* Stämme zeigten D_{140°C}-Werte von 1,2 bis 3,6 s. Es wurde kein Unterschied in der Hitzeresistenz der Sporen in Vollmedium und Haferdricks ermittelt. Nach diesen

Ergebnissen unterscheidet sich die Hitzeresistenz von Sporenbildnern aus pflanzlichen Rohstoffen und Endprodukten nicht von der von Sporenbildnern aus Milch.

Einzelpackungen von H-Haferdrinks wurden mit $1 \log_{10}$ KbE/mL *P. etheri* Sporen angeimpft und bei 5 °C und 30 °C für 21 Tage gelagert, um ein Kontaminations-Szenario zu simulieren. Simuliert wurde eine unzureichende Erhitzung eines Haferdrinks, dessen Keimzahlen unterhalb der Quantifizierungsgrenze von 10 KbE/mL liegt, womit der Drink als „kommerziell steril“ gelten würde. Es zeigte sich, dass die Sporen bei 5 °C über 21 Tage kaum anwachsen und sich erst nach 21 Tagen der pH-Wert von 7,5 auf 6 senkte. Bei einer Lagertemperatur von 30 °C wuchsen die $1 \log_{10}$ KbE/mL auf $5 \log_{10}$ KbE/mL an. Der pH-Wert fiel dabei von 7,5 auf 5,5. Das Produkt roch sauer und zeigte Gerinnung bzw. Aufrahmung.

Es wurden zwei Stufenkontrollen im Rahmen der Herstellung eines ESL-Haferdrinks durchgeführt. Die Ausgangskontamination der verwendeten Hafermehle variierte um 2 log-Stufen. Diese erhöhte Kontamination spiegelte sich im Prozess wider. Nach der enzymatischen Hydrolyse wurde in der Stufenkontrolle 1 kein erhöhter Keimgehalt detektiert, hingegen stieg bei Stufenkontrolle 2 die Keimzahl um 4 log-Stufen. Die Rohdrinks unterschieden sich um 3 log-Stufen. Das erhitze Endprodukt wies in beiden Fällen eine Keimzahl unterhalb des Quantifizierungslimits von 10 KbE/mL auf. In der Stufenkontrolle 1 waren alle Keimzahlen im Endprodukt unterhalb der Detektionsgrenze von 1 KbE/mL, das Endprodukt der Stufenkontrolle 2 zeigte einen gering erhöhten Gehalt thermophiler Sporen.

Wirtschaftliche Bedeutung

Die Ergebnisse sind gleichermaßen für milchverarbeitende Unternehmen wie für Hersteller veganer Lebensmittel relevant. Alternativgetränke zu Milch (auf pflanzlicher Basis) verzeichneten 2023 eine Absatzsteigerung von 85 % im Vergleich zu 2022; prognostiziert wird eine weitere Steigerung in den nächsten Jahren, woran insbesondere kleinere Unternehmen partizipieren könnten. Im Jahr 2022 lag der Pro-Kopf-Absatz von Milcherzeugnissen in Deutschland bei 3,8 Kilogramm. Laut Prognose soll der Absatz im Jahr 2028 auf 7,77 Kilogramm pro Person anwachsen. Von den Erkenntnissen des Projekts werden insbesondere kleine und mittlere Unternehmen profitieren, da diese weder die personellen noch die finanziellen Möglichkeiten haben, entsprechende Untersuchungen durchzuführen, um die thermische Behandlung so intensiv wie nötig und so schonend wie möglich auszulegen. Die im Projekt generierten Daten können auch für andere Produktgruppen, wie z. B. pflanzlichen Sahneersatz, vegane Proteindrinks oder Kaffeespezialitäten („to-go“), genutzt werden.

Auch ist eine Übertragung der Erkenntnisse auf feste Lebensmittel, die aus ähnlichen oder vergleichbaren Ausgangsmaterialien hergestellt werden (z. B. Alternativen zu Käse oder Fleisch), möglich.

Forschungsergebnisse

1. FEI-Schlussbericht 2024.
2. Gleissle, A., Schmidt, H., & Hinrichs, J.: Prevalence of spore-forming bacteria in plant-based raw materials used for plant-based milk alternatives. *International journal of food microbiology*, 439, 10.1016/j.ijfood-micro.2025.111255 (2025).
3. Gleißle, A. & Klauß, R.: Mikrofiltration zur Sporenreduktion in pflanzlichen Milchalternativen, *Deutsche Molkereizeitung (DMZ)*, 14, ISSN 1617-2795 (2024).

Weiteres Informationsmaterial

Universität Hohenheim
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie
FG Milchwissenschaft und -technologie
Prof. Dr. Jörg Hinrichs
Tel.: +49 711 459 23792

E-Mail: j.hinrichs@uni-hohenheim.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: © Krause, Johansen - MIV

Stand: 2. Oktober 2026