

## Lagerfähige Milchgelgranulate als neuer Grundstoff für das Herstellen von Käseprodukten



Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle(n):	Universität Hohenheim Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie FG Milchwissenschaft und -technologie Prof. Dr. Dr. Jörg Hinrichs  Universität Hohenheim Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie FG Lebensmittelverfahrenstechnik und Pulvertechnologie Prof. Dr. Reinhard Kohlus
Industriegruppe(n):	Milchindustrie-Verband e.V. (MIV), Berlin
Projektkoordinator:	Franz Prinz Käserei Champignon Hofmeister GmbH & Co. KG, Lauben
Laufzeit:	2020 - 2023
Zuwendungssumme:	€ 446.897,--

### Ausgangssituation

Um sich auf den internationalen Märkten behaupten zu können, ist es für die milchverarbeitende deutsche Industrie notwendig, neue Käseprodukte mit besonderen technofunktionellen Eigenschaften, wie z. B. nicht-schmelzenden Käse, zu entwickeln, neue Vermarktungswege zu erschließen oder geeignetes Rohmaterial für die Weiterverarbeitung bereitzustellen. Gefordert sind daher technologische Ansätze, die anstelle der Massenware Käse eine erhöhte Flexibilität bzgl. der Verarbeitung und der Qualitätseigenschaften des Endprodukts ermöglichen. Hierzu wurde im Rahmen des IGF-Projekts 18752 N eine Technologieplattform für Käseprodukte entwickelt. Diese basiert auf einem frisch produzierten Milchgelgranulat, das ohne das bisher übliche mehrstündige Pressen zu einer homogenen, in der Form variablen Matrix fusionierbar ist. In jeden einzelnen Rohkäse lassen sich gezielt Milchsäurebakterien injizieren und über deren Komposition Geschmack und Geruch individuell gestalten. Um zeitlich entkoppelt individuelle Käseprodukte vor Ort, z. B. in der Gastronomie, im Handel oder in anderen Ländern, herstellen zu können, wäre für diese Technologieplattform die Bereitstellung lagerfähiger Milchgelgranulate anstelle von frisch zu verarbeitendem Granulat wünschenswert.

Aktuell wird in Ländern, wie den arabischen Staaten oder China, wo die Eigenversorgung mit Milch nicht ausreichend ist, Käse u. a. aus rekonstituierter Milch hergestellt. Als Rohstoffe dienen Magermilchpulver und (Butter-)Reinfett. Stände zum Rekonstituieren stattdessen ein getrocknetes Milchgelgranulat zur Verfügung, wäre der Energiebedarf um 50 % und der Trinkwasserbedarf auf 1/10 gegenüber der Herstellung aus Magermilchpulver und Butterfett reduziert. Zudem würde vor Ort keine Molke anfallen, die verarbeitet oder entsorgt werden müsste. Alternativ könnte auch gefrorenes Milchgelgranulat zum Einsatz kommen, wobei allerdings beim

Export eine geschlossene Gefrierkette sichergestellt sein müsste. In beiden Fällen ist die Technologie der Milchbehandlung so abzustimmen, dass die technofunktionellen Eigenschaften des getrockneten/gefrorenen Milchgelgranulats ein Rekonstituieren ohne Verluste, z. B. durch Fettaustritt, sowie die Fusion zu einer homogenen Masse erlauben.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, Technologien der Milchvorbehandlung einerseits für die Anforderungen des Trocknens und andererseits für die des Gefrierens von Milchgelgranulat zu entwickeln, um die Voraussetzungen für die Herstellung eines lagerfähigen Intermediats zu schaffen, das nach dem Rekonstituieren als Grundstoff für eine flexible Käseproduktion genutzt werden kann. Des Weiteren sollten Alternativen zum Herstellen von Käse aus rekonstituiertem Magermilchpulver und Butterfett untersucht werden, um deren Potentiale bzgl. Energie- und Wasserbedarf bewerten zu können.

### **Forschungsergebnis**

Mit dem im Rahmen des IGF-Projekts 18752 N erarbeiteten Prozessschemas wurde ein Extruder etabliert, bei dem das Produkt direkt durch Mikrowellen anstelle einer indirekten Erhitzung mittels Heißwasserkreislauf und Doppelmantel erhitzt wurde. Ein Plastifizieren und Texturieren des Produkts war damit möglich. Die Erwärmung geschah dabei deutlich schneller als durch den davor entwickelten Extruder und weist vor allem in Hinblick auf ein Scale-up Potential auf. Fettaustritt war hierbei jedoch ein Problem.

Des Weiteren wurde ein Standardprozess zur Herstellung von Milchgelgranulaten etabliert. Dabei wurde als Prozessschritt die Homogenisierung der Milch vor dem Einlaben eingesetzt. Ziel war es, Fettverluste zu vermeiden, aber gleichzeitig noch einen Gel-Sol-Übergang zu erreichen. Die nach dem Standardprozess hergestellten Milchgelgranulate wurden mit zwei unterschiedlichen Gefriermethoden eingefroren, in gefrorenem Zustand bis zu 12 Wochen gelagert (-18 °C) und anschließend analysiert. Innerhalb der Proben kam es zu keinen signifikanten Änderungen bei der Lagerung und auch zwischen den beiden Gefrierverfahren wurden keine signifikanten Unterschiede gemessen. Gefrorene Milchgelgranulate sind folglich bis zu 12 Wochen lagerbar.

Milchgelgranulate wurden in Vorversuchen mit unterschiedlichen Methoden getrocknet (Hordentrocknung, Vakuumtrocknung, Gefriertrocknung). Zwei statistische Versuchspläne zur Wirbelschichttrocknung im Labor- und Pilot-Maßstab wurden durchgeführt. Aufgrund des Sinterns der Granulate war es zu Anfang notwendig, die Granulate manuell aufzulockern bzw. eine Vortrocknung mit einem regelmäßigen Auflockern vorzuschalten. Die Wasseraktivität konnte mit 2 bzw. 3 Stunden Trocknungszeit nicht unter einen  $a_w$ -Wert von 0,6 gesenkt werden. Dieser Befund lässt sich durch große, dichte Granulate mit feinen Poren und einer verhärtenden Oberflächenschicht erklären. Durch die Limitierung der Trocknungstemperatur unter den Gel-Sol-Übergang ist somit eine dynamische Trocknung anzusetzen mit möglichst kleinen Granulaten. Diese können durch homogenere Schneidwerkzeuge, eine Nachzerkleinerung in einem Kutter oder mit einer zweistufigen Trocknung mit einem Vermahlungsschritt realisiert werden.

Bezüglich der Rehydratation konnte kein signifikanter Effekt der Rehydatisierungstemperatur (20-40 °C) festgestellt werden, aber eine Vermahlung des Granulats konnte die benötigte Rehydratationszeit deutlich verkürzen, so dass diese unter der gefriergetrockneten Referenz lag.

Bei den Lagerversuchen wurden Milchgelgranulate auf einen  $a_w$ -Wert von 0,3 getrocknet, danach bis zu 12 bzw. 15 Wochen bei verschiedenen Temperaturen eingelagert und regelmäßig analysiert. Die bei erhöhten Lagertemperaturen (40 °C) auftretende Bräunung durch die MAILLARD-Reaktion führte zu schlechter Rehydratisierbarkeit und einem ausbleibenden Gel-Sol-Übergang. Bei niedrigeren Temperaturen (20 °C) traten keine signifikanten Änderungen der ausgesuchten Eigenschaften auf.

Gefrorenes Milchgelgranulat wurde ferner im Extruder plastifiziert und texturiert und mit nicht gefrorenem Milchgelgranulat verglichen. Zusätzlich wurde die Milch mit unterschiedlichem Homogenisierdruck vorbehandelt. Es wurde dabei festgestellt, dass durch eine geeignete Kombination aus Homogenisierung, Gefrierung und Extrusion ein texturiertes Produkt mit Gel-Sol-Übergang hergestellt werden kann, bei dem kein Fettverlust auftritt.

## Wirtschaftliche Bedeutung

Die deutsche Milchindustrie besteht aktuell aus 215 Unternehmen mit 42.000 Beschäftigten, die jährlich rund 31,2 Mio. t Rohmilch von ca. 48.000 Milcherzeugerbetrieben verarbeiten. 2021 wurden in Deutschland ca. 2,7 Mio. t Käse hergestellt, ca. 50 % hiervon wurden exportiert. Da die Rohstoffkosten in der Käseproduktion bis zu 87 % der Gesamtkosten ausmachen, werden die Technologien für bestehende Produkte permanent optimiert, die Verwertung des Nebenprodukts Molke ständig vervollkommenet sowie Käseprodukte mit neuen sensorischen oder funktionellen Eigenschaften entwickelt und neue Vermarktungswege erschlossen.

Die Ergebnisse des Vorhabens haben in mehrfacher Sicht große wirtschaftliche Bedeutung: Die Möglichkeit, während des Käsungsprozesses nach der Präzipitation durch Gefrieren oder Trocknung ein lagerfähiges Milchgelgranulat herzustellen, eröffnet die Option, diesen Prozess zu unterbrechen. Hierdurch können vorhandene Käsereianlagen weiter genutzt und eine hochwertige, gut weiterzuverarbeitende Süßmolke gewonnen werden, ohne zeitgleich Käse zu produzieren.

Durch den zusätzlichen Prozessschritt des Homogenisierens der Milch kann das Ausölen beim Gefrieren und beim Trocknen vermindert werden. Die Milchgelgranulate können durch Besprühen oder Eintauchen mit bzw. in flüssigem Stickstoff oder durch Kaltluft in einer Gefrierkammer gefroren werden und sind bis zu 3 Monate lagerbar und transportabel. Die gefrorenen Milchgelgranulate können dann direkt eingesetzt werden und ohne Auftauen in einem Einschnuckenextruder thermomechanisch fusioniert werden. Auch der herkömmliche Prozess zur Fusionierung durch Pressen ist möglich, wobei die gefrorenen Granulate dafür zuvor aufgetaut werden müssen. Bei der Trocknung sind noch weitere Entwicklungsschritte notwendig, um ein Auflockern der Granulate zu Anfang der Trocknung gewährleisten zu können. Getrocknetes Milchgelgranulat kann nach Rehydratation ebenfalls thermomechanisch in einem Einschnuckenextruder fusioniert werden. Vor der Extrusion können die Intermediate gemischt werden, z. B. a) fettfreie mit fetthaltigen Granulaten für Käse mit unterschiedlichen Fettstufen, b) unterschiedliche Trockenmassen führen zu halbfestem Schnittkäse oder zu Hartkäse oder c) mit Zutaten, wie Kräutern oder Zusätzen, um z. B. Farbe, Aroma oder Produkte zu individualisieren.

Diese Optionen erlauben insbesondere kleinen und mittleren milchverarbeitenden Unternehmen mehr Flexibilität, um auf Schwankungen in der Anlieferungsmenge an Rohmilch und/oder auf Nachfrageschwankungen im Markt zu reagieren. Voraussetzung ist, dass das Milchgelgranulat bei Bedarf mittels thermischer, thermomechanischer oder mechanischer Fusion zu einer ungeriffelten Matrix verarbeitet wird.

Zudem lässt sich Milchgelgranulat (gefroren ca. 50 % Trockenmasse (TM), getrocknet > 80 % TM) anstelle von Rohmilch (TM 12 %) als Zwischenprodukt in Länder der EU mit geringer Milchversorgung, wie z. B. Italien, exportieren. Außerhalb der EU, z. B. in den arabischen Staaten und in Asien, ist über die letzten Jahre die Nachfrage nach Milchprodukten deutlich gestiegen. Z. T. werden die Produkte direkt importiert oder vor Ort aus rekonstituierter Magermilch und Butterfett hergestellt. Ein getrocknetes Milchgelgranulat für die Käseherstellung zu nutzen, reduziert den Energiebedarf um ca. 50 %, der Trinkwasserbedarf ist nur 1/10 so hoch und es fällt vor Ort keine Molke an. Ein gefrorenes Milchgelgranulat hat einen etwas höheren Energiebedarf als das Rekonstituieren aus Pulver, bietet jedoch den Vorteil, dass keine Molke anfällt und der Wasserbedarf geringer ist als bei Einsatz von Milchpulver und Butterfett.

## Publikationen (Auswahl)

1. FEI-Schlussbericht 2023.
2. Schmidt, F., Shelhamer, X. & Hinrichs, J.: Development of pasta filata style-cheese from dried curd: A process innovation. *Int. Dairy J.* 163, 106168, DOI: 10.1016/j.idairyj.2024.106168 (2025).
3. Schmidt, F., Graf, B. & Hinrichs, J.: Storable Cheese Curd - Effect of Milk Homogenization as a Pre-treatment and Freezing and Extrusion of Cheese Curd on Production of Pasta Filata Style Cheese. *Food Bioproc. Technol.* 17, 4794–4805 (2024).
4. Schmidt, F. & Hinrichs, J.: Frozen cheese curd as an intermediate for cheese making - homogenization as a tool to regain techno-functional properties. *J. Food Meas. Charact.* 18, 7124–7131 (2024).

5. Frank, J., Schlitter, M., Hinrichs, J. & Kohlus, R.: Fluidized bed drying of dairy gel granules supported by in-line monitoring of the water content. Dry. Technol., DOI: 10.1080/07373937.2023.2216774 (2023).
6. Schmidt, F., Graf, B., Hinrichs, J. & Kern, C.: Continuous microwave-assisted extrusion for high moisture texturized foods: A feasibility study. Inn. Food Sci. Emerg. Technol. 78, 103020, DOI: 10.1016/j.ifset.2022.103020 (2022).

### Weiteres Informationsmaterial

Universität Hohenheim  
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie  
FG Milchwissenschaft und -technologie  
Garbenstraße 21, 70599 Stuttgart  
Tel.: +49 711 459-23792  
Fax: +49 711 459-23617  
E-Mail: j.hinrichs@uni-hohenheim.de

Universität Hohenheim  
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie  
FG Lebensmittelverfahrenstechnik und Pulvertechnologie  
Garbenstraße 25, 70599 Stuttgart  
Tel.: +49 711 459-23258  
Fax: +49 711 459-22298  
E-Mail: r.kohlus@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: © Universität Hohenheim

Stand: 20. August 2025