

Bildung großer kolloidaler Partikel durch Einkopplung von Schwingungen während der Milchfermentation

Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle I:	Universität Hohenheim Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie FG Milchwissenschaft und -technologie Prof. Dr. Dr. Jörg Hinrichs
Forschungsstelle II:	Universität Erlangen-Nürnberg Department für Chemie- und Bioingenieurwesen Lehrstuhl für Prozessmaschinen und Anlagentechnik Prof. Dr. Eberhard Schlücker
Industriegruppe:	Milchindustrie-Verband e.V. (MIV), Berlin
	Projektkoordinator: Dr. Konrad Hörstmann-Jungemann, Dr. Oetker Frischeprodukte Moers KG, Moers
Laufzeit:	2012 – 2015
Zuwendungssumme:	€ 492.250,-- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

Ausgangssituation:

Bei fermentierten Milchprodukten, wie Joghurt, wirken sich diverse technologische Parameter auf die Bildung z. T. großer Partikel aus (vgl. FEI-Projekte AiF 14088 N und AiF 15584 N). Sensorisch können diese ein griesiges Mundgefühl sowie eine raue Oberflächentextur hervorrufen. Partikel können zwar durch Scheren nach der Fermentation, beispielsweise mit Ventilen oder Sieben, zerkleinert werden, jedoch wird dabei auch wieder ein Teil der Struktur abgebaut. In der technischen Produktion treten Schwingungen auf, deren Einfluss bei der Fermentation bisher nicht bekannt ist. Schwingungsquellen sind u. a. Pumpen, Rührwerke und Ventilschaltungen. Vorversuche der Forschungsstelle führten zu der Hypothese, dass Schwingungen während der Fermentation zur Bildung großer Partikel im Millimeterbereich führen können.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, mit einem gezielten Schwingungseintrag im Labor- und Technikumsmaßstab die Auswirkungen auf die Prozess-Struktur-Funktions-Beziehung fermen-

tierter Milchprodukte zu untersuchen und zu verstehen, in welchem Maß Schwingungen bzw. Vibrationen den empfindlichen, strukturbildenden Prozess stören und welche Prozess- bzw. Zeitabschnitte besonders kritisch sind. Daraus sollten Empfehlungen für die Praxis abgeleitet werden, wie Produktstörungen in bestehenden Prozessen und Anlagen vermieden werden können. Des Weiteren sollte eine wissenschaftliche Basis gelegt werden, um diese Aspekte beim Design von Maschinen und Apparaten und Prozesslinien berücksichtigen zu können.

Forschungsergebnis:

In grundlegenden Laborexperimenten wurde die Hypothese, dass Schwingungen während der Fermentation zu großen Partikeln führen, bestätigt. Dazu wurde u. a. eine optische Methode zur Beurteilung und Quantifizierung von visuell wahrnehmbaren Partikeln entwickelt. In den Laborexperimenten mit Ultraschall erwies sich der pH-Bereich von 5,5 – 5,1 während der Fermentation als kritisch, da bereits ein kurzzeitiger Schwingungseintrag von 5 min zu signifikant

höheren Partikelzahlen führte. Zudem wurde gezeigt, dass die Partikelzahl mit zunehmendem Fett- und/oder Proteingehalt unabhängig von Schwingungen zunimmt, diese die Partikelbildung aber zusätzlich verstärken. Weitgehend partikelfreie Referenzen konnten nur mit Magermilch und geringem Proteingehalt hergestellt werden. Für weitere Experimente wurde daher ein Proteingehalt von 3,4 % als Standard festgelegt. In abschließenden Laborversuchen wurden verschiedene Starterkulturen getestet. Dabei erwies sich die Kultur YC-471 (Fa. Hansen) für die nachfolgenden Technikumsexperimente als geeignet, da die schwingungsinduzierte Partikelbildung am deutlichsten zu beobachten war. Festgestellt wurde ebenfalls, dass Fermentationen mit Exopolysaccharid-bildenden Kulturen weniger sensitiv auf eingetragene Schwingungen reagieren.

Während mehrerer Messkampagnen in verschiedenen Unternehmen wurden Joghurtproben aus Fermentationstanks entnommen und analysiert. Die meisten Produkte waren partikelhaltig; lediglich fettfreie Rezepturen mit geringem Proteingehalt enthielten z. T. nur sehr wenige Partikel, allerdings schwankte die Partikelanzahl bei gleicher Rezeptur von Charge zu Charge. Parallel wurden in zwei Produktionsbetrieben Schwingungsmessungen an Fermentationsanlagen durchgeführt. Die Messungen bestätigen die Annahme, dass Pumpen eine Quelle für die Anregung von Schwingungen an Fermentationstanks darstellen. Es wurden Daten über auftretende Frequenzen und deren Amplituden gesammelt, die damit einen Rahmen für die grundlegenden Experimente vorgeben, um den Einfluss von Schwingungen auf die Partikelbildung in einem relevanten Bereich abzubilden und zu studieren.

Da die Frequenz und die Amplitude der Schwingungen im Labor nicht variiert werden konnten, wurde ein Versuchsstand mit vier Fermentern im Institutstechnikum aufgebaut, bei dem Schwingungen definiert eingetragen und deren Effekt systematisch untersucht werden konnte. Der Schwingungseintrag erfolgt mit einem Schwingungserreger, der den Fermenter (20 L) am Konus anregt. Um Referenzfermentationen unter nahezu schwingungsfreien Bedingungen durchzuführen, wurden die Fermenter mittels Luftdämpfer von der Umgebung entkoppelt. Während der Inbetriebnahme des Technikumaufbaus mit Fermentern wurden weitere Ursachen der Partikelbildung identifiziert, z. B. Inhomogenität

ten der Tankinnentemperatur oder defekte Sensorkabel, die Abweichungen der Solltemperatur hervorriefen. Erhöhte Fermentationstemperaturen führten so zu partikelhaltigen Produkten. Auch wurde gezeigt, dass die Säuerungsverläufe verschiedener Chargen einer Direktstarterkultur so variieren können, dass zum Teil vermehrt Partikel gebildet werden.

Mit diesen Erkenntnissen wurde der Fermentationsprozess so optimiert und standardisiert, dass der Einfluss von Schwingungen gegenüber einer partikelfreien Referenz untersucht werden konnte. Ein Fermenter wurde während der Fermentation mit einem Frequenzsweep (25 – 1.005 Hz, $t_p = 10$ s, $F = 100$ N) ab pH 5,4 für 20 min angeregt. Die Partikelanzahl stieg durch die Anregung von 35 ± 4 Partikel pro 100 g auf 84 ± 9 signifikant an. Zusätzliche Druckmessungen im Medium (Wasser) zeigten, dass die Anregung des Fermenters durch den Schwingungserreger im Tankinneren zu lokalen, räumlich begrenzten Druckänderungen führt. Es ist zu vermuten, dass die Partikelbildung im Fermenter ebenfalls lokal unterschiedlich ausgeprägt ist und nur ein Teil des Behältervolumens betroffen ist. Die Messung wurde durch eine Simulation bestätigt, in der die Interaktion von Fluid und Struktur in einem schwingenden Tank abgebildet wurde.

Wirtschaftliche Bedeutung:

Im Jahr 2014 erwirtschaftete die milchverarbeitende Industrie ein Umsatzvolumen von etwa 26 Mrd. € und erzielte damit knapp 14 % des Gesamtumsatzes der deutschen Lebensmittelindustrie. Insbesondere die in diesem Bereich tätigen kleineren Unternehmen stehen in einem starken internationalen Wettbewerb und sind gefordert, kostengünstig qualitativ hochwertige fermentierte Milchprodukte zu produzieren.

Treten nach der Fermentation gehäuft sichtbare Partikel auf, wird das Produkt z.T. geschert. Durch das Scheren werden jedoch nicht nur die groben Partikel, sondern zum Teil auch die aufgebauete Mikrogelstruktur zerstört, was wiederum durch einen erhöhten Rohstoffeinsatz oder durch Hydrokolloide kompensiert werden muss. Durch Minimierung unerwünschter schwingungsinduzierter Partikelaggregate können die Rohstoffkosten gesenkt und eine gleichmäßige Produktqualität sichergestellt werden. Überdies erlaubt eine Überwachung hinsichtlich des Auftretens von Vibrationen eine Steuerung der Fer-

mentation. Diese Kenntnisse helfen nicht nur Herstellern, ihre Produkte zu optimieren, sondern können auch in neue oder spezialisierte Ausrüstungsprodukte für den Prozessanlagenbau münden und Innovationen auf Seiten der Anlagenhersteller vorantreiben.

Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht 2015.
2. Nöbel, S., Protte, K., Körzendörfer, A., Hitzmann, B. und Hinrichs, J.: Sonication induced particle formation in yogurt: Influence of the fat and protein content on the texture. *J. Food Eng.* 191, 77–87 (2016).
3. Nöbel, S., Ross, N. L., Körzendörfer, A., Hitzmann, B. und Hinrichs, J.: Microgel particle formation in yogurt as influenced by sonication during fermentation. *J. Food Eng.* 180, 29-38 (2015).
4. Körzendörfer, A., Temme, P., Nöbel, S., Schlücker, E. und Hinrichs, J.: Vibration-induced particle formation during yogurt fermentation – industrial vibration measurements and development of an experimental setup. *Food Res. Intern.* 85, 44-50 (2016).

Weiteres Informationsmaterial:

Universität Hohenheim
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie
FG Milchwissenschaft und -technologie
Garbenstraße 21, 70599 Stuttgart
Tel.: +49 711 459-3792
Fax: +49 711 459-3617
E-Mail: jh-lth@uni-hohenheim.de

Universität Erlangen-Nürnberg
Department für Chemie- und Bioingenieurwesen
Lehrstuhl für Prozessmaschinen und Anlagentechnik
Cauerstr. 4, 91058 Erlangen
Tel.: +49 9131 85-29450
Fax: +49 9131 85-29449
E-Mail: sl@ipat.uni-erlangen.de

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)
Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn
Tel.: +49 228 3079699-0
Fax: +49 228 3079699-9
E-Mail: fei@fei-bonn.de

... ein Projekt der **Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)**

gefördert durch/via



Das o. g. IGF-Vorhaben der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn, wird/wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.