

Einstellen rheologischer und sensorischer Eigenschaften konzentrierter fermentierter Milchprodukte über die Mikrogelpartikelgröße und -verteilung

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
Industriegruppe(n):	Milchindustrie-Verband e.V. (MIV), Berlin Projektkoordinator: Dr. Ralf Zink DMK Deutsches Milchkontor GmbH, Bremen
Laufzeit:	2016 – 2019
Zuwendungssumme:	€ 249.800,-- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

Ausgangssituation:

Die Verarbeitung konzentrierter Dispersionen ist für viele Unternehmen eine Herausforderung. Einerseits können durch das Erhöhen der Feststoffkonzentration die Raum-Zeit-Ausbeute und Trocknungseffizienz erhöht sowie die Transport- und Lagerkosten gesenkt werden. Andererseits geht der Anstieg des Feststoffanteils mit rheologischen Veränderungen, wie z.B. einem überproportionalen Anstieg der Prozessviskosität, einher und erschwert Prozessschritte, wie Mischen, Pumpen, Zerstäuben, Sprühen, oder die Wärmeübertragung. Es ist bekannt, dass die rheologischen und strukturellen Eigenschaften in konzentrierten Systemen durch die Partikelgrößenverteilung signifikant verändert werden können. Die Zusammenhänge zwischen Volumenanteil, rheologischen Eigenschaften und Partikelgröße für Modelldispersionen wurden bereits experimentell untersucht und sind mit Modellen gut beschrieben. Ausgangspunkt für die Modelle sind harte, inerte Partikel mit einer engen, monomodalen Partikelgrößenverteilung. Lebensmitteldispersionen bestehen jedoch typischerweise aus weichen Partikeln mit unbekanntem Volumen und unterschiedlicher Festigkeit. Diese Partikeleigenschaften sind von den Umgebungsbedingungen und der Verarbeitung abhängig. Um Modelle von der Modellhartkugel auf Weichpartikeldispersionen zu übertragen, wird der effektive Volumenanteil

verwendet, da dieser sowohl den Feststoffgehalt als auch das rheologisch wirksame gebundene Wasser berücksichtigt. Es wurde postuliert, dass die auf der Basis von Modelldispersionen untersuchten Korrelationen auf konzentrierte Mikrogeldispersionen übertragen werden können.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, die Zusammenhänge zwischen Partikelgrößenverteilung, Partikeleigenschaften, rheologischen Eigenschaften und Volumenanteil einer konzentrierten fermentierten Mikrogeldispersion, z.B. Frischkäse, aufzuzeigen. Es wurde angenommen, dass kollektive Eigenschaften, wie Partikelgröße und Partikelgrößenverteilung, sowie individuelle Eigenschaften, wie Wasserbindung und Partikelhärte, genutzt werden können, um die rheologischen Eigenschaften für Prozesstechnologien und sensorische Eigenschaften einzustellen.

Forschungsergebnis:

Unterschiedliche Partikelgrößen, -größenverteilungen und -eigenschaften in Frischkäse wurden durch verschiedene Kombinationen des Temperierens während der Produktion und des Post-Processings erreicht. Zunächst wurde ein Verfahren zum Herstellen von Frischkäse im Pilotmaßstab mittels Mikrofiltration standardisiert und hinsichtlich Reproduzierbarkeit geprüft. Mit diesem Prozess war es möglich,

Frischkäse mit kleinen Partikeln reproduzierbar herzustellen. Durch eine Variante des Prozesses konnte ein Frischkäse mit mittelgroßen Partikeln gewonnen werden. Dies wurde erreicht, indem direkt nach der Fermentation thermisiert wurde („Thermoquark-Schritt“). Wurde die Milch hoch erhitzt und zusätzlich der Thermoquark-Schritt genutzt, wurde eine bimodale Partikelgrößenverteilung mit kleinen und mittleren Partikeln erreicht. Frischkäse mit großen Partikeln wurde durch Nachtemperieren des Standards hergestellt. Die Verteilung der Partikelgröße war breit und multimodal. Zudem wurden Mikrogeldispersionen mit identischen Partikelgrößen, aber unterschiedlicher Viskosität und Gelfestigkeit durch Einstellen der Vorbehandlungstemperatur der Milch und Nachtemperierung erreicht.

Zwei Methoden zur Bestimmung des absoluten Volumenanteils von Mikrogelpartikeln in Frischkäse wurden entwickelt, um die Zusammenhänge zwischen Partikelgröße, -eigenschaften, Rheologie und Volumenanteil in konzentrierten Mikrogeldispersionen zu untersuchen. In der ersten Methode werden Frischkäse bei definiertem Volumenanteil Standardpartikel definierter Größe zugegeben. Durch Auswerten des Volumenverhältnisses zwischen Standard- und Mikrogelpartikeln auf unterschiedlichen Konzentrationsstufen kann damit der Volumenanteil der Mikrogelpartikel in Frischkäse berechnet werden. Als zweite Methode wurde die quantitative Bildanalyse zur Auswertung des Volumenanteils eingesetzt. Dabei werden mehrere Ebenen von Bildern übereinandergelegt und zur Darstellung eines 3D-Raums verwendet. In diesen wird der Volumenanteil der Partikel ermittelt. Beide Methoden lieferten übereinstimmende Ergebnisse für Frischkäseproben. Die Standardpartikelmethode wurde zudem für multimodale Mikrogeldispersionen validiert.

Frischkäse mit unterschiedlichen Partikelgrößenverteilungen und Viskositäten wurden hinsichtlich ihres Volumenanteils charakterisiert. Bei vergleichbarer Partikelgröße konnten Viskositätsunterschiede erstmals auf einen veränderten (gemessenen) Volumenanteil über die Wasserbindungskapazität zurückgeführt werden. Bei mono-, bi- und multimodalen Mikrogeldispersionen wurden Viskositätsänderungen auf Unterschiede in der Partikelgrößenverteilung und der Wasserbindungsfähigkeit der Partikel zurückgeführt. Basierend auf den Erkenntnissen des Projekts können über Prozessvarianten die rheologischen Eigenschaften von Frischkäse insbesondere

durch den thermischen Eintrag eingestellt werden. Die rheologischen Eigenschaften sind direkt mit dem Volumenanteil verknüpft und können durch zwei Hauptmechanismen modifiziert werden: Veränderung der Partikelgrößenverteilung und/oder der Wasserbindungskapazität.

Um den Einfluss der Partikelhärte auf die sensorischen Eigenschaften zu untersuchen, wurde Frischkäse Partikel aus Cellulose, mikropartikulärem Molkenprotein und Silikat bei konstanter Partikelgröße und Volumenanteil zugesetzt. In einer sensorischen Studie mit ungeschultem Panel wurde festgestellt, dass der Austausch von 10 % des Partikelvolumens mit Partikeln aus Cellulose oder mikropartikulärem Molkenprotein die Eigenschaften glatt, glänzend, rau, mehlig, trocken und cremig nicht signifikant beeinflusst. Die Zugabe von harten und unregelmäßig geformten Silikat-Partikeln reduzierte die Wertung bezüglich der Eigenschaften glatt, glänzend und cremig. Die Eigenschaften grob, mehlig und trocken wurden im Vergleich zu den anderen Partikeln höher bewertet. Dies wurde unabhängig von der Viskosität beobachtet, obwohl diese oft mit einer höheren Cremigkeit assoziiert wird. Ergänzend wurde eine Inline-Partikelmessung zur Erfassung von Veränderungen in industriellen Frischkäseproduktionsanlagen getestet. Über die Partikelgröße, die inline direkt nach der Fermentation erfasst wurde, konnte zwischen unterschiedlichen Produkten, Wiederholungsproduktionen sowie Anfang und Ende einer Produktion differenziert werden. Diese Echtzeitmessungen zeigen das Potenzial der Inline-Partikelgrößenmessung zur Prozessüberwachung und -steuerung auf.

Wirtschaftliche Bedeutung:

In Deutschland wurden im Jahr 2016 insgesamt 31,4 Mio. Tonnen Milch verarbeitet; ein großer Teil dieser Menge wird zu fermentierten Milchprodukten, wie Joghurt und Frischkäse, verarbeitet. Das Auslaufen der EU-weiten Milchproduktionsbeschränkung (Milchquote) am 31. März 2015 hat sowohl den innereuropäischen als auch den internationalen Wettbewerb verschärft und die Unternehmen der Milchindustrie veranlasst, sich verstärkt auf Innovationen zu konzentrieren. Der Pro-Kopf-Verbrauch von Joghurt und Quark/Frischkäse betrug in Deutschland 17,1 kg bzw. 6,8 kg (2013). Im Vergleich zu 2012 stieg der Verbrauch um 18 % für Joghurtprodukte und 2,5 % für Frischkäse. Ein Trend zu proteinan-

gereicherten Milchprodukten, der seit einigen Jahren zu sehen ist, treibt die Entwicklung neuer und innovativer Produkte an.

Die Untersuchung zur Modifizierung von Partikeln in konzentrierten Mikrogeldispersionen zeigt die Innovationspotenziale für die gezielte Anpassung der Partikeleigenschaften (z.B. Partikelgröße, Stabilität, Wasserbindung) durch geeignete Prozesskontrollen auf. Durch die in diesem Vorhaben generierten Daten ist es möglich, Produktionslinien für produktorientierte rheologische Eigenschaften und Energieeinsparungen zu entwerfen bzw. anzupassen, z.B. niedrige Viskosität mit höherer Trockenmasse vor der Trocknung, niedrigviskose proteinreiche fermentierte Milchgetränke oder hochviskose Produkte mit niedrigerem Proteingehalt. Gleichzeitig ermöglicht es die Inline-Partikelgrößenanalyse Unternehmen, die implementierten Prozesse in Echtzeit zu überwachen und die gewünschte Partikelgröße zu erzielen sowie die resultierende Textur zu beeinflussen. Die Ergebnisse sind in erster Linie auf Mikrogeldispersionen übertragbar, z. B. Joghurt nach griechischer Art, Frischkäse und Mischprodukte. Weitere Anwendungen und Innovationen sind auch in der Kosmetik und Pharmazie möglich, da auch in diesen Bereichen konzentrierte Mikrogeldispersionen verarbeitet werden.

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

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

Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht 2019.
2. Heck, A., Pfuhl, I., Nöbel, S., Schäfer, J. & Hinrichs, J.: Cremiger Frischkäse durch Partikelzusatz? *Molk. Ind.* 54-59 (2019).
3. Fysun, O., Nöbel, S., Loewen, A. & Hinrichs, J.: Tailoring yield stress and viscosity of concentrated microgel suspensions by means of adding immiscible liquids. *LWT - Food Sci. Technol.* 51-57, Elsevier ISBN 0023-6438 (2018).
4. Loewen, A., Nöbel, S., & Hinrichs, J.: Microgel Particles and Their Effect on the Textural Properties of Foods. *Ref. Mod. Food Sci.* 1–9, Elsevier (2017).

... ein Projekt der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Das o. g. IGF-Vorhaben der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Godesberger Allee 125, 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.