

Optimierter Einsatz von alternativen Emulgatoren in Süßwaren-suspensionen mit hoher Feststoffkonzentration mit dem Ziel der Einsparung von Kakaobutter

Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle:	Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück Dr. Volker Heinz/Dr. Ute Bindrich
Industriegruppe:	Bundesverband der Deutschen Süßwarenindustrie e.V. (BDSI), Bonn
	Projektkoordinator: Dr. Jörg Klinkmann August Storck KG, Halle (Westfalen)
Laufzeit:	2012 – 2014
Zuwendungssumme:	€ 250.050,- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

Ausgangssituation:

Sojalecithin wird als Emulgator in Schokoladenmassen eingesetzt, um die für die Weiterverarbeitung wichtigen Fließigenschaften der Massen im aufgeschmolzenen Zustand erhalten zu können. Dabei geht es insbesondere darum, bei einem gegebenen Fettgehalt eine möglichst niedrige Viskosität und Fließgrenze für das Ausformen bzw. Überziehen zu erreichen. Die Phospholipidfraktionen des Sojalecithins lagern sich dazu an die Oberflächen der Feststoffe in der Schokolade (Zucker, Kakaofeststoffe und Milchpulver) an und reduzieren so die freie Grenzflächenenergie. Auf diese Weise wird immobilisierte Kakaobutter von den Feststoffoberflächen freigesetzt und steht für das Fließen zur Verfügung. Dies führt zu einer niedrigeren Viskosität bei gleichem Gesamtfettgehalt. Zudem wird durch die Emulgatorzugabe die Wechselwirkung zwischen den Feststoffpartikeln reduziert. Diese werden homogener verteilt und die Fließgrenze, die durch Partikel-Partikel-Kontakte in der Schokoladenmasse entsteht, wird verringert. Für das Verständnis der Wirkung des Lecithins ist es wesentlich, die Einflussfaktoren auf das Fließverhalten der aufgeschmolzenen Schokoladenmasse als konzentrierte Suspension mit einer kontinuierlichen lipophilen Phase genauer zu betrach-

ten. Dieses wird vor allem durch Anteil, Partikelgröße, Form und Oberflächeneigenschaften der Feststoffe sowie deren energetische Wechselwirkungen mit der kontinuierlichen flüssigen Phase bestimmt.

Zudem sucht die Süßwarenindustrie nach alternativen Emulgatorsystemen, die in der Lage sind, Sojalecithin zu ersetzen. Neben alternativem Lecithin aus z.B. Raps oder Sonnenblume und den bereits eingesetzten und zugelassenen Emulgatoren Zitronensäureester und Polyglycerin-Polyricinoleat (PGPR) sind auch Zuckerester von Interesse. Letztere haben den Vorteil, dass sie bei vergleichbarem Molekulaufbau einen sehr breiten Bereich an hydrophil-lipophilen Balance-(HLB)-Werten abdecken. Bisher erfolgen Auswahl, Zugabemenge und auch Dosierzeitpunkt der zu Sojalecithin alternativen Emulgatoren jedoch nur empirisch und orientieren sich eher am Einsatz von Lecithin. Die entsprechenden Zusammenhänge zu den Oberflächeneigenschaften der Feststoffe und der Veränderungen dieser Eigenschaften im Verlauf der Schokoladenherstellung, insbesondere während der Zerkleinerung, sind bislang nicht bekannt. Gerade durch die geeignete Kombination alternativer Emulgatoren und deren angepasste Zudosierung im Herstellungsprozess lassen sich positive Effekte hinsichtlich

Einstellung der Fließeigenschaften erwarten. Hierzu zählen die Einsparung von Kakaobutter und Emulgator.

Ein Weg zur Aufklärung der Emulgatorwirkung ist die orts aufgelöste Untersuchung von Oberflächentopographien und -energien der Feststoffe. Dadurch ist es möglich, wissenschaftlich gesicherte Zusammenhänge zwischen dem jeweiligen Emulgator und dessen Affinität zu den verschiedenen Bereichen der Feststoffoberflächen zu erarbeiten. Diese können dann in entsprechenden Dosierempfehlungen für angepasste Emulgatorsysteme abgeleitet werden. Ziel des Forschungsvorhabens war es, geeignete Emulgatoren zu finden, die das bisher eingesetzte Sojalecithin in seiner Funktion ersetzen oder ergänzen können. Durch den Einsatz der Mischungen werden die Grenzflächeneigenschaften der Feststoffpartikel optimiert und eine Einsparung von Kakaobutter ermöglicht.

Forschungsergebnis:

Um einen optimierten Einsatz von alternativen Emulgatoren in Süßwarensuspensionen sowie eine Einsparung von Kakaobutter zu erzielen, wurden die Oberflächeneigenschaften von Zucker- und Milchpulverpartikeln, die aus einer entsprechenden Kakaobutter Suspension abgetrennt wurden, im Submikrometerbereich detailliert untersucht. Mit der Methode der Rasterkraftmikroskopie wurden die Oberflächeneigenschaften dieser Partikel hinsichtlich Topographie und Adhäsivität charakterisiert.

Zunächst wurde der Einfluss unterschiedlicher Zerkleinerungsarten auf die Partikeloberflächen und auf die resultierenden Eigenschaften der Suspension untersucht. Die Ergebnisse zeigen deutliche Unterschiede in Bezug auf die Zerkleinerungsart. Eine Zuordnung der Adhäsivität zu lokalen Oberflächentopographien und der Art der Zerkleinerung ist möglich. Zudem korrelieren die makroskopischen Eigenschaften der Suspension (Fließeigenschaften und Fettimmobilisierung an den Partikeloberflächen) sehr gut mit den Ergebnissen der Atomic-Force-Mikroskopie (AFM). So wiesen die mit Hilfe der Walze zerkleinerten Partikel die höchste Fettfreisetzung auf. Allerdings besaßen diese Partikel eine größere spezifische Oberfläche als z.B. die Partikel, die mit der Kugelmühle zerkleinert wurden. Somit war die erhöhte Fettfreisetzung nicht

auf die spezifische Oberfläche zurückzuführen, sondern als ein Resultat der Veränderung der Oberflächeneigenschaften durch die Art der Zerkleinerung zu betrachten. Die hohe Fettfreisetzung korrelierte mit einer entsprechend geringen Viskosität. Durch diese Untersuchungen konnte gezeigt werden, warum die Walzenzerkleinerung sehr gute Partikeleigenschaften in Bezug auf die Herstellung von Schokoladenmassen liefert. Auch die Adhäsivität der Oberfläche zeigte, dass die Anwendung der Walzenzerkleinerung für die Schokoladenindustrie von Vorteil ist: Es wurde eine einheitliche Kräfteverteilung, die weniger stark von der Oberflächentopographie abhängt als bei den anderen Zerkleinerungsarten, erhalten. Zudem wurde die lokale thermische Analyse genutzt, um amorphe und kristalline Oberflächenbereiche zu differenzieren. Der Vergleich zwischen der Kugelmühlen- und der Walzenzerkleinerung zeigt ebenfalls, dass der nach Walzenzerkleinerung resultierende Oberflächenzustand günstiger ist.

Um außerdem nähere Informationen über die Wirkungsweise der Emulgatoren bei der Schokoladenherstellung zu erhalten, wurde eine Zuordnung von Oberflächenbereichen, die mit Emulgatormolekülen belegt wurden, zu bestimmten Oberflächenadhäsivitäten vorgenommen. Ebenso wurden die Schichtdicke der Emulgatorbelegung orts aufgelöst ermittelt sowie Versuche zu deren Anlagekinetik unternommen. Diese AFM-basierten Methoden lieferten wertvolle Erkenntnisse über die Wirkungsweise der eingesetzten Emulgatoren auf den Partikeloberflächen und dem draus resultierenden Verhalten der lipophilen Suspensionen. So konnte zum Beispiel die unterschiedliche Wirkung von Soja- und Sonnenblumenlecithin bei der Anwendung in Schokoladen charakterisiert und erklärt sowie der Wirkungsmechanismus des Emulgators PGPR hergeleitet werden. Durch die Bestimmung der Grenzflächenbelegung über eine angepasste, quantitative Emulgatoranalytik in Zusammenhang mit den Ergebnissen der Bestimmung der Fließeigenschaften, der Fettimmobilisierung sowie mit den Ergebnissen der AFM wurde im Anschluss über eine Testreihe das Emulgatorgemisch ermittelt, welches Sojalecithin ohne Verschlechterung der Eigenschaften der Suspension adäquat ersetzen kann.

Wirtschaftliche Bedeutung:

Im Jahr 2013 wurden in Deutschland ca. 484.000 t ungefüllte Schokoladenerzeugnisse mit einem Wert von ca. 2,2 Mrd. € produziert. Hinzukommen noch einmal ca. 204.000 t (entsprechend 137 Mio. €) an Schokoladenüberzugsmasse als Halbfabrikat für die Weiterverarbeitung. Diese Zahlen verdeutlichen, dass allein die Herstellung und Vermarktung der reinen Schokoladenmasse ohne Berücksichtigung von wertintensiveren gefüllten Erzeugnissen, wie z.B. Pralinen, ein erhebliches Marktpotential darstellen.

Die Ergebnisse des Projektes bieten die Möglichkeit, Sojalecithin durch ein Zweikomponentengemisch aus nicht genetisch modifizierten Organismen (GMO) gewonnener Emulgatoren zu substituieren. Sie erklären weiterhin, warum das aus genetisch veränderten Pflanzen gewonnene Sojalecithin nicht einfach durch das als GMO-freie Sonnenblumenlecithin ersetzt werden kann.

Ein Verzicht auf das aus genveränderten Pflanzen hergestellte Sojalecithin ist aber unter Berücksichtigung der Verbrauchererwartungen, insbesondere in Anbetracht von Kindern als großer Konsumentengruppe von Süßwaren, von Bedeutung. Sojalecithin ist auf dem Weltmarkt kaum noch GMO-frei erhältlich. Die Auswirkungen von GMO auf Menschen und Umwelt sind noch nicht abschließend geklärt und es existieren keine Langzeitstudien, die bereits belastbare Resultate aufweisen. Wenn jedoch der Fall eintritt, dass Handel oder Gesetzgeber nur noch GMO-freie Emulgatoren für zulässig erklären, erlangen die Verfügbarkeit und Funktionalität alternativer Emulgatoren bzw. Emulgatormische eine hohe wirtschaftliche Bedeutung. Hier bringt das Projekt durch den Variantenmatrix der Substitution von Sojalecithin für die gesamte Branche der Schokoladenhersteller einen großen Nutzen.

Der Kakaopreis befand sich zuletzt auf einem 3-Jahres-Hoch von bis zu 2.500 € pro Tonne. Derartig gestiegene Kakaopreise verteuern entsprechend auch den Preis der daraus hergestellten Kakaobutter, so dass Einsparungen an Kakaobutter eine hohe wirtschaftliche Relevanz für die Süßwarenhersteller haben. Die in dem Projekt durchgeführten Untersuchungen ermöglichen diese Einsparung von Kakaobutter, welche besonders unter dem Aspekt der bereits dargelegten Kakaopreisentwicklung in den letzten Jahren

von erheblicher wirtschaftlicher Bedeutung ist. Durch das ermittelte Emulgatormisch wird neben dem adäquaten Ersatz des Sojalecithins durch GMO-freie Komponenten eine optimale Belegung der Partikeloberflächen erreicht. Diese ist für die Einstellung der rheologischen Eigenschaften der flüssigen Schokoladenmassen und somit für die Schokoladenproduktion von besonderer Bedeutung ist. Die optimale Oberflächenbelegung führt weiterhin zu einer Einsparung von kontinuierlicher lipophiler Phase (Kakaobutter), welche für die gewünschten Fließigenschaften der Schokoladenmasse nun eben nicht mehr benötigt wird.

Unter Berücksichtigung des Ausgleichs der anderen Zutaten ist bei einer Einsparung von 1 % Kakaobutter bezogen auf die Gesamt Rezeptur eine finanzielle Einsparung von 5 Mio. € pro Jahr möglich. Die Kakaobuttereinsparungen erfolgen dabei unter Beibehaltung bzw. Verbesserung der Qualität, da nur die immobilisierte Kakaobutter, die sensorisch nicht in Erscheinung tritt, durch die optimale Belegung der Partikeloberflächen mit dem ermittelten Emulgatormisch freisetzt wird. Die in der Kakaoverordnung enthaltenen Grenzwerte bleiben unberührt.

Zudem können die Emulgatorhersteller ihren Kunden nun ein Emulgatorsystem anbieten, welches auf den jeweiligen Einsatzzweck (z.B. Substitution des Sojalecithins und Einsparung von Kakaobutter) zugeschnitten ist und erwerben auf diese Weise einen deutlichen Wettbewerbsvorteil. Hervorzuheben ist ebenfalls, dass die Umsetzung der Projektergebnisse keine größeren Investitionen erfordert, so dass kleine und mittelständische Unternehmen unmittelbar von diesem Vorhaben profitieren.

Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht (2014).
2. Middendorf, D., Bindrich, U., Mischnick, P. Juadjur, A., Franke, K. und Heinz, V.: Atomic Force Microscopy study on the effect of different lecithins in cocoa-butter based suspensions. Coll. Surf. A Physicochem. Eng. Asp. 499, 60-68 (2016).
3. Middendorf, D., Franke, K., Bindrich U. und Heinz, V.: New insights into the differences between ball mill and roller mill refining for chocolate manufacturing.

- SweetVis. 1, 14-16 (2015).
4. Middendorf, D., Juadjur, A., Bindrich, U. und Mischnick P.: AFM approach to study the function of PGPR's emulsifying properties in cocoa butter based suspensions. Food Struct. 4, 16-26 (2015).
 5. Lampe, D., Bindrich, U., Mischnick, P., Franke, K. und Strijowski, U.: Untersuchungen zur Adsorption von Emulgatoren mittels gekoppelter Dünnschichtchromatographie-Massenspektrometrie (TLC-MS). Lebensmittelchem. 67, 24-39 (2013).

Weiteres Informationsmaterial:

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V.
(DIL)
Prof.-von-Klitzing-Str. 7, 49610 Quakenbrück
Tel.: +49 5431 183-228
Fax: +49 5431 183-200
E-Mail: v.heinz@dil-ev.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.