ETH zürich

ETH Library

Novel Processed Microstructure for Tailored Rheology and Perception Characteristics of Chocolate Confectionery Systems

Doctoral Thesis

Author(s):
Strähl, Patrick

Publication date:
2014

Permanent link:
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-010192594

Rights / license:
In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

This page was generated automatically upon download from the ETH Zurich Research Collection.
For more information, please consult the Terms of use.

Dissertation ETH number 21920

Novel Processed Microstructure for Tailored Rheology and Perception Characteristics of Chocolate Confectionery Systems

A dissertation submitted to

ETH Zurich

for the degree of

Doctor of Sciences

presented by

Patrick Strähl

MSc ETH Chem. Bio. Eng.

born 28. August 1984

citizen of Switzerland

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. E.J. Windhab, Examiner

Dr. P. Braun, Co-Examiner
Dr. W. H. Hanselmann, Co-Examiner

2014

Summary

Calorie reduction in confectionery systems without sensory drawbacks is a challenging task since years in industry and research. Many approaches for calorie reduction were developed and tested during the last years but with minor success. This project introduces a new approach for calorie reduced confectionery products with minimal sensory drawbacks. Conventional confectionery systems consist of irregular cocoa, milk and sugar solids dispersed in cocoa butter with emulsifier. This composition allows maximal packing fractions to generate typical flow behaviors of confectionery systems with the consequence that the fat content of such systems is relatively high. The new approach has the aim to replace irregularly shaped particles by spherical shaped particles produced in a spraying process. In contrast to the typical irregularly shaped particles in confectionery products, our novel spherical shaped confectionery particles were in an amorphous state and included all disperse ingredients of the confectionery product and therefore exhibited different rheological flow characteristics in general. The advantage of spherical shaped particles compared to irregularly shaped ones is, that higher packing fractions can be achieved at reduced steric interactions. Hence, the continuous fat phase can be decreased without increasing the viscosity resulting in a calorie reduced product.
Amorphous, spherical shaped particles are novel in confectionery products and therefore, little is known about their physical characteristics, cost-effective production and potential of calorie reduction. This thesis tries to characterize such novel particles in further physical detail. Their temperature stability is analyzed using dynamic mechanical analysis (DMA) and differential scanning calorimetry (DSC). Furthermore, the plasticizing effect and water sorption of such particles were examined. Based on these characterizations compositions with adjusted glass transition temperature, sorption behavior and particles surface stickiness were developed and proposed for application in confectionery systems.
Light and scanning electron microscopic analyses showed that the typical irregularly shaped particles contained in chocolate systems (sucrose, cocoa and milk solids) can be completely embedded into the novel spray dried, spherical shaped particles. Such polysaccaride composite particles exhibit smooth surfaces as could be represented in scanning electron microscopic pictures.
Cost-effective production of these particles is of importance to further support the new approach. For this purpose, different operating conditions for spray drying

polysaccaride composite particles were examined on lab scale and further translated to a pilot scale process, demonstrating the technical feasibility.
A major building block of this thesis is the rheological characterization of suspensions with spherical shaped particles compared to such with irregularly shaped particles in a typical confectionery matrix. Accordingly, different confectionery model systems were developed and evaluated using a rotational rheometer: Two material systems, one with model suspension characteristics and one being close to a real chocolate system, were examined. As the major particle structure induced suspension characteristics, the rheological properties were quantified: Viscosity function and yield value were significantly reduced for the spherical shaped particles as expected. Furthermore, novel insight was gained concerning surface structure formation of surfactants, either with lecithin or PGPR, at smooth interfaces of spherical shaped sugar particles. Sterical interaction of respective molecular surface structures may replace the sterical interactions of irregularly shaped particles in conventional chocolate suspension systems. By applying atomic force microscopy it could be demonstrated, that lecithin increases the surface stickiness of the smooth amorphous solid sugar surface, whereas PGPR decreases the surface stickiness.
Sensory evaluation demonstrated that spherical shaped particles have no significant impact on sensory roughness perception compared to irregularly shaped particles. This is explained by the human roughness stimulus being not sufficiently sensitive to the characteristic length scale of particle surface roughness.
The indirect calorie reduction potential provided by the rheological impact of spherical shaped particles was estimated for the representative model system. It could be shown that the continuous fat phase of a confectionery system containing spherical shaped particles can be reduced up to 15 vol% compared to an confectionery system containing irregularly shaped particles. This is equivalent to a calorie reduction of about 25 % in the final product.

Zusammenfassung

Kalorienreduzierte Schokolade mit sensorischer Premium-Qualität ist seit jeher eine Herausforderung in der Schokoladenherstellung und Forschung. In den vergangenen Jahren wurden verschiedenste Ansätze zur Kalorienreduktion in schokoladeartigen Produkten erforscht, jedoch nur selten bis zur Marktreife weiterentwickelt. Im Rahmen dieses Projektes wird ein neuer Ansatz zur Kalorienreduktion in schokoladeartigen Produkten vorgestellt. Schokoladeartige Produkte bestehen aus kantigen Kakao, Milch und Zuckerfeststoffbestandteilen welche in einer kontinuierlichen Phase, bestehend aus Kakaobutter und Emulgatoren, suspendiert sind. Die kontinuierliche Phase kann in solchen Systemen lediglich bis zu einer bestimmten Volumenfeststoffkonzentration reduziert werden ohne dabei die typischen Fliesseigenschaften signifikant zu verändern. Aus diesem Grund haben marktübliche Schokoladen einen relativ hohen Fettgehalt und eine entsprechend hohe Kaloriendichte. Der neue Ansatz zielt darauf ab, die konventionellen kantigen Teilchen durch Sprühtrocknung hergestellte sphärische Teilchen zu ersetzen. Im Gegensatz zu kantigen Teilchen sind sprühgetrocknete, sphärische Zuckerteilchen amorph und schliessen alle Ingredienzien des schokoladeartigen Produktes in der sphärischen Kugel ein. Dadurch kann das Fliessverhalten schokoladeartiger Partikelnsuspensionen beeinflussen Kakaobutter positiv beeinflusst werden. Vorteilhafterweise kann mit sphärischen Partikeln eine höhere Packungsdichte, bei gleichbleibender Fliessgrenze, als mit kantigen Partikeln erreicht werden mit dem Resultat, dass mit sphärischen Partikeln die kontinuierliche Fettphase reduziert werden kann.
Amorphe, sphärische Partikeln sind eine Neuheit in schokoladeartigen Produkten und daher ist über ihr Verhalten bezüglich thermischer Stabilität, kosteneffiziente Produktion und das wirkliche Potential zur Kalorienreduktion wenig bekannt. Diese Arbeit befasst sich deshalb mit diesen unbekannten Parametern und analysiert die thermische Stabilität amorpher, spärischer Zuckerpartikeln mittels dynamisch mechanischer Analyse und Differenzkalorimetrie. Zusätzlich wurde der plastifizierende Effekt von Wasser sowie die Sorption von Wasser in amorphen Zuckerfeststoffen untersucht. Mittels diesen Messungen konnte eine Zusammensetzung gefunden werden, die in schokoladeartigen Produkten eingesetzt werden kann ohne dabei den Prozess und die Fliesseigenschaften negativ zu beeinflussen.
Lichtmikroskopische sowie rasterelektronenmikroskopische Bildaufnahmen bewiesen, dass kantige Feststoffe durch die Zuckermatrix vollständig eingeschlossen sind und somit komplett runde Partikeln mit einer glatten Oberfläche in Kakaobutter

eingemischt werden können.
Die kosteneffiziente Produktion sphärischer Partikel war ein weiterer wichtiger Punkt in diesem Projekt. In Versuchen im Labormassstab wurden verschiedene Prozessparameter für deren Herstellung entwickelt und später in einen Prozess im Pilotmasssab übersetzt. Diese Versuche zeigten, dass sphärische Zuckerpartikeln auf einer Pilot-Produktionsanlage produziert werden können und somit für die grosstechnische Herstellung geeignet sind.
Hauptsächlich interessierten jedoch die rheologischen Fliesseigenschaften sphärischer Partikel in flüssiger Kakaobutter. Dazu wurden zwei verschiedene Modellsysteme eingeführt: Ein sehr vereinfachtes Modell bestehend aus Maissiruppartikeln suspendiert in Kakaobutter und Emulgator und ein vereinfachtes Schokolademodellsystem für dunkle Schokolade bestehend aus Maissirup, Saccharose, Kakaobestandteilen sowie Kakaobutter und Emulgator. In einem ersten Schritt wurden die Eigenschaften vom vereinfachten Modellsystem bestimmt: Es konnte gezeigt werden, dass sphärische Partikeln im Vergleich zu kantigen Partikeln die Fliessgrenze wesentlich verringern, sowie die Beimischung von Lecithin zu einer sphärischen Partikelsuspension sich negativ auf die Fliessgrenze (Fliessgrenzenerhöhung) auswirkt. Mittels eines Rasterkraftmikroskopes konnte gezeigt werden, dass Lecithin die Oberflächenklebrigkeit amorpher Zuckeroberflächen erhöht und somit negative Auswirkungen auf das Fliessverhalten von Suspensionen mit amorphen, sphärischen Zuckerpartikeln mit glatter Oberfläche haben kann. Sensorische Untersuchungen zeigten ausserdem, dass sphärische Partikeln im Vergleich zu kantigen Partikeln keine signifikanten Veränderungen der sensorischen Rauhigkeitswahrnehmung hervorrufen.
Mit dem realen Schokoladenmodellsystem wurde zusätzlich das Potential zur Kalorienreduktion abgeschätzt. Es konnte gezeigt werden, dass mittels sphärischen Partikeln die kontinuierliche Phase um 15 vol% bei gleichbleibender Viskosität reduziert werden kann. Dies entspricht einer gesamten Kalorienreduktion von 25 %, sofern die eingesparte Fettphase mit einer kalorienneutralen Zutat ersetzt wird.