

Pre-crystallization processing of dark chocolate: Effect on fat crystal structure and product properties

effect on fat crystal structure and product properties

Doctoral Thesis

Author(s):

Svanberg, Lina L.E.

Publication date:

2012

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-007599212>

Rights / license:

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

Originally published in:

Food process engineering 47

DISS. ETH NO. 20347

Pre-crystallization processing of dark chocolate

- effect on fat crystal structure and product properties

A dissertation submitted to

ETH ZURICH

for the degree of

Doctor of Sciences

presented by

Lina L. E. Svanberg

MSc, Chalmers University of Technology

24th of January 1983

citizen of Sweden

accepted on the recommendation of

Prof. Dr.-Ing. Erich J. Windhab, examiner

Associate Prof. Lilia Ahrné, co-examiner

2012

Abstract

Dark chocolate is a complex food product in which sugar crystals and cocoa particles are surrounded by a continuous phase of crystalline and liquid cocoa butter. For the final quality, it is of utmost importance to obtain the crystal polymorphic form β_V in the cocoa butter as it corresponds to a close-packed crystal structure with optimal resistance against quality deterioration and simultaneously gives rise to desirable snap and melting behavior in the mouth. In order to achieve cocoa butter in the desired crystal form, the chocolate must undertake a pre-crystallization treatment during manufacturing. The conventional pre-crystallization process for obtaining a stable β_V form involves subjecting the chocolate to a well-defined temperature program under the action of shear. An alternative “ β_{VI} -seeding” pre-crystallization process was introduced in 2000 (Zeng, 2000) which uses homogeneous mixing of 0.2-2% (w/w) cocoa butter crystals in their most stable form (β_{VI}) with pre-cooled chocolate. Overall, increased knowledge of the impact of the pre-crystallization process on the generated fat crystal structure and subsequent storage stability has the potential for development of tailored chocolate products with improved shelf-life.

Thus, the aim of this work was to provide a deeper understanding of the relationship between pre-crystallization processes, microstructure evolution and product properties during storage in dark chocolate and confectionery systems. This was done comparing β_{VI} -seeding or conventional pre-crystallization processing to create chocolate microstructures with different structure densities and homogeneity of the fat crystal network. Changes in properties during storage, i.e., migration of fat or moisture, textural/mechanical changes, expansion and fat bloom were thereafter evaluated. The investigated chocolate materials were studied by increasing complexity ranging from model systems, cocoa butter with/without the addition of cocoa particles, sugar and lecithin, to dark chocolate and confectionery systems, i.e., dark chocolate subjected to fat or moisture migration.

The simplified structures in the chocolate model systems provided novel possibilities to elucidate the relationship between the pre-crystallization process and the resulting structure. Model systems subjected to β_{VI} -seeding during pre-crystallization formed multiple nucleation sites, which induced a rapid growth of crystals and resulted in a homogenous microstructure. However, using sub-optimal pre-crystallization, i.e., non-seeding, generated a more random structure, with some domains developing large spherical crystals while other parts displayed small compact crystals surrounded by larger inclusions of liquid fat. Furthermore, an enhancing effect of the emulsifier, lecithin, on crystallization was found to be significant. Also, samples containing cocoa butter and cocoa particles had a faster crystal growth rate than the corresponding samples with cocoa butter and sugar.

Studies on dark chocolate demonstrated that β_{VI} -seeding and conventional pre-crystallization processing generated significant different cocoa butter crystallization dynamics which resulted in various fat crystal structures with altering capacities to withstand changes during storage. The β_{VI} -seeding technology generated an even distribution of crystal nuclei throughout the entire samples which resulted in a rapid and controlled crystal growth during cooling. Conventional pre-crystallization did not evoke the same behavior during crystallization and the crystal growth was slower and distributed during the entire cooling step. The crystallization generated through the β_{VI} -seeding process resulted in a dense and homogeneous fat crystal network after the cooling step. Overall, this structure generated optimal resistance against fat migration and fat bloom, possibly by

improved opposition of the cocoa butter crystal matrix against TAG dissolution in the migrating components. However, it exhibited a poorer capacity to withstand moisture migration. Instead, the less dense structures, as those created by conventional pre-crystallization, proved to have improved resistance against moisture migration.

Zusammenfassung

Dunkle Schokolade ist ein komplexes Lebensmittel, in dem Zuckerkristalle und Kakaopartikel von einer kontinuierlichen Phase aus kristalliner und flüssiger Kakaobutter umgeben sind. Es ist für die Produktqualität von äußerster Bedeutung, die polymorphe Kristallform β_V in der Kakaobutter zu erhalten, da diese einer dicht-gepackten Kristallstruktur mit optimalen Widerstand gegen Qualitätsverschlechterung entspricht und gleichzeitig das erstrebenswerte Knack- und Schmelzverhalten im Mund hervorruft. Um Kakaobutter in der gewünschten Kristallform zu erhalten, muss die Schokolade während der Herstellung einer Vorkristallisationsbehandlung unterzogen werden. Im konventionellen Vorkristallisationsprozess für die stabile Kristallform β_V wird die Schokolade einem wohldefinierten Temperatur-Programm bei gleichzeitiger Scherung ausgesetzt. Ein alternatives, „ β_{VI} -Impf“-Vorkristallisationsverfahren wurde 2000 vorgestellt (Zeng, 2000). In diesem werden 0.2-2% (w/w) Kakaobutterkristalle in ihrer stabilsten Form (β_{VI}) mit vorgekühlter Schokolade homogen vermischt. Ein verbessertes Verständnis des Einflusses des Vorkristallisationsverfahrens auf die generelle Fettkristallstruktur und daraus folgende Lagerbeständigkeit hat im Allgemeinen das Potenzial, angepasste Schokoladenwaren mit verbesserter Haltbarkeit zu entwickeln.

Ziel dieser Arbeit war es, ein vertieftes Verständnis zu schaffen über den Zusammenhang zwischen Vorkristallisationsverfahren, der Entwicklung der Mikrostruktur und Produkteigenschaften während der Lagerung von dunkler Schokolade und Konfekt. Dafür wurden das β_{VI} -Impfen sowie das konventionelle Vorkristallisationsverfahren verwendet, um Mikrostrukturen in der Schokolade zu erhalten, die unterschiedliche Strukturdichten und Homogenitäten in der Fettkristallstruktur aufwiesen. Eigenschaftsänderungen während der Lagerung, im Einzelnen Migration von Fett und Feuchtigkeit, Textur-/ mechanische Änderungen, Ausdehnung sowie Fettreif wurden im Anschluss ausgewertet. Die untersuchten Schokoladenmaterialien wurden mit ansteigender Komplexität analysiert, beginnend bei einem Modellsystem, über Kakaobutter mit und ohne Zusatz von Kakaopartikeln, Zucker und Lecithin, zu dunkler Schokolade und Konfekt; das heißt dunkle Schokolade wurde einer Fett- oder Feuchtigkeitsmigration ausgesetzt.

Die vereinfachten Strukturen in den Schokoladenmodellsystemen boten neue Möglichkeiten, den Zusammenhang zwischen Vorkristallisationsverfahren und der resultierenden Struktur zu erforschen. Modellsysteme, die einer β_{VI} -Impfung während der Vorkristallisation ausgesetzt wurden, formten mehrere Keimbildungsstellen, was ein schnelles Kristallwachstum auslöste und in einer homogenen Mikrostruktur endete. Das Verwenden einer sub-optimalen Vorkristallisation, das heißt ohne Impfen, führte jedoch zu einer willkürlicheren Struktur. Es bildeten sich Bereiche mit ausgebildeten großen kugelförmigen Kristallen, während andere Bereiche kleine, kompakte Kristalle aufwiesen, die von größeren Einschlüssen aus flüssigem Fett umgeben waren. Weiterhin war der verstärkende Effekt des Emulgators Lecithin auf die Kristallisation sehr signifikant. Außerdem hatten Proben, die Kakaobutter und Kakaopartikel enthielten, eine höhere Kristallwachstumsrate als die vergleichbaren Proben mit Kakaobutter und Zucker.

Die Untersuchungen mit dunkler Schokolade zeigten, dass β_{VI} -Impfen sowie konventionelle Vorkristallisationsverfahren eine signifikant andere Dynamik während der Kakaobutterkristallisation erzeugten, die in mehreren Fettkristallstrukturen mit veränderten Vermögen resultierte, den Änderungen während der Lagerung zu widerstehen. Die β_{VI} -Impf-Technologie erzeugte eine gleichmäßige Verteilung der Kristallkeime in den gesamten Proben, was zu einem schnellen und kontrollierten Kristallwachstum während der Abkühlung führte. Die konventionelle Vorkristallisation führte während der Kristallisation nicht zum gleichen Verhalten und das Kristallwachstum war stattdessen gleichmäßiger über den gesamten Abkühlungsvorgang verteilt. Die Kristallisation, die durch den β_{VI} -Impf-Prozess erzeugt wurde, führte zu einem dichten und homogenen Fettkristallnetzwerk nach dem Abkühlen. Insgesamt führte diese Struktur zu einem optimalen Widerstand gegen Fettmigration und Fetteifung, vermutlich aufgrund eines verbesserten Widerstandverhaltens gegen die Lösung von TAGs aus der Kristallmatrix der Kakaobutter. Zugleich zeigte die Struktur jedoch ein signifikant schlechteres Vermögen, Feuchtigkeitmigration zu verhindern. Stattdessen erwiesen sich die weniger dichten Strukturen, wie jene die durch konventionelles Vorkristallisieren geschaffen wurden, als optimal gegen Feuchtigkeitmigration. Eine mögliche Erklärung dafür könnte sein, dass die dichte Fettkristallstruktur eine stärkere Kontraktion während des Festwerdens verursachte, was die Bildung von Mikroporen hervorrief. Aufgrund der signifikant höheren Oberflächenspannung und niedrigeren Viskosität von Wasser im Vergleich zu Öl, beförderte dies die Feuchtigkeitmigration durch kapillaren Flüssigkeitstransport.