

Fat Migration

Gottfried Ziegleder

Fraunhofer Institute for Processing and Packaging, Giggenhauser Strasse 35, 85354 Freising,
Germany

Gottfried.ziegleder@ivv.fhg.de

Dr. Dr.-Ing. Gottfried Ziegleder is head of the Department of Food Technology at the Fraunhofer IVV and he is an expert in applied research for the chocolate confectionery industry. His article contains the following chapters:

1. Introduction
2. Mechanism of fat migration
3. Detection of fat migration
4. Effect of storage temperature
5. Effect of product formulation
6. Effect of manufacturing process
7. Summary

1. Introduction

There is a strong trend within the chocolate market towards filled products. The consumer has a wide choice of pralines, filled chocolate bars, filled seasonal items, snack bars and baked products with chocolate coating. Such products are particularly vulnerable because of the interaction of filling and chocolate.

During storage some oil from fillings such as nougat, nuts, marzipan, caramel, filling cremes or baking fats migrates into the chocolate shell, but also some cocoa butter migrates into the filling (Figure 1). The components of the fat phase try to achieve a homogenous distribution. Fillings lose their smooth texture, chocolate becomes soft and develops fat bloom. Fat bloom develops from triglycerides, which migrate to the surface where they re-crystallise. The extent of fat migration mainly depends on the proportion and formulation of the filling, storage conditions and the manufacturing process, i.e. the technology for the production of the chocolate shell.

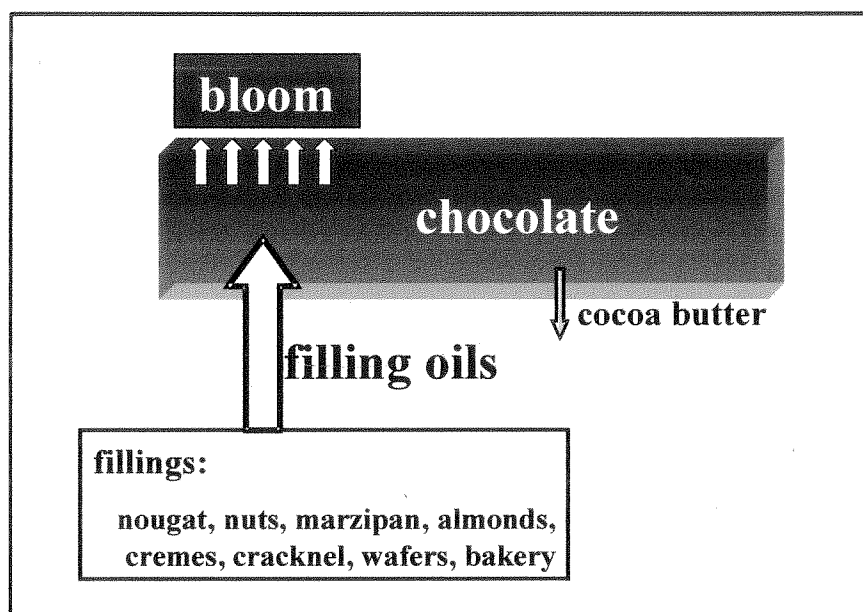


Figure 1: Fat migration in filled chocolate

Back to start

2. Mechanism of fat migration

In filled products two fat phases are in direct contact with each other. The triglycerides (TGs) in fillings, which often contain hazelnut or almond oils, are predominately liquid such as triolein (OOO) and other TGs from linoleic and oleic acids (LOO, LLO, POO, SOO). The fat phase in milk chocolate consists of cocoa butter and milk fat and contains high levels of the mostly crystalline triglycerides POS, POP and SOS.

The migration rate of each triglyceride depends on its specific mobility and the concentration gradient. Liquid triglycerides are more mobile than crystalline triglycerides (Figure 2.)

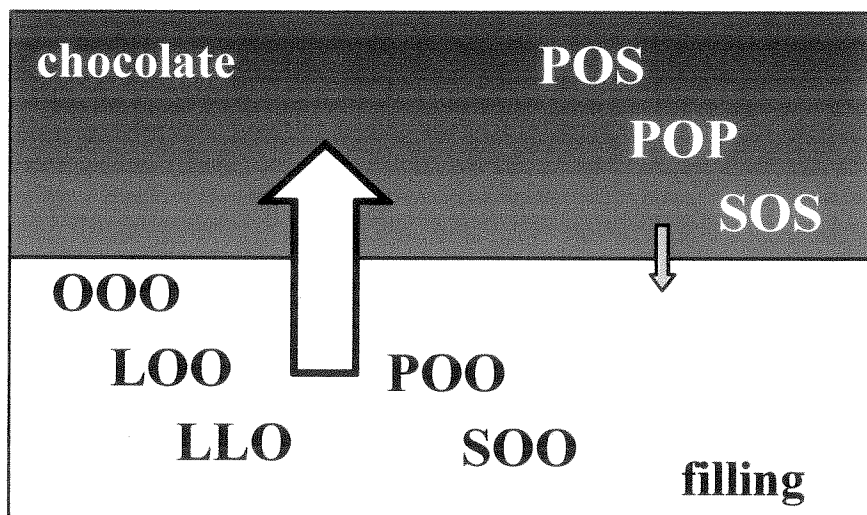


Figure 2: Diffusion of some triglycerides in chocolate and filling. (POS = 1-Palmito-2-oleo-3-stearine, POP, SOS = 1,3-Dipalmito-/ 1,3-Distearo-olein, OOO = Triolein, LOO, POO, SOO = 1-Linolo-/ 1-Palmito-/ 1-Stearo-diolein, LLO = 1,2-Dilinolo-olein.)

In Figure 3 the contents of selected triglycerides in milk chocolate and nougat filling (100 g bar, 60 g chocolate with 32.7% fat, 40 g nougat with 34% fat), fresh and after storage, respectively, are shown. Fresh nougat contains hazelnut oil (Triolein, LOO, LLO, POO) alongside milk fat and cocoa butter (POS, POP, SOS). Fresh chocolate is almost free from nut oil.

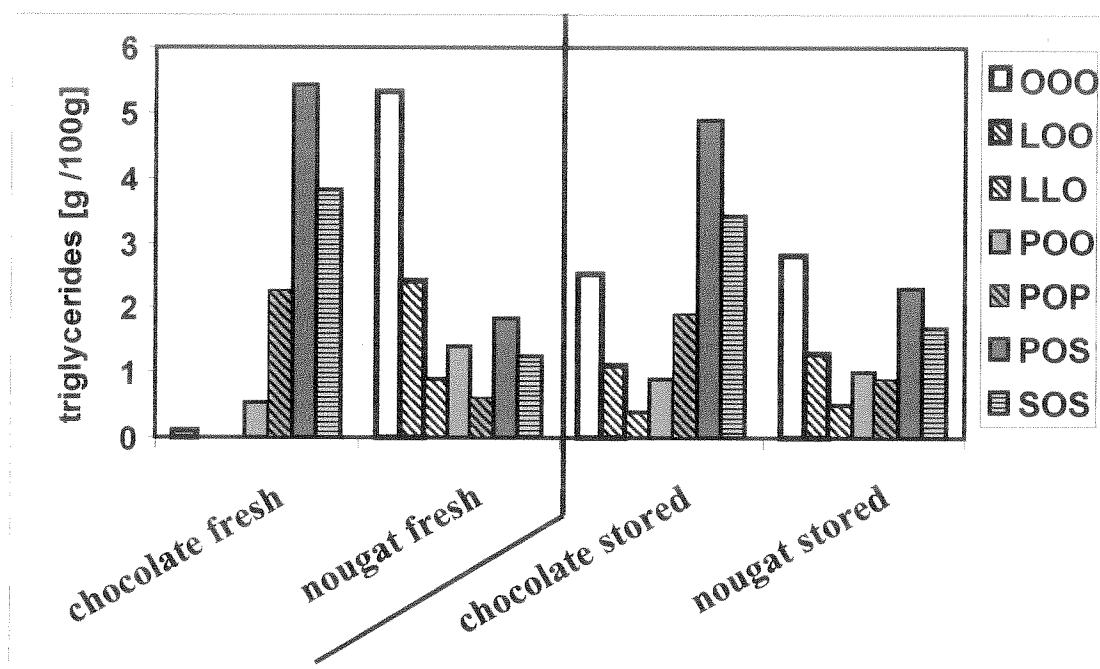


Figure 3: Contents of selected triglycerides in milk chocolate with nougat filling, fresh and after storage (200 days at 20C).

After very long storage over 200 days at 20C the main triglycerides of hazelnut oil (OOO, LOO, LLO) have almost evenly distributed between chocolate and filling, and, therefore, migrated from the filling into the chocolate until saturation. On the other hand, triglycerides of the cocoa butter have only migrated a little into the filling because they are less mobile and their concentration gradient was lower.

This example illustrates the extent of fat migration. After storage, the weight of chocolate increased by about 4 g (6.7%) and its fat content increased from 32.7% to 36.9%. The filling lost weight and its fat content decreased from 34% to 26.7%. The stored product lost all of its quality with regard to texture, appearance and flavour. After longer storage, the fat phase of the chocolate has a distinctively different composition from that of pure chocolate, which is not an indication of adulteration but technically impossible to prevent.

The kinetic of fat migration follows the law of diffusion as shown in the equation in Figure 4. In its early stage the fat migration is almost proportional to the square root of the storage time; therefore, fresh products are particularly vulnerable. Towards the final stage saturation with an even distribution of triglycerides is achieved. But the acceptable limit regarding quality lies at far lower levels of migrated oil (Figure 4). As can be seen in the equation the migration is in reverse proportion to the thickness of the chocolate shell. Therefore, fat bloom develops predominately where the chocolate shell is thin, often at the bottom of pralines, around enclosed nuts or between the individual pieces of a bar. For the calculation of the diffusion coefficient D the saturation level m_s , which depends on proportion and fat content of the filling, is important.

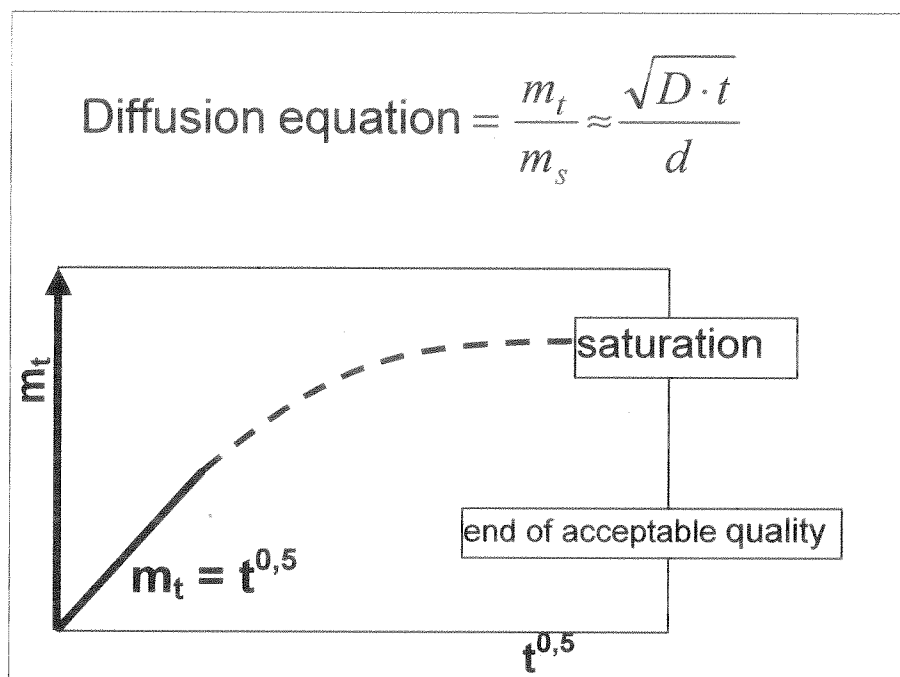


Figure 4: Kinetics of fat migration. (m_t = oil level in chocolate at time t , m_s = oil level at saturation, d = thickness of chocolate shell [cm], t = storage time [s], D = diffusion coefficient [cm^2/s])

[Back to start](#)

3. Detection of fat migration

Fat migration can be followed with chromatography methods such as HPLC or GC. Chemical analyses are comparatively laborious. More and more physical methods are used because they do not require fat extraction, they are fast, or because they provide important information about the hardness or texture of a product (Table 1).

Table 1. Detection methods for fat migration

Chemical analyses:	Triglycerides (HPLC, GC)
	Fatty acid composition, Iodine value
	Total fat content
Physical methods:	Weighing
	DSC-Thermoanalysis
	Solid fat content (pulsed NMR)
	Magnetic Resonance Imaging (MRI)
	Texture analysis

Pulsed Nuclear Magnetic Resonance (pNMR) is an efficient method of detection. pNMR is used for the determination of the solid fat content of chocolate. Because the solid fat content of chocolate decreases with increasing oil level this can be used as measure of fat migration. The method of Magnetic Resonance Imaging (MRI) has the same principle and shows the three-dimensional oil distribution in a chocolate product, but it is extremely laborious. Filling oil in

chocolate can also be quantified and shown in its three-dimensional distribution by DSC-Thermoanalysis.

[Back to start](#)

4. Effect of storage temperature

Fat migration in chocolate is extremely dependent on storage temperature. Chocolate becomes softer with increasing temperature and loses its resistance towards the ingress of oils from the filling. Migration occurs predominately in the liquid fat phase because it requires a mobile phase.

This strong temperature dependency can, for example, be demonstrated by storage trials with nougat-filled milk chocolate bars. In Figure 5 the amount of hazelnut oil in the chocolate coating is shown as a function of storage time and temperature. At the beginning of the storage trial there is always a linear increase over the square root of the storage time as expected according to the laws of diffusion (Equation 1 in Figure 4). At very high storage temperature (26°C) the horizontal saturation plateau is reached after about 200 days at which the hazelnut oil is almost evenly distributed between chocolate and filling. At 23°C, it can be seen that this plateau is reached after about 400 days. Freshly produced bars contain about 0.8% nut oil in the chocolate because the chocolate shell was only partially solidified during production and could rapidly take up oil after filling with liquid nougat.

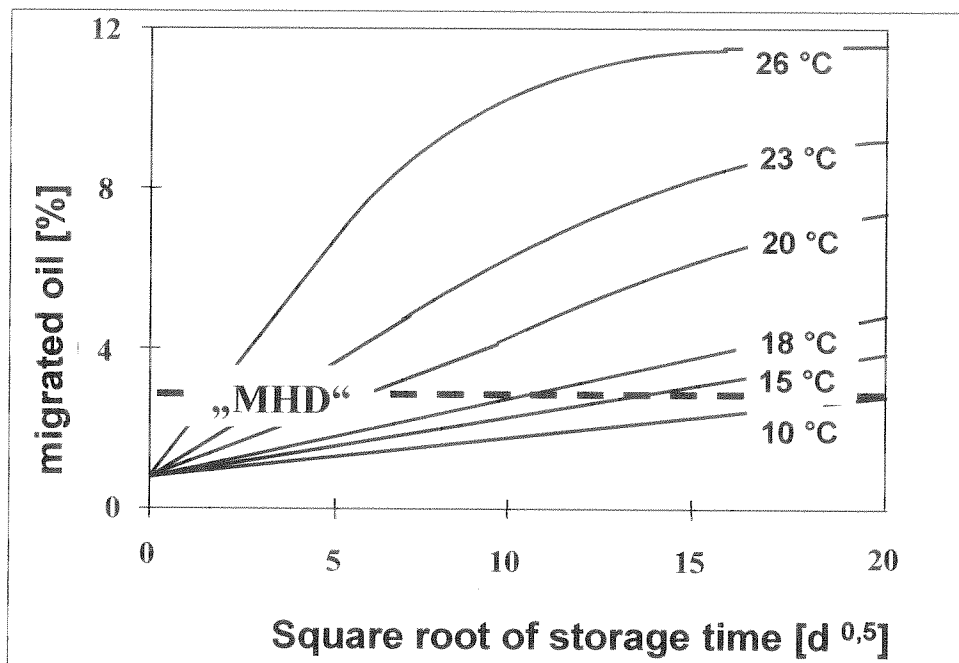


Figure 5: Migrated oil in the chocolate (%/ chocolate) of nougat-filled milk chocolate as a function of storage time and temperature. Horizontal line shows a set limit to describe a maximum shelf-life “MHD” (= Best Before End).

Fat migration, although very slow, can already be seen during storage at 10°C. The migration rate at 20°C is nearly double that at 10°C, and likewise during storage at 26°C compared with 20°C.

The extent of fat migration can be used for setting the shelf-life of a filled chocolate product. For example, if 3% of migrated hazelnut oil in chocolate was regarded as acceptable maximum for product quality, this condition would be reached at 10°C after 400 days (shelf-life), at 15°C after 180 days, at 18°C after 100 days, at 20°C after 36 days, at 23°C already after 9 days and at 26°C after only 1 day.

The critical effect of short-term temperature peaks (in this example 26C) as they can occur during transport of chocolate products and inappropriate storage at home becomes clear. For producers of chocolate articles it is of particular interest to set optimum conditions in the warehouse. Although refrigeration at 10C or 15C requires additional energy and costs, it may ensure a significantly improved maintenance of quality than at 18C or 20C storage.

As was expected, the chocolate bars developed fat bloom during the storage trials, at 20 C after about 100 days, at 23C after only 20 days. At 18C, the samples lost their gloss during long storage, but they did not develop fat bloom. After a few days of storage at 26C a slight colour change resulting from oil migration was noticeable, which became extreme after about one month. However, because the lipids that had migrated to the surface could not crystallise at this high storage temperature no fat bloom developed.

The storage trials reveal the close relationship between fat migration and fat bloom. Oil from the filling replaces triglycerides in the chocolate and transports them to the surface where crystallisation is initiated at suitable temperatures. The surface gloss is lost and fat bloom becomes visible. Such fat bloom crystals contain up to 10% triglycerides from filling oils, mostly triolein, besides the main components of cocoa butter (POS, POP, SOS).

[Back to start](#)

5. Effect of product formulation

Products with a high proportion of filling are particularly susceptible to fat migration because they contain only little chocolate and, hence, have only thin chocolate shells (a low thickness d of the chocolate shell promotes migration m_t (Equation 1 in Figure 4)). A manufacturer would favour a high proportion of filling and a thin chocolate shell because of cost constraints and sensory considerations, but for better stability thicker chocolate shells are recommended. The use of cocoa butter with relatively high solid fat contents is suitable for stabilisation of chocolate shells against migration.

In the filling, the content of liquid oil is decisive. An intensive homogenisation and adsorptive binding of the oils in the filling onto the surface of sugar and milk powder particles are also important for stability. So-called structuring fats have the ability to crystallise as a network that can entrap oils. Emulsifiers that are used for improving the flow properties can have a negative effect on stability because they wet the surface of particles and increase the mobility of the oil phase. Because fillings are generally made with fat blends their compatibility with each other and also on the interface with the shell has to be borne in mind. Incompatible fats, for example lauric fats in the filling and cocoa butter in the chocolate shell, decrease the solid fat content when in direct contact with each other and increase the speed of fat migration.

[Back to start](#)

6. Effect of manufacturing process

6.1 Cooling

In order to achieve a sufficient resistance against fat migration of a chocolate product besides a good appearance and sensory characteristics the fat phase in the finished chocolate needs to solidify in a dense crystal network. Therefore, the process conditions during pre-crystallisation, moulding and crystallisation in the cooling tunnel are decisive for a good quality.

Because of cost constraints, production rates are being accelerated. To facilitate this, residence times in cooling tunnels are often reduced which can have detrimental consequences, in particular in combination with too low a temperature. In such cases the chocolate shell is only partially crystallised after the cooling tunnel, and after deposition of the filling the high

proportion of liquid fat phase in the shell enables a very extensive migration of the filling oil. It is well known that pre-crystallised chocolate mass crystallises fastest and forms a dense crystal lattice in a cooling tunnel at 15°C. Above 15°C crystallisation slows down because of insufficient supercooling, whereas below 15°C it slows down because of decreasing mobility of molecules at increased viscosity. In order to produce chocolate shells which are stable against migration the cooling temperature should not be lower than 10°C and the residence time should not be shorter than about 4 minutes.

Figure 6 shows the condition of fresh chocolate after the cooling tunnel using solid fat contents measured by pNMR. At room temperature about 24% of the fat in chocolate always remains liquid. This liquid fat phase consists mainly of the liquid triglycerides of cocoa butter (amongst others POO, SOO, PLS, SLS) and of milk fat. At too short a residence time in the cooling tunnel only about 40% of the fat can crystallise, at slow throughput rates up to 70%. With too short cooling the chocolate contains 60% liquid fat, which enables spontaneous migration during filling. About 36% of the liquid fat can crystallise subsequently, but then, the fat migration is far advanced and can cause development of fat bloom.

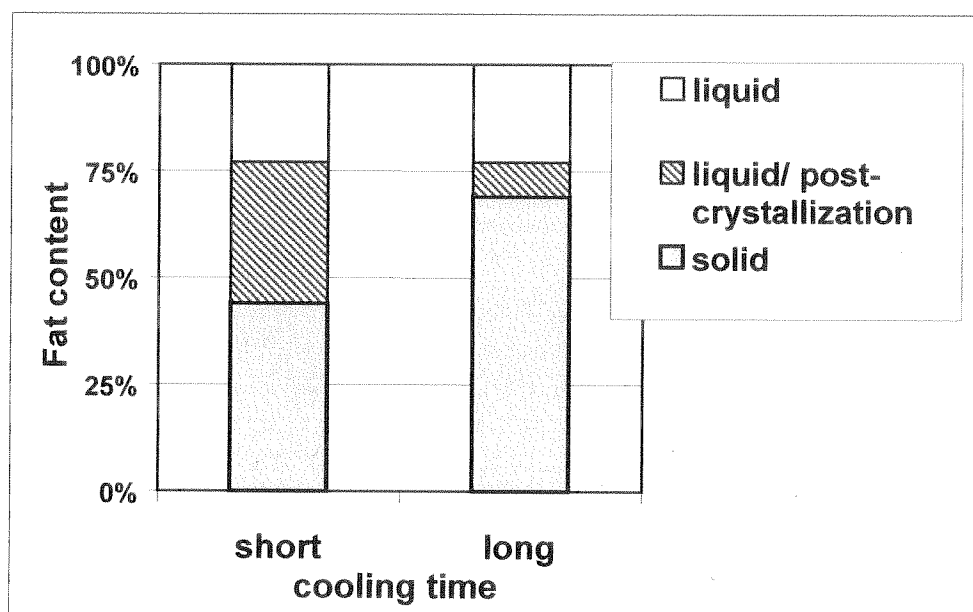


Figure 6: Proportions of crystallised and liquid fat in freshly produced chocolate as a function of cooling time (pNMR-data).

6.2 Moulding

Chocolate shells are traditionally moulded by the following process: the mould, which is filled with liquid chocolate, is turned over to pour out the excessive chocolate leaving behind only a thin film on its wall. After cooling this is obtained as the chocolate shell. Alternative methods used today are cold-stamp, frozen-cone or cold-press moulding. In these methods a pre-determined amount of chocolate is filled into the mould and then pressed against its wall by short insertion of a chilled cone (a few seconds at -25 to 2°C) to form the chocolate shell. Because of the shock cooling the chocolate solidifies and retains its shape when the cone is removed. The crystallisation occurs as in the traditional method within a cooling tunnel. A traditionally moulded chocolate shell has thick and thin areas, which are created during the turning-over of the mould, because the centrifugal forces unevenly affect the chocolate that pours out. Cold-pressed chocolate shells have an even wall thickness.

During storage trials, traditionally produced and cold-pressed chocolate shells show similar stability against migration as filled pralines. This is not surprising as the chocolate in both cases

was crystallised within a cooling tunnel and could establish the same density and solid fat content, respectively. The short temperature shock during cold-pressing has no detrimental effect. When compared, traditionally moulded pralines develop fat bloom earlier because the migrating filling oil penetrates faster through the thin areas of the shell. Cold-formed shells have the advantage of a uniform average wall thickness and, therefore, exhibit a uniform but retarded fat bloom development.

[Back to start](#)

7. Summary

Fat migration is an unavoidable problem in pralines and filled chocolate. It leads to structural changes and fat bloom development and, hence, is deciding for the quality loss during storage of filled chocolate.

The application of the equation of diffusion for describing fat migration has made it more reliable to estimate the shelf-life of filled chocolate. Because fat migration shows a linear increase with the square root of storage time fresh products are particularly vulnerable. Therefore, during production it has to be ensured that the chocolate shells have a uniform wall thickness and can sufficiently solidify prior to filling.

The solid fat content of chocolate is of great importance for its stability against migration. The rate of fat migration strongly depends on temperature because with increasing temperature the hardness and resistance of the chocolate are lost. Therefore, chocolate products must be stored in a cool place to retard fat migration and fat bloom development.

The ratio of chocolate to filling must be sufficiently large to ensure a sufficient wall thickness of the chocolate shell. In order to achieve good stability against migration and fat bloom development the oil content of the filling has to be considered, and the oil should be locked by adsorption into the matrix of non-fat constituents.

Acknowledgement: Our research projects on fat migration (AiF-No. 11245N and 12635BGII) were supported by the FEI (Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V., Bonn), the AiF and the Ministry of Economics and Labour, Germany.

[Back to start](#)

[Home](#)

Fettmigration

Gottfried Ziegleder

Fraunhofer Institute for Processing and Packaging, Giggenhauser Strasse 35, 85354 Freising,
Germany

Gottfried.ziegleder@ivv.fhg.de

Dr. Dr.-Ing. Gottfried Ziegleder leitet die Abteilung Lebensmitteltechnologie am Fraunhofer IVV und hat Erfahrung in angewandter Forschung für die Schokoladenindustrie. Sein Artikel behandelt folgende Kapitel:

1. Einleitung
2. Mechanismus der Fettmigration
3. Nachweis der Fettmigration
4. Einfluss der Lagertemperatur
5. Einfluss der Rezeptur
6. Einfluss der Produktionsbedingungen
7. Zusammenfassung

1. Einleitung

Der Schokoladenmarkt zeigt einen starken Trend zu gefüllten Produkten. Der Verbraucher findet ein vielfältiges Angebot vor, von Pralinen, gefüllten Tafeln oder gefüllten Saisonartikeln, Riegeln und Backwaren mit Schokoladenüberzug. Derartige Produkte sind besonders gefährdet durch die Wechselwirkung von Füllung und Schokolade.

Bei der Lagerung migrieren Ölbestandteile aus Füllungen wie Nougat, Nüssen, Marzipan, Krokant, Cremes oder Backfetten in die Schokoladenhülle, und umgekehrt migriert etwas Kakaobutter in die Füllung (Bild 1). Die Fettkomponenten versuchen, eine homogene Verteilung zu erreichen. Füllungen verlieren ihre Geschmeidigkeit, Schokoladen werden weich und entwickeln Fettreif. Fettreif entsteht durch Triglyceride, die durch Migration an die Oberfläche verdrängt werden und dort rekristallisieren. Die Intensität der Fettmigration wird wesentlich beeinflusst durch Gewichtsanteil und Zusammensetzung der Füllung, die Lagerbedingungen und die Produktionsparameter bzw. Ausformtechnik der Schokoladen.

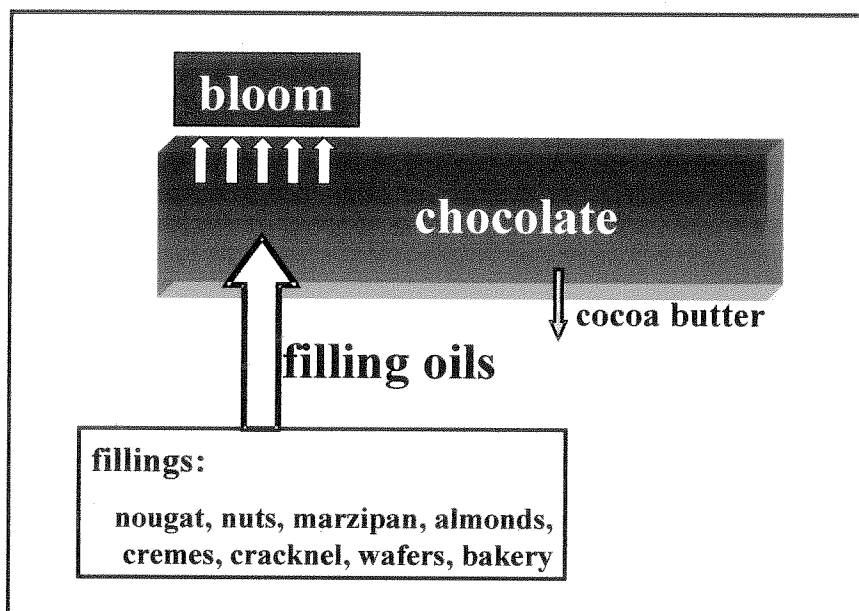


Bild 1: Fettmigration in gefüllten Schokoladen, schematisch

Zurück zu Anfang

2. Mechanismus der Fettmigration

In gefüllten Produkten stehen zwei Fettphasen in unmittelbarem Kontakt. Füllungen, meist auf Basis von Haselnuss- oder Mandelöl, enthalten vorwiegend flüssige Triglyceride (TGs), wie Triolein (OOO) und andere linol- und ölsäurehaltige TGs (LOO, LLO, POO, SOO). Das Fett in Milkschokoladen besteht aus Kakaobutter und Milchfett und enthält in hoher Konzentration die weitgehend kristallisierten Triglyceride POS, POP und SOS.

Die Migrationsgeschwindigkeit für jedes Triglycerid hängt von seiner spezifischen Mobilität und dem Konzentrationsgradienten ab. Flüssige Triglyceride sind beweglicher als kristalline (Bild 2).

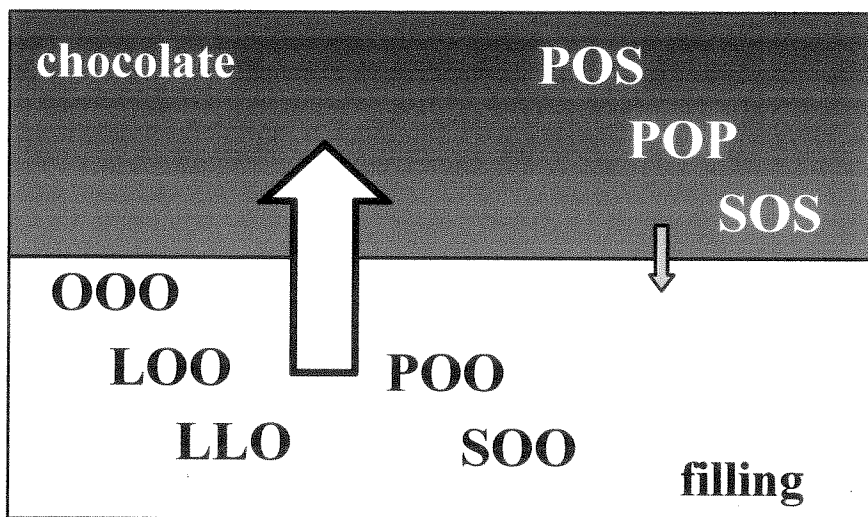


Bild 2: Diffusion einiger Triglyceride in Schokolade und Füllung. (POS = 1-Palmito-2-oleo-3-stearin, POP, SOS = 1,3-Dipalmito- bzw. 1,3-Distearo-olein, OOO = Triolein, LOO, POO, SOO = 1-Linolo-, 1-Palmito- bzw. 1-Stearo-diolein, LLO = 1,2-Dilinolo-olein.)

Bild 3 zeigt die Gehalte ausgewählter Triglyceride in Milkschokoladen mit Nougatfüllung (100 g Tafel, 60 g Schokolade mit 32,7 % Fett, 40 g Nougat mit 34 % Fett), jeweils frisch und nach Lagerung. Frisches Nougat enthält Haselnussöl (Triolein, LOO, LLO, POO) neben Milchfett und Kakaobutter (POS, POP, SOS). Frische Schokolade ist nahezu frei von Nussöl.

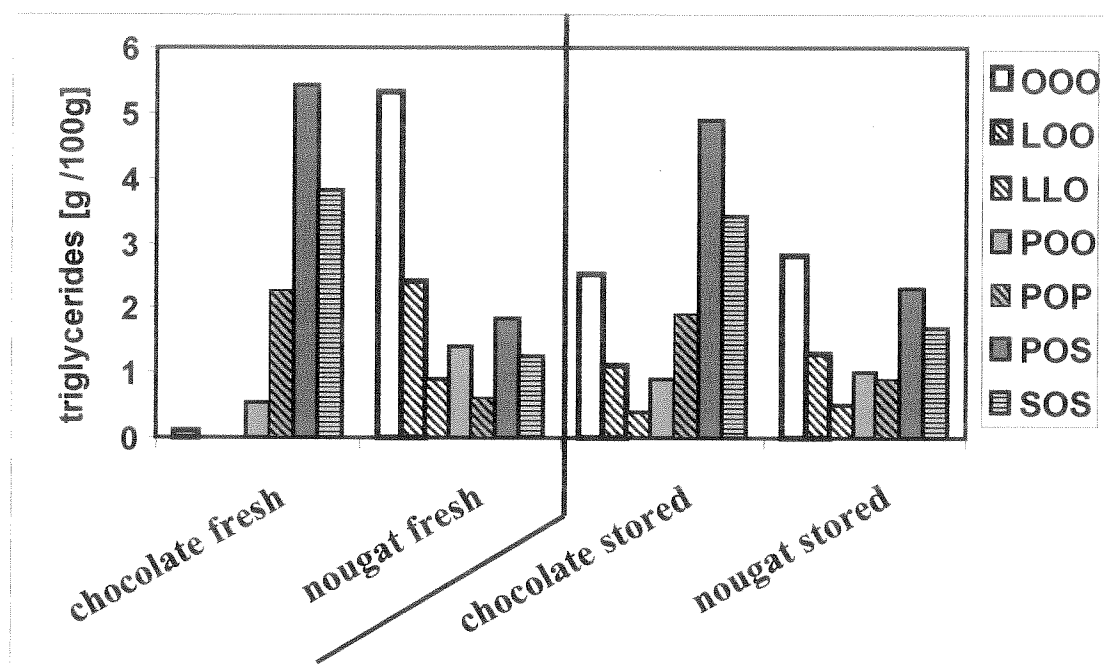


Bild 3: Konzentration ausgewählter Triglyceride in nougatgefüllten Milkschokoladen, frisch und nach Lagerung (200 Tage bei 20°C).

Nach sehr langer Lagerung von 200 Tagen bei 20°C ist Haselnussöls mit seinen wichtigsten Triglyceriden (OOO, LOO, LLO) zwischen Füllung und Schokolade fast gleichmäßig verteilt, ist also bis zur Sättigung aus der Füllung in die Schokolade diffundiert. Umgekehrt sind Triglyceride der Kakaobutter nur geringfügig in die Füllung gewandert, da sie weniger beweglich sind und ihr Konzentrationsgradient geringer war.

Dieses Beispiel illustriert die Intensität der Fettmigration. Die Schokolade wurde nach Lagerung um etwa 4 g (6,7 %) schwerer und erhöhte ihren Fettgehalt von 32,7 % auf 36,9 %, die Füllung wurde entsprechend leichter und reduzierte ihren Fettgehalt von 34 % auf 26,7 %. Das gelagerte Produkt hat bezüglich Textur, Aussehen und Geschmack jegliche Qualität verloren. Das Fett der Schokolade hat somit nach längerer Lagerung eine von reiner Schokolade deutlich abweichende Zusammensetzung, was allerdings keine unzulässige Verschneidung darstellt, sondern technisch unvermeidbar ist.

Die Kinetik der Fettmigration folgt den Diffusionsgesetzen entsprechend der Gleichung in Bild 4. Im frühen Stadium läuft die Migration nahezu proportional zur Quadratwurzel der Lagerzeit; demnach sind frisch produzierte Artikel besonders empfindlich. Im weit fortgeschrittenen Stadium wird ein Sättigungszustand mit Gleichverteilung der Triglyceride erreicht. Aber die zu akzeptierende Qualitätsgrenze liegt bei weit geringeren Konzentrationen von migriertem Öl (Bild 4). Wie die Diffusionsgleichung zeigt, läuft die Migration umgekehrt proportional zur Dicke der Schokoladenhülle. So beobachtet man, dass Fettreif vorwiegend an Dünnstellen im Schokoladenüberzug entsteht, oft am Boden von Pralinen, rund um eingelegte Nüsse oder in den Stegen einer Tafel. Für die Berechnung des Diffusionskoeffizienten D ist der Sättigungsgehalt m_s wesentlich, der von Anteil und Fettgehalt der Füllung abhängt.

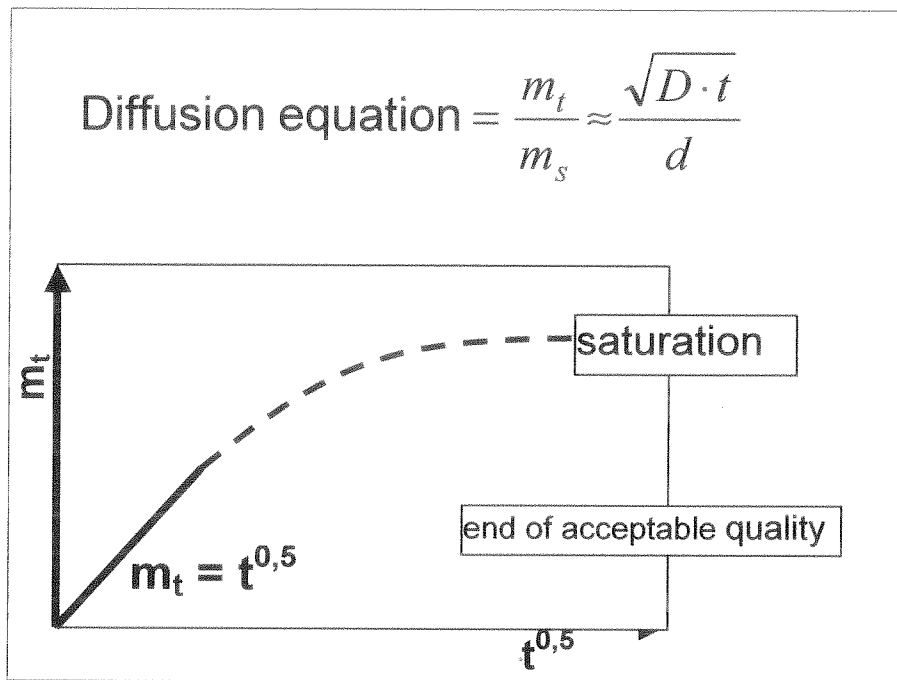


Bild 4: Kinetik der Fettmigration. (m_t = Ölkonzentration in Schokolade zur Zeit t , m_s = Ölkonzentration nach Sättigung, d = Dicke der Schokoladenschicht [cm], t = Lagerzeit [s], D = Diffusionskoeffizient [cm^2/s])

[Zurück zu Anfang](#)

3. Nachweis der Fettmigration

Die Fettmigration kann mit chromatographischen Verfahren wie HPLC oder GC verfolgt werden. Die chemischen Analysen erfordern vergleichsweise großen Aufwand. Verstärkt kommen physikalische Methoden zum Einsatz, da sie keine Extraktion benötigen, sich rasch durchführen lassen oder wichtige Informationen über die Festigkeit oder Textur des Produkts liefern (Tabelle 1).

Tabelle 1: Nachweismethoden für Fettmigration

chemisch-analytisch	Triglyceride (HPLC, GC)
	Fettsäureverteilung, Jodzahl
	Fettgehalt
physikalisch	Gewicht
	DSC-Thermoanalyse
	Festfettgehalt (pulsed-NMR)
	Magnetic Resonance Imaging (MRI)
	Texturanalyse

Eine leistungsfähige Nachweismethode bietet die gepulste magnetische Kernresonanz (pNMR). Mit pNMR wird der Festfettgehalt von Schokoladen gemessen. Da dieser Festfettgehalt der Schokolade mit steigendem Ölanteil sinkt, dient er als Maß für die Migration. Die magnetische Resonanz Imaging Methode (MRI) folgt dem gleichen Prinzip und zeigt die dreidimensionale Ölverteilung im Schokoladenprodukt, ist allerdings extrem aufwändig. Auch mit der DSC-

Thermoanalyse lässt sich Füllungsöl in Schokolade quantitativ nachweisen und in seiner räumlichen Verteilung innerhalb eines Produkts verfolgen.

[Zurück zu Anfang](#)

4. Einfluss der Lagertemperatur

Die Fettmigration in Schokoladen hängt extrem von der Lagertemperatur ab. Mit steigender Temperatur wird Schokolade weich und verliert ihre Resistenz gegen das Eindringen von Füllungsölen. Migration läuft vorwiegend im flüssigen Fettanteil, da sie eine mobile Phase erfordert.

Dieser starke Temperatureinfluss zeigt sich beispielsweise in Lagerversuchen mit nougatgefüllten Milkschokoladetafeln. Bild 5 stellt die Menge Haselnussöl im Schokoladenüberzug als Funktion von Lagerzeit und Lagertemperatur dar. Zu Beginn der Lagertests ergibt sich stets ein linearer Anstieg über der Quadratwurzel der Lagerzeit, wie nach den Diffusionsgesetzen zu erwarten ist (Gleichung 1 in Bild 4). Bei sehr hoher Lagertemperatur (26°C) wird nach etwa 200 Tagen das waagrechte Sättigungsniveau erreicht, bei dem Haselnussöl zwischen Schokolade und Füllung fast gleich verteilt ist. Bei 23°C erkennt man nach ca. 400 Tagen eine Annäherung an dieses Niveau. Frisch hergestellte Tafeln enthalten etwa 0,8 % Nussöl in der Schokolade, da die Schokoladenhülle nach dem Ausformen nur partiell ausgehärtet war und daher bei Füllen mit flüssigem Nougat rasch Öl aufnehmen konnte.

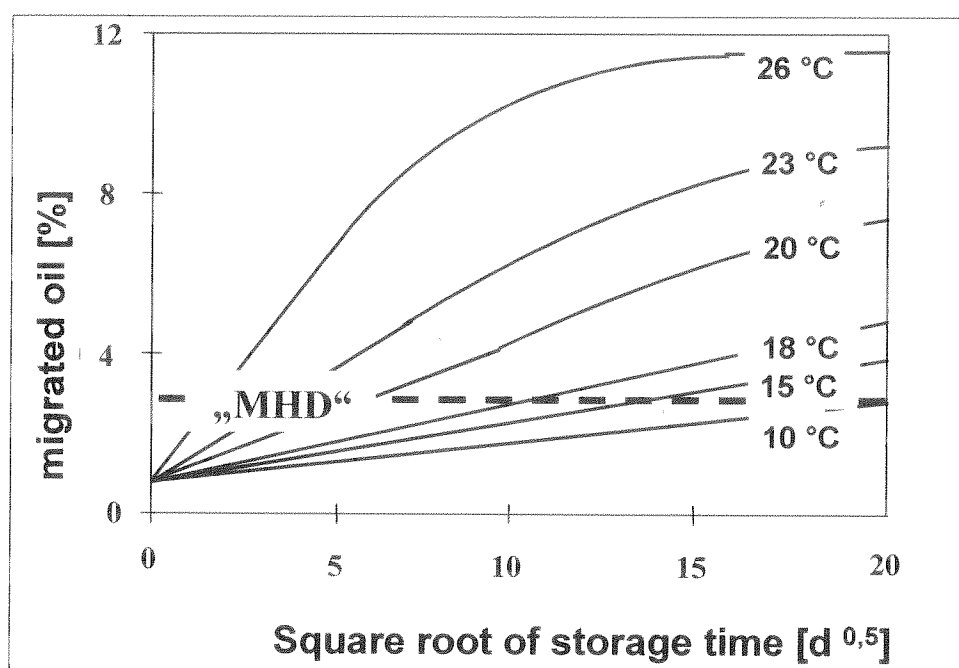


Bild 5: Migriertes Öl in Schokolade (%/Schokolade) in nougatgefüllten Milkschokoladen als Funktion von Lagerzeit und -temperatur. Horizontale Linie zur Beschreibung einer –willkürlich definierten - Mindesthaltbarkeit „MHD“.

Bei 10°C Lagerung zeigt sich bereits Fettmigration, allerdings nur sehr langsam. Die Migrationsgeschwindigkeit ist bei 20°C gegenüber 10°C Lagertemperatur nahezu verdoppelt, und ebenso bei 26°C Lagerung gegenüber 20°C.

Anhand des Ausmaßes der Fettmigration lässt sich auch die Mindesthaltbarkeit eines gefüllten Schokoladenprodukts definieren. Würde man – beispielsweise – 3 % migriertes Haselnussöl in Schokolade als noch zu akzeptierendes Qualitätsminimum festlegen, so wäre dieser Zustand (entsprechend der Mindesthaltbarkeit) bei 10°C nach 400 Tagen erreicht, bei 15°C nach 180

Tagen, bei 18C nach 100 Tagen, bei 20C nach 36 Tagen, bei 23C bereits nach 9 Tagen und bei 26C sogar nach nur 1 Tag.

Es zeigt sich also die kritische Wirkung kurzzeitiger Temperaturspitzen (hier 26C), wie sie vor allem beim Transport von Schokoladeprodukten oder der unsachgemäßen Lagerung im Haushalt auftreten. Für die Schokoladenhersteller ist vor allem die Optimierung des Industrielagers interessant. Die Kühlung auf 10C oder 15C kostet zwar zusätzlich Energie, kann aber gegenüber 18C oder 20C einen deutlich besseren Qualitätserhalt sichern

In den Lagertests entwickelten die Schokoladetafeln erwartungsgemäß Fettreif, bei 20C nach etwa 100 Tagen, bei 23C bereits nach ca. 20 Tagen. Bei 18C ging nach langer Lagerung Glanz der Oberflächen verloren, doch trat kein Fettreif auf. Bei 26C stellte man nach wenigen Tagen eine leichte, nach etwa 1 Monat eine extreme Verfärbung infolge Ölmigration fest, doch entwickelte sich kein Fettreif, da die an die Oberfläche verdrängten Lipide bei dieser hohen Lagertemperatur nicht kristallisieren konnten.

Die Lagertests belegen den engen Zusammenhang zwischen Fettmigration und Fettreif. Füllungsöl transportiert und verdrängt Triglyceride an die Oberfläche und initiiert dort bei geeigneten Temperaturen deren Kristallisation, sodass der Glanz verloren geht und Fettreif sichtbar wird. Derartige Fettreifkristalle enthalten neben den Hauptkomponenten der Kakaobutter (POS, POP, SOS) nachweislich auch bis zu 10 % Triglyceride aus Füllungsölen, vorwiegend Triolein.

[Zurück zu Anfang](#)

5. Einfluss der Rezeptur

Anfällig gegen Fettmigration sind vor allem Produkte mit hohem Füllungsanteil, da sie entsprechend wenig Schokolade und damit nur dünne Schokoladenhüllen enthalten (eine geringe Dicke d der Schokoladenhülle verstärkt die Migration m_t (Gleichung 1 in Bild 4)). Aus Kostengründen und sensorischen Überlegungen würde der Hersteller oft einen hohen Füllungsanteil und dünnen Schokoladenüberzug bevorzugen, doch sind für bessere Stabilität dickere Schokoladenhüllen zu empfehlen. Um die Schokoladenhülle gegen Migration zu stabilisieren, eignet sich der Einsatz von Kakaobutter mit relativ hohem Festfettgehalt.

In der Füllung ist der flüssige Ölanteil entscheidend. Wichtig für die Stabilität sind auch die intensive Homogenisierung und adsorptive Bindung des Füllungsöles an die Oberflächen der festen Partikel von Zucker oder Milchkpulver. Sogenannte Structuring Fats haben die Eigenschaft, in einem Netzwerk zu kristallisieren, das Öle einschließen kann. Emulgatoren, die zur Verbesserung des Fließverhaltens eingesetzt werden, können sich ungünstig auf die Stabilität auswirken, da sie die Partikeloberflächen benetzen und die Beweglichkeit des Ölanteils erhöhen. Da im allgemeinen Fettmischungen für Füllungen eingesetzt werden, ist deren Kompatibilität innerhalb der Füllung und im Kontakt zur Hülle zu beachten. Inkompatible Fette, beispielsweise laurische Fette in der Füllung und Kakaobutter in der Schokoladenhülle, senken beim Kontakt den Festfettgehalt und erhöhen damit die Geschwindigkeit der Fettmigration.

[Zurück zu Anfang](#)

6. Einfluss der Produktionsbedingungen

6.1 Kühlung

Die Fettphase in fertigen Schokoladen muss sich zu einem dichten kristallinen Netzwerk verfestigen, damit die Produkte neben guten optischen und sensorischen Eigenschaften auch ausreichende Resistenz gegen Fettmigration erhalten. Verfahrenstechnische Bedingungen bei Vorkristallisation, Formgebung und Kristallisation im Kühlkanal haben daher entscheidenden Einfluss auf die Qualität.

Unter Kostendruck wird heute die Produktion beschleunigt. Dazu werden meist auch die Verweilzeiten im Kühlkanal verkürzt, was insbesondere in Kombination mit zu tiefer Temperatur fatale Folgen haben kann. In derartigen Fällen ist die Schokoladenhülle nach dem Kühlkanal nur zum Teil auskristallisiert, und nach Durchlaufen der Füllstation lässt der hohe flüssige Anteil in der Hülle dann sehr starke Migration des Füllungsöls zu. Bekannt ist, dass vorkristallisierte Schokoladenmasse im Kühlkanal bei etwa 15°C am schnellsten kristallisiert und ein dichtes Kristallgefüge bildet. Über 15°C verlangsamt sich die Kristallisation wegen zu geringer Unterkühlung, unter 15°C wegen der abnehmenden Mobilität der Moleküle infolge Viskositätsanstieg. Um migrationsstabile Schokoladenhüllen zu erzeugen, sollte eine Kühltemperatur von 10°C und eine Verweilzeit von etwa 4 Minuten nicht unterschritten werden.

Bild 6 veranschaulicht den Zustand frischer Schokoladen nach dem Kühlkanal anhand von Festfettgehalten, gemessen mit pNMR. Bei Raumtemperatur bleiben in Schokolade immer ca. 24 % des Fetts flüssig. Dieser flüssige Fettanteil setzt sich bevorzugt aus den flüssigen Triglyceriden der Kakaobutter (u.a. POO, SOO, PLS, SLS) und des MilCHFetts zusammen. Bei zu kurzer Verweilzeit im Kühlkanal können nur ca. 40 % des Fetts kristallisieren, bei langsamem Durchlauf bis zu 70 %. Bei zu kurzer Kühlung enthält Schokolade also 60 % flüssiges Fett, das während der Füllung spontane Migration erlaubt. Rund 36 % des Flüssiganteils können zwar nachträglich kristallisieren, doch ist dann die Fettmigration bereits weit fortgeschritten und kann Fettreif auslösen.

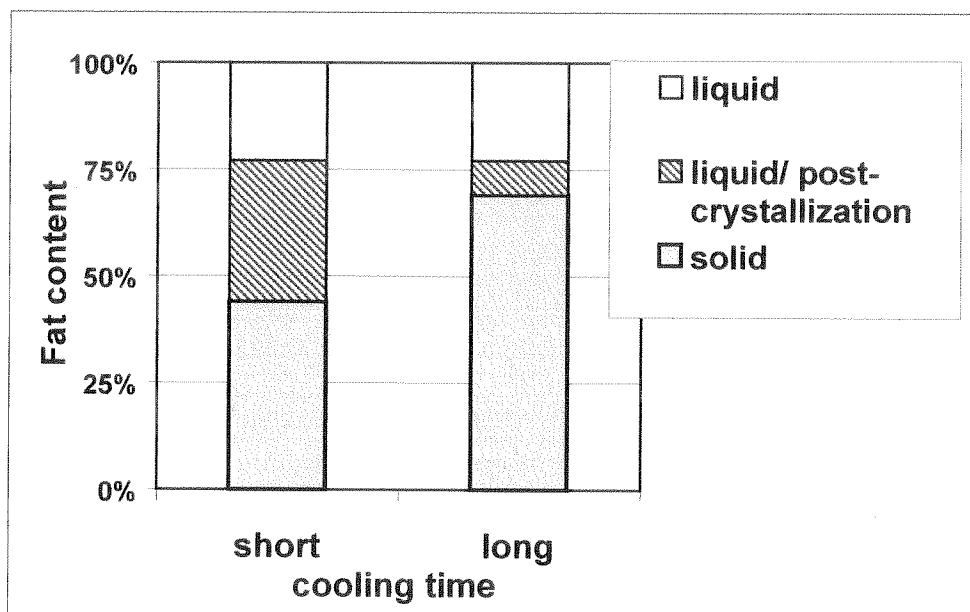


Bild 6: Anteile von kristallisiertem und flüssigen Fett in frisch produzierten Schokoladen als Funktion der Kühlzeit (pNMR-Daten)

6.2 Ausformen

Traditionell werden Schokoladenhüllen durch Schleudern produziert: Die mit Schokoladenmasse gefüllte Form wird gewendet, so dass überschüssige Masse ausfließt und nur eine dünne Schicht an der Wand haften bleibt, die nach Kühlen als Schokoladenhülle vorliegt. Als alternative Möglichkeiten werden heute sogenannte Kaltstempel-Verfahren eingesetzt (Cold stamp, Frozen Cone, Cold press). Hier wird eine vorbestimmte Menge Schokolade in die Form gefüllt und durch kurzzeitiges Eintauchen eines gekühlten Stempels (wenige Sekunden bei -25°C bis 2°C) an den Formenrand gedrängt bzw. zur Hülle verpresst. Durch die kurzzeitige Abkühlung erstarrt die Masse und bleibt formstabil, wenn der Stempel sich wieder hebt. Die Kristallisation erfolgt wie beim herkömmlichen Verfahren im Kühlkanal erfolgen. Eine konventionell geschleuderte Hülle weist dünne und dicke Stellen auf, die während des Schleuderns entstehen, da Zentrifugalkräfte

ungleichmäßig auf die fließende Masse einwirken. Kaltgeformte Hülsen haben konstante Hülsendicke.

Werden Schokoladenhülsen mit gleichem Gewicht über konventionelles Schleudern konventionelle und Kaltformen hergestellt, zu Pralinen verarbeitet und in ihrem Lagerverhalten verglichen, so zeigen sie vergleichbare Migrationsstabilität. Dies muss nicht überraschen, da die Schokoladen in beiden Fällen im Kühlkanal kristallisiert wurde und die gleiche Dichtigkeit bzw. den gleichen Festfettgehalt erreichen. Der kurzzeitige Kälteschock beim Stempeln hat keinen störenden Einfluss. Geschleuderte Pralinen zeigen im Vergleich allerdings etwas rascher Fettreif, da das migrierte Füllungsöl an den Dünnstellen schneller durch die Hülse dringt. Kaltgeformte Hülsen haben den Vorteil einer gleichmäßigen mittleren Hülsendicke und zeigen daher gleichmäßige, aber etwas verzögerte Fettreifentwicklung.

[Zurück zu Anfang](#)

7. Zusammenfassung

Fettmigration stellt ein unvermeidliches Problem für Pralinen und gefüllte Schokoladen dar. Sie führt zu einer Strukturveränderung, hat im allgemeinen Fettreif zur Folge und ist daher der entscheidende Qualitätsverlust bei Lagerung gefüllter Schokoladen.

Die Anwendung der Diffusionsgleichung zur Beschreibung der Fettmigration hat mehr Sicherheit in die Abschätzung der Haltbarkeit gefüllter Schokoladen gebracht. Da Fettmigration mit der Quadratwurzel der Lagerzeit linear ansteigt, haben frische Produkte eine sehr hohe Anfälligkeit. Daher ist bereits bei der Produktion darauf zu achten, dass die Schokoladenhülsen vor dem Füllen ausreichend verfestigt sind und eine möglichst gleichmäßige Dicke erreichen.

Der Festfettgehalt von Schokoladen hat große Bedeutung für deren Migrationsstabilität. Die Geschwindigkeit der Fettmigration hängt stark von Temperatur ab, da mit steigender Temperatur die Festigkeit und Widerstandsfähigkeit der Schokoladen verloren geht. So sind Schokoladenprodukte kühl zu lagern, um die Fettmigration und Fettreifentwicklung zu verzögern.

Das Gewichtsverhältnis von Schokolade zu Füllung muss ausreichend groß sein, damit die Schokoladenhülse ausreichende Dicke erreicht. Um gute Migrations- und Fettreifstabilität zu erreichen, muss der Ölgehalt in der Füllung beachtet werden und das Öl möglichst adsorptiv in der Matrix der Nichtfettstoffe gebunden sein.

Danksagung: Unsere Projekte über Fettmigration (AiF-Nr. 11245N und 12635BGII) wurden aus Mitteln der industriellen Gemeinschaftsforschung (Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) via AiF über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V.(FEI) gefördert.

[Zurück zu Anfang](#)

[Empfang](#)