

## Kakaobutter und ihre Funktionen

# Qualität der Schokolade hängt von der Kakaobutter ab

Die physikalischen Eigenschaften von Schokolade werden zum großen Teil von der Qualität der Kakaobutter bestimmt, die zu ihrer Herstellung eingesetzt wurde. Insbesondere ist das Verhalten der Kakaobutter beim Schmelzen, Kristallisieren und Erstarren ausschlaggebend für die Stabilität und die Qualität des Endproduktes. Beim Herstellen von Schokolade müssen also die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Kakaobutter beachtet werden. Hinzu kommt: Eine bestimmte Kakaobutter kann die Eigenschaften der Schokolade, etwa Geschmack, Bruch und Mundgefühl, verändern.

Während der Herstellung von Schokolade muss die Schokoladenmasse wegen des komplizierten Kristallisationsverhaltens der Kakaobutter temperiert werden. Kakaobutter ist ein polymorphes Fett, das in unterschiedlichen Modifikationen kristallisieren kann. Diese Kristallformen sind letztendlich verantwortlich für die physikalischen Eigenschaften der Schokolade. 1966 haben Wille und Lutton mit Hilfe der Differential Scanning Calorimetry (DSC) sechs Kristallmodifikationen festgestellt. Nachfolgende Untersuchungen mittels Röntgenstrahlbeugung führten zur Isolierung von vier Hauptmodifikationen (mit den Bezeichnungen  $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\beta'$  – s. Abb. 1). Diese Formen unterscheiden sich erheblich in ihren Schmelzpunkten und in ihren latenten Wärmewerten.

Im Gegensatz zur  $\beta$ -Form sind die  $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $\beta'$  Modifikationen thermodynamisch instabil. Beim Temperieren besteht die Kunst darin, möglichst viele  $\beta$ -Kristallkeime zu erzeugen. Denn nur diese garantieren eine schnelle und richtige Kristallisation als stabile  $\beta$ -Form. Auch wenn alle instabilen Formen früher oder später in die stabile  $\beta$ -Form umkristallisieren, so wird die Art und Weise der Umkristallisation doch erheblich von der Qualität der Kakaobutter, der Temperatur und der Art der Temperierung bestimmt.

Wille & Lutton (1966)				Mercken (1980)		Dimick (1986)	
DSC Form	Röntgen Muster	latente Wärme (kJ/g)	Schmelzpunkt (°C)	Röntgen Muster	Schmelzpunkt (°C)	DSC Form	Schmelzpunkt (°C)
I	$\gamma$	-	17,3	$\gamma$	17	I	13,1
II	$\alpha$	86	23,3	$\alpha$	21-24	II	17,7
III	$\beta'$	113	25,5			III	22,4
IV	$\beta'$	118	27,3	$\beta'$	28	IV	26,4
V	$\beta$	137	33,8	$\beta$	34-35	V	30,7
VI	$\beta$	148	36,3			VI	33,8

Abbildung 1: Polymorphe Kristallisation von Kakaobutter

## DAS TEMPERIEREN

Während des Temperierens wird die Schokoladenmasse in einem Kratzkühler, je nach Rezeptur auf eine Temperatur zwischen 27-29 °C gebracht und dann vor dem Ausformen oder Überziehen wieder auf etwa 32-33 °C erwärmt. Um eine gute Kristallisation zu erreichen, muss die Schokoladenmasse richtig temperiert worden sein. Unzulänglich temperierte Schokolade führt zu Viskositätsschwankungen. Eine hochviskose Schokolade mit vielen instabilen Kristallen fließt schlecht, glänzt nicht nach der Kristallisation und hat nach dem Erstarren nicht den richtigen „Biss“. Außerdem wird die Oberfläche sandig und unregelmäßig sein, anfällig gegen Fingerabdrücke und das Auftreten von Fettreif.

In einem Kratzkühler wird ein Teil der Schokoladenmasse von der Hauptmasse abgetrennt und an die Wand geführt. Dort findet die Kristallisation in ihrer einfachsten Form, der  $\alpha$ -Form statt. Damit dies geschieht, muss die Wandtemperatur im Kühler unterhalb des Schmelzpunktes der  $\alpha$ -Form liegen (s. Abb. 2).

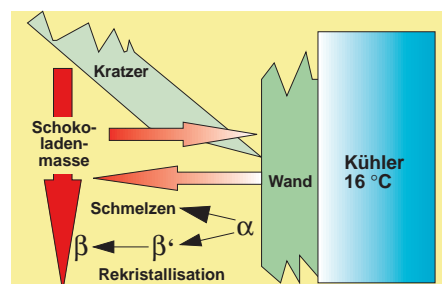


Abbildung 2: Kristallkeimentwicklung während des Temperierens

Dann werden die Kristallkeime zurück in die Hauptmasse transportiert. Aufgrund der dort vorherrschenden höheren Temperatur werden die  $\alpha$ -Kristalle entweder schmelzen oder in die stabileren  $\beta$ - und  $\beta'$ -Formen rekristallisieren. In dem nachfolgenden Abschnitt der Temperieranlage wird die Temperatur der Hauptmasse erhöht, um alle meta-stabilen  $\beta'$ -Kristalle ebenfalls zu schmelzen. Es bleiben die stabilen  $\beta$ -Kristalle übrig. Das Ziel beim Temperieren liegt darin, so viele  $\beta$ -Kristallkeime wie möglich in der Schokoladenmasse zu erzeugen, um so eine optimale Kristallisation später beim Abkühlen sicherzustellen. Darum ist es wichtig, dass qualitativ hochwertige Kakaobutter eingesetzt wird, die schnelle Rekristallisationseigenschaften hat.

Abbildung 3 zeigt die DSC-Schmelzkurven von Kakaobutter mit schnellen und langsamen Rekristallisationseigenschaften. Man kann aus der Abbildung gut erkennen, dass in der schnell kristallisierenden Kakaobutter erheblich mehr  $\beta$ -Kristalle vorhanden sind als in der langsamer kristallisierenden, obwohl für beide Proben die Kristallisationsbedingungen gleich waren.

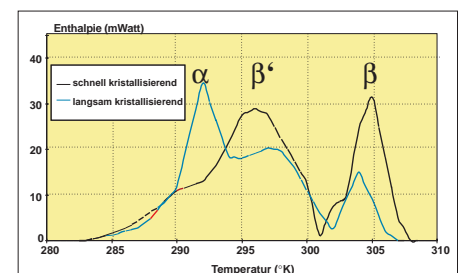


Abbildung 3: DSC-Schmelzkurven von Kakaobutter

## KRISTALLISATIONS-EIGENSCHAFTEN VON KAKAOBUTTERTYPEN

Obwohl die Kristallisationseigenschaften von Kakaobutter mit Hilfe der DSC aufgezeichnet werden können, wobei die Schmelzkurve gemessen wird, führen Probleme mit der Wiederholbarkeit und der Kostenfaktor dazu, dass alternative Methoden häufig vorgezogen werden.

Eine Methode ist die Shukoff Kühlkurve (s. Abb. 4). Hierbei wird die Kakaobutter in einem Wasserbad bei einer Temperatur zwischen 0 und 10 °C unter statischen Bedingungen abgekühlt und die Temperatur der Kakaobutter als Funktion der Zeit aufgezeichnet.

Bei 20 °C, gerade unterhalb des Schmelzpunktes der  $\alpha$ -Form der Kristallisation, beginnt die Kakaobutter zu kristallisieren, was an dem leichten Temperaturanstieg in der Kurve zu sehen ist. Dieser wird durch die latente Wärme verursacht, die während der Kristallisation frei wird.

Der kritische Punkt bei diesem Verfahren wird bei der Minimumtemperatur erreicht. An diesem Punkt beginnt die Rekristallisation der  $\alpha$ -Form in die  $\beta'$ -Form. Dabei wird so viel Wärme freigesetzt, dass die Temperatur ansteigt, obwohl von außen gekühlt wird. Das Verhältnis  $dT/dt$  während des Temperaturanstiegs wird als Maß für die Kristallisationseigenschaften der Kakaobutter verwendet.

Eine zweite Methode ist die der Thermo-Rheographischen Kühlung (s. Abb. 5). Die Viskosität der Kakaobutter wird in einem Brabender-Kneiter anhand der Torsionsmessung an der Achse des Kneters bestimmt. Während des Messverfahrens wird die Temperatur auf 24-25 °C gehalten und die Kakaobutter beginnt als  $\beta'$ -Form zu kristallisieren. Später - so zeigt der scharfe Anstieg des Kurvengradienten - rekristallisiert diese Modifikation in die  $\beta$ -Form.

Das Maß für die Kristallisationseigenschaften der Kakaobutter ist die Zeitspanne zwischen den beiden Kristallisationsformen bei einer bestimmten Viskosität.

## ERSTARREN DER SCHOKOLADE

Eine gute Schokolade sollte eine feste, im Mund schmelzende Textur haben, eine geringe Anfälligkeit gegenüber Fingerabdrücken aufweisen, eine glatte, glänzende Oberfläche zeigen und so hart sein, dass sie einen sauberen, aber nicht zu starken „Biss“ ermöglicht.

Ein Hersteller sollte sich darüber im Klaren sein, dass die geeignetste Kakaobutterart und der optimale Temperierungsvorgang zur Erzielung dieser Eigenschaften je nach spezieller Art des gewünschten Endproduktes unterschiedlich sein können. Der Ursprung

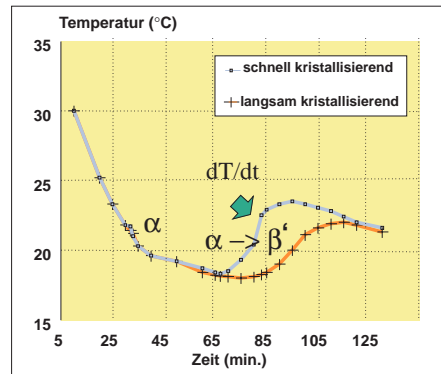


Abbildung 4: Shukoff Abkühlkurve von Kakaobutter

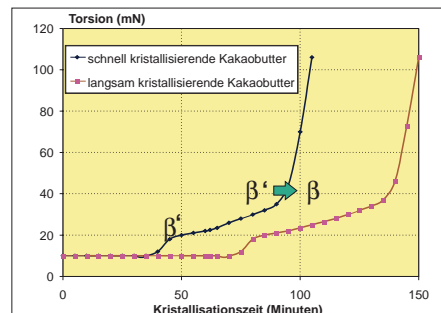


Abbildung 5: Thermo-Rheographische Abkühlkurven von Kakaobutter

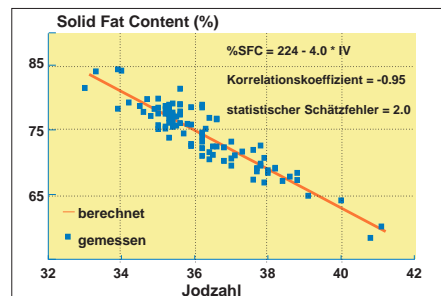


Abbildung 6: Regressionskurve Solid Fat Content gegenüber Jodzahl

der Kakaobutter, ob zum Beispiel von der Elfenbeinküste, aus Malaysia oder Brasilien, wird die Härte, die Textur, das Mundgefühl, den Schmelzpunkt und den Glanz der Schokolade beeinflussen, während sich das Temperierverfahren auf die Erstarrung und Festigkeit auswirken wird.

Die besten Ergebnisse erzielt man, wenn man das Temperaturprofil der Kakaobutter und der Schokolade im Kühl tunnel beibehält. Die Temperatur sollte schrittweise abgesenkt werden, um den  $\beta$ -Kristallkeimen die Gelegenheit zu geben, zu  $\beta$ -Kristallen zu wachsen und um gleichzeitig die maximale Bildung von  $\beta$ -Kristallen zu ermöglichen, die für beste Produktqualität benötigt werden. Im letzten Kühlschritt muss die Temperatur wieder angehoben werden, um eine Kondensation auf der Oberfläche der Schokolade zu verhindern.

Während der Kristallisation im Kühl tunnel wird sich die Schokolade zusammenziehen. Für das Austafeln ist eine gute Kontraktion

wichtig, damit die Schokolade leicht aus den Formen entnommen werden kann. Allerdings sollte die Kontraktion bei Schokolade für Überzüge verringert werden, weil andernfalls Risse an der Oberfläche auftreten können. Für einige Produkte, die eine weichere Schokolade erfordern, kann Kakaobutter aus Brasilien genommen werden. Diese hat ein für solche Produkte günstigeres Temperaturprofil.

## HÄRTE DER SCHOKOLADE

Die Härte der Schokolade bestimmt in erheblichem Maß den Erfolg eines Produktes. Das ideale Produkt sollte bei Raumtemperatur knackig sein. Der Bruch der Schokolade steht in direktem Zusammenhang mit der Härte oder dem Anteil an festen Fetten (Solid Fat Content) in der Kakaobutter.

Die beste Methode zur Bestimmung der Härte von Kakaobutter ist die Low Resolution Pulse NMR-Technik, beschrieben von Petersson (Fette, Seifen, Anstrichmittel, 1985 (87), 225-230), wobei der Anteil an festen Fetten als Funktion der Temperatur bestimmt wird. Es gibt jedoch ein praktisches Problem, wenn man diese Methode für Kakaobutter einsetzt, denn die Kakaobutter muss in ihrer stabilen  $\beta$ -Form gemessen werden. Um diese  $\beta$ -Form zu erreichen, muss die Kakaobutter 40 Stunden bei 26 °C temperiert werden. Das bedeutet, dass die Kakaobutter mindestens 48 Stunden gelagert werden muss, bevor das Resultat bekannt ist und sie verwendet oder transportiert werden kann. Dies führt zu logistischen Schwierigkeiten. Alternativ kann daher die Jodzahl der Kakaobutter zur Bestimmung der Härte herangezogen werden. Abbildung 6 zeigt die Regression zwischen Jodzahl und Gehalt an festen Fetten (Solid Fat Content) für eine Reihe von Kakaobutterarten. Die Kurve zeigt eine ziemlich genaue Korrelation mit einem durchschnittlichen Fehler von  $\pm 2$  % Solid Fat Content.

## EIN NEUER GESETZLICHER RAHMEN

Durch die neue EU-Richtlinie, die im Jahr 2000 in Kraft trat, wurden die Verkehrszeichnungen und Begriffsbestimmungen für Kakaobutter erheblich verändert (s. Abb. 7 und Abb. 8).

Expeller-Kakaobutter und raffinierte Kakaobutter sind häufig von minderer Qualität und haben schlechtere Kristallisationseigenschaften sowie eine geringere Haltbarkeit. Dies liegt sowohl an der Verwendung weniger hochwertiger Rohstoffe wie z. B. Kakaobohnen zweiter Wahl oder Havariematerial als auch an dem eingesetzten Herstellungsverfahren.

Die Verwendung dieser qualitativ minderwertigen Kakaobutterarten kann zu Problemen während der Herstellung führen und die Haltbarkeit des Endproduktes verringern.

Außerdem kann der Geschmack durch die Anwesenheit von Verunreinigungen in der Expeller-Kakaobutter negativ beeinflusst werden.

Der Druck, der in einer Schneckenpresse erzeugt wird, ist zum Beispiel um einen Faktor 2 höher als der Druck in einer hydraulischen Presse. Dieser erhöhte Druck ist nur möglich durch die Anwesenheit einer erheblichen Menge an Kakaoschalen, die als Filterschicht zwischen der Kakaobutter und den Feststoffen wirkt.

Die Kakaoschalen hinterlassen in der Expeller-Kakaobutter einen Anteil an Schalenfett, der durch die Anwesenheit von Fettsäuretryptamiden angezeigt wird. Eine von Fincke entwickelte kalorimetrische Methode kann diese Tryptamide und damit auch indirekt den Einsatz von Schneckenpressen nachweisen.

Mit Hilfe der UV-Absorptionsanalyse kann festgestellt werden, ob die Kakaobutter einer Raffination mit Alkali unterworfen wurde. Nach der Raffination mit alkalischen Substanzen muss die Seife mit Hilfe einer Bleichbehandlung aus der Kakaobutter entfernt werden.

Während dieser Behandlung verwandeln sich einige der Doppelbindungen der Linolsäure in konjugierte Bindungen, die UV-Licht absorbieren. Mit Hilfe der Absorptionsanalyse bei 270 µm kann die Anwesenheit konjugierter Bindungen und damit die Raffination mittels Alkali nachgewiesen werden.

Ein weiteres Verfahren, das streng überwacht werden muss, ist das der physikalische Raffination, was in Wirklichkeit eine Desodorierung bei höheren Temperaturen ist. Bei zu hohen Temperaturen jedoch zersetzt sich das Carotinoid (der gelbe Farbstoff) in der Kakaobutter und entfärbt diese.

Zusätzlich gibt es noch die Gefahr, dass die Triacylglyceride sich verestern und damit die Schmelz- und Kristallisationseigenschaften der Kakaobutter zerstören.

Eine wichtige Veränderung der neue Gesetzgebung ist die so genannte 5-Prozent-Re-

Typ	Rohstoff	Verarbeitung		Eigenschaften	
		Rückgewin.	Raffination	freie Fettsäuren	unverseifbare Stoffe
Kakao-pressbutter	Kakaomasse	hydraulisches Pressen	Entschleimen Desodorieren physikalische Raffination	<1.75 %	<0.35 %
Expeller Kakaobutter	Kakaobohnen Kakaopresse	Schrauben- presse	wie oben	<1.75 %	<0.50 %
raffinierte Kakaobutter	wie oben + Kakaostaub Expellerpress- kuchen Kakaoabfälle	wie oben + Lösungsmittel- extraktion	wie oben + Raffination mit Alkali Bleichen	<1.75 %	<0.50 %
Kakaofett	Bohrenteile Schalen Keimlinge	wie oben	wie oben	nicht definiert	

Abbildung 7: Bisherige Verkehrsbezeichnungen und Begriffsbestimmungen für Kakaobutter

Typ	Rohstoff	Eigenschaften	
		freie Fettsäuren	unverseifbare Stoffe
Kakaobutter	Kakaobohnen oder Teile von Kakaobohnen	<1.75 %	< 0.5 %
Kakao-pressbutter	wie oben	<1.75 %	< 0.35 %

Abbildung 8: Neue Verkehrsbezeichnungen und Begriffsbestimmungen für Kakaobutter

gel. Diese erlaubt den Zusatz anderer pflanzlicher Fette außer Kakaobutter zu Schokolade in einer Menge von bis zu 5 Prozent. Das heißt jedoch nicht, dass andere pflanzliche Fette bei der Verarbeitung der Kakaobutter eingesetzt werden dürfen – dies ist definitiv nicht erlaubt.

Der beste Weg, um Fremdfette in Kakaobutter nachzuweisen, ist die gaschromatographische Analyse der Triacylglycerine, wie von Young (Journal of the American Oil Chemists Society 1984 (61), 576-581) beschrieben.

## RESÜMEE

Kakaobutter ist ein wichtiger Faktor bei der Herstellung von Schokolade. Herkunft und Verarbeitung der Kakaobutter bestimmen das Verhalten und die physikalischen Eigen-

schaften der Schokolade. Deren Härte, Geschmack, Mundgefühl, Farbe, ja sogar der Geruch, hängen von der Qualität und der Art der Kakaobutter ab. Darum ist die sorgfältige Auswahl der richtigen Kakaobutter für ein bestimmtes Endprodukt so wichtig. Aber das ist nicht alles. Conchieren und Temperieren beeinflussen die Qualität. Mit den neuerlichen Änderungen in der EU-Gesetzgebung zur Kakaobutter ist es wichtig, dass die Schokoladehersteller die Qualität ihrer Erzeugnisse garantieren können. Dazu muss die Kakaobutter getestet und analysiert werden. Und es muss sichergestellt sein, dass sie ihre, für das Endprodukt so bedeutsamen Eigenschaften während des effektiven und effizienten Temperierens auch behält.

### Autor:

**Hans Kattenberg,**

Leiter Forschung und Entwicklung,

ADM Cocoa B.V.,

Postbus 2, NL-1540 AA Koog aan de Zaan,

Telefon 0031-75- 64 64 45,

Fax 0031- 75- 64 64 22,

E-Mail: [hanskattenberg@koog.admworld.com](mailto:hanskattenberg@koog.admworld.com)

*Kennworte: Kakaobutter – Kakaobuttereigenschaften, physikalische und chemische – Schokoladenherstellung – Kristallisation*