

W. BISIG<sup>1,2</sup>, U. BÄCHTOLD<sup>2</sup>, D. GUGGISBERG<sup>1</sup>, A. CARAMASCHI<sup>3</sup>, Brita REHBERGER<sup>1</sup>

# Optimierung von Milchpulver für die Schokoladen-Herstellung

Milchpulver ist eine Hauptzutat für die Herstellung von Milchschokolade. Es hat einen entscheidenden Einfluss einerseits auf das Prozessverhalten der Zutatenmischung auf den Walzwerken und beim Conchieren sowie auf die sensorischen Eigenschaften der Schokolade wie Geruch und Geschmack, Textur und Abschmelzverhalten.

In der nachfolgend aufgeführten Arbeit wurde der Einfluss des Proteingehaltes und des Denaturierungsgrades der Proteine auf die rheologischen Eigenschaften während des Schokolade-Herstellungsprozesses sowie auf die Qualität der Schokolade untersucht. Ein weiteres Ziel dieser Arbeit war, eine Modellsuspension-basierte Methode für die rheologische Charakterisierung der Eigenschaften von Milchpulver für die Schokolade-Herstellung zu entwickeln. Die Arbeit wurde gemeinsam durch

die Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, die Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft SHL, der Hochdorf Swiss Milk AG und den Technologiepartner Bühler AG durchgeführt.

## Herstellung von Schokolade mit verschiedenen Milchpulvern

Sieben spezifische Milchpulver wurden durch die Hochdorf Swiss Milk AG hergestellt: zwei walzengetrocknete Vollmilchpulver, drei sprühgetrocknete Magermilchpulver mit unterschiedlichem Denaturierungsgrad (low heat, WPNI 7,95 mg/kg; medium heat, WPNI 5,20 mg/kg und medium-high heat, WPNI 2.37 mg/kg) und zwei Sprühpulver mit

reduziertem Proteingehalt. Von den Sprüh-Milchpulvern wurde der Gehalt an nicht denaturiertem Molkenprotein (WPNI) nach der ADMI-Methode bestimmt. Der Proteingehalt der Milchpulver wurde mittels Membrantrennverfahren eingestellt und dabei von 34 % auf 31 % respektive auf 24 % reduziert. Bei der Verwendung von Magermilchpulver wurde Butterreinfett zur Einstellung des Fettgehaltes zugegeben. Mit den sieben Milchpulvern wurden in klein-industriellem Maßstab Schokoladen hergestellt. Neben dem Milchpulver und allenfalls dem Butterreinfett waren die weiteren Zutaten Zucker, Kakaobutter, Kakaomasse und Lecithin. Die Zutaten wurden während 420 s vermischt (VersiMix, Bühler AG), in einem Zweiwalzwerk (PreFiner, Bühler AG) bei 25 °C und 16 bar (Walzenpulver) bzw. 20 bar (Sprühpulver) auf eine Partikelgröße von 100 bis maximal 130 µm gewalzt und anschließend in einem Fünfwalzwerk (Finer-V, Bühler AG) auf eine Partikelgröße von rund 20 µm

verfeinert. Beim anschließenden Conchieren wurde die Schokolademasse während 4,5 h ständig gerührt und dabei auf 65 °C erwärmt. Die Partikel werden dabei desagglomeriert und das eingeschlossene Fett freigesetzt. Unerwünschte flüchtige Stoffe wie Essigsäure, Acetaldehyd oder Diacetyl entweichen. Die Schokolademasse wurde auf 30 bis 31 °C abgekühlt und bei dieser Temperatur mit vorgereiften Fettkristallen beimpft. Die beimpfte Schokolade wurde in die Tafelformen gegossen, während einer Stunde bei 11 °C Lufttemperatur im Kühlraum gekühlt und anschließend in Aluminiumfolie verpackt.

## Durchführung verschiedener Messungen zur Charakterisierung der Schokolade

Die Partikelgröße der Schokolademasse wurde mit einem Laser-Beugungsspektrometer Sympatec-HELOS gemessen. Dazu wurde vorerst eine Probe der

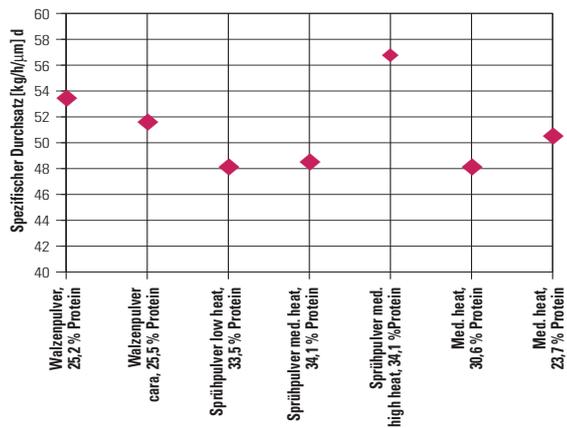
<sup>1</sup> Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, 3003 Bern, Schweiz  
<sup>2</sup> Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft SHL, 3052 Zollikofen-Bern, Schweiz  
<sup>3</sup> Hochdorf Swiss Milk AG, 6281 Hochdorf, Schweiz

Tabelle 1: Sensorische Analysen. Intensität der Attribute auf einer Skala 0 – 10 (am intensivsten). n = 10.

Variante	Süße	Kakao	Milch	Karamell	Salz	Biss	Schmelz
1 WP, Vollm. (Ref.)	5,0	5,0	6,0	6,0	3,0	6,0	6,0
2 WP, Vollm., cara	5,6	5,0	6,1	5,7	3,0	5,7	5,1 ↓ (1)
3 SP, mager, low heat	6,0 ↑ (1)	5,2	5,1	5,5	4,2 ↑ (1)	5,2 ↓ (1)	6,0
4 SP, mager, medium heat, 34,1 % Protein	6,2 ↑ (1)	4,5	6,0	5,6	3,8	5,3	6,1
5 SP, mager, medium-high heat	5,4	5,3	5,8	4,9	3,6	5,5	5,5
6 SP, mager, medium heat, 30,6 % Protein	6,1 ↑ (1)	4,8	6,1	4,7 ↓ (1, 7)	3,5	5,0 ↓ (1)	5,8
7 SP, mager, medium heat, 23,7 % Protein	5,9 ↑ (1)	4,7	5,6	6,2	3,9	4,7 ↓ (1)	6,2
<b>Varianzanalyse ANOVA</b>							
Milchpulver	*	n. s.	n. s.	*	*	**	*
Testperson	**	*	**	***	***	n. s.	***
Block (Tag)	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	*	n. s.
Milchpulver x Block	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

\*: p ≤ 0.05; \*\*: p ≤ 0.01; \*\*\*: p ≤ 0.001; n. s.: nicht significant; ↑ signifikant höher als Variante... (Dunnnett's Test p ≤ 0.05); ↓ signifikant tiefer als Variante... (Dunnnett's Test p ≤ 0.05); WP = Walzenmilchpulver; SP = Sprühmilchpulver; Vollm. = Vollmilchpulver; mager = Magermilchpulver und Butterreinfett; Ref. = Referenz; cara = längerer Erhitzungsprozess, karamellisiert.

**Abbildung 1: Spezifischer Durchsatz im Feinwalzwerk bezogen auf eine Walzenlänge von 1800 mm in Abhängigkeit der Herstellungsart, der Hitzebelastung und des Proteingehaltes des Milchpulvers. cara = karamellisiert, P = Protein**



Schokolademasse in flüssigem Kohlenwasserstoff (Isopar G, Exxon Mobil Chemical) dispergiert. Als Messwert wurde die Größe angegeben, welche 90 Prozent der Partikel einschließt (x90).

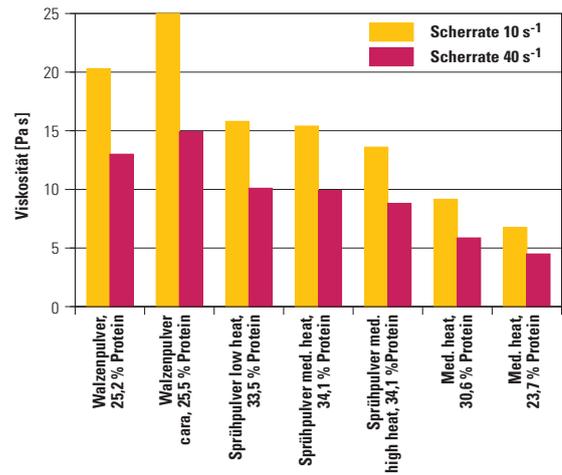
Zur Bestimmung von Viskosität und Fließgrenze der Schokolademasse kam ein Rheometer Physcia UDS 200 mit koaxialem Zylindermesssystem temperiert auf 40 °C zum Einsatz. Die Viskosität wurde bei Scherraten von 10 s<sup>-1</sup> und 40 s<sup>-1</sup> gemessen, die Fließgrenze bei 0,5 s<sup>-1</sup>. Als Abschmelztest wurde in den Abmessungen standardisierte Schokolade (15 °C) auf eine bei 37 °C temperierte Platte gelegt, beschwert und nach 40 s die Differenz-Dicke ge-

messen (Abbildung 6). Mit der Universalprüfmaschine Zwick wurde eine Nadelpenetrationsprüfung bei 15 °C durchgeführt, ohne dass dabei die Schokolade brach. Die Schokoladenproben wurden durch drei geschulte Panels sensorisch beurteilt.

### Entwicklung der Modellsuspension

Zur Entwicklung der Modellsuspension für die Charakterisierung von Milchpulver wurde dieses mit Kakaobutter und Lezithin vermischt, mit dem Homogenisier-Dispergiergerät Polytron-Kinematica PT 4000 bei 45 °C während fünf Minuten bei 15 000 min<sup>-1</sup> verfeinert und dann Puder-

**Abbildung 2: Viskosität der verschiedenen geschmolzenen Schokoladen, gemessen bei 10 und bei 40 s<sup>-1</sup>**



zucker zugegeben und nochmals zwei Minuten bei gleichen Bedingungen bearbeitet. Es wurde ein Fettgehalt von 40 % eingestellt. In der Modellsuspension wurden die Partikelgrößenverteilung und die Viskosität analog wie in der Schokoladenmasse bestimmt.

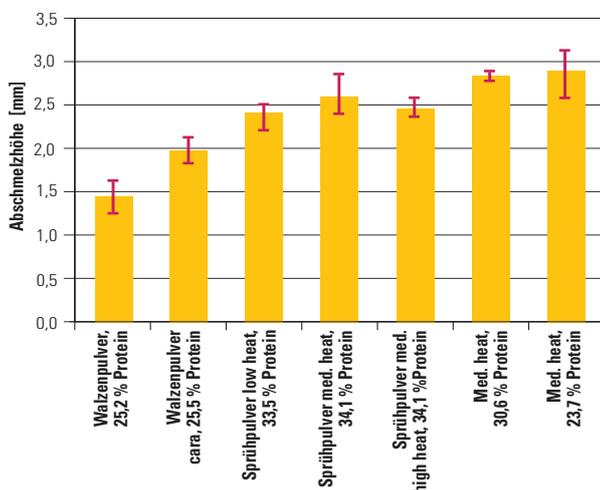
### Unterschiede zwischen den verschiedenen Milchpulvern

Walzengetrocknetes und sprühgetrocknetes Pulver verhielten sich unterschiedlich bezüglich des Durchsatzes im Feinwalzwerk. Der Durchsatz war mit sprühgetrocknetem Milchpulver mittelhohen Denaturierungsgrades (me-

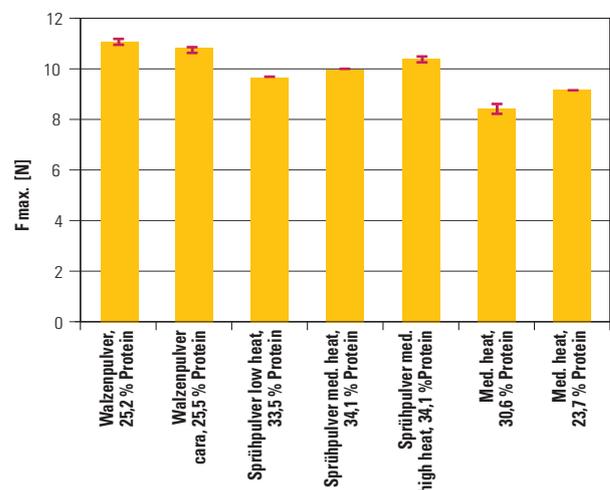
dium high heat) am höchsten und erreichte 56,8 kg h<sup>-1</sup> μm<sup>-1</sup> berechnet auf ein 1800 mm Standard-Walzwerk. Er war 18 Prozent höher als mit sprühgetrocknetem low-heat Milchpulver wo er 48,2 kg h<sup>-1</sup> μm<sup>-1</sup> erreichte (Abbildung 1). Zwischen diesen Schokoladen wurde kein sensorischer Unterschied gefunden (Tabelle 1). Walzengetrocknete Pulver zeigten mit 51,8 bzw. 53,6 kg h<sup>-1</sup> μm<sup>-1</sup> einen mittleren Durchsatz.

Ein tieferer Proteingehalt der Milchpulver hatte keinen Einfluss auf den Durchsatz, reduzierte jedoch die Viskosität während des Conchierens und im Endprodukt (Abbildung 2) sowie die Härte (Biss) bei der Verkostung (Tabelle 1). Beim Einsatz von Walzenpulver

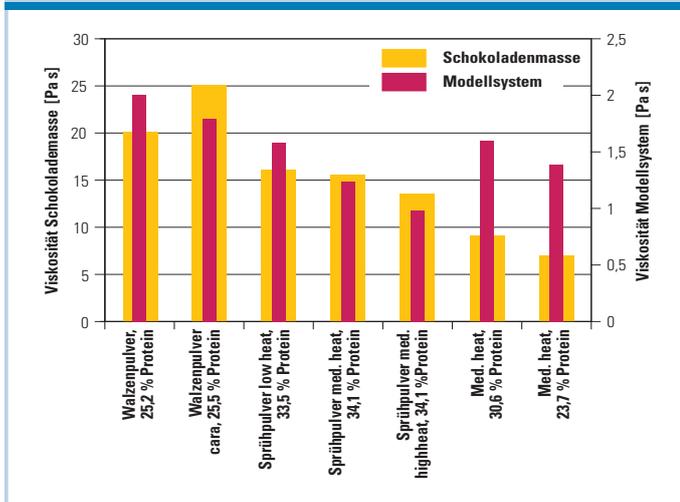
**Abbildung 3: Differenzhöhe beim Abschmelztest der Versuchsschokolade-Tafeln (15 °C) auf einer 37 °C warmen Platte (Beschwerung mit 259 g, Messung nach 40 s, n = 4)**



**Abbildung 4: Bei der bruchfreien Nadelpenetrations gemessene Kraft beim Eindringen in die Schokoladentafeln (15 °C, v = 10 mm/min, max. 80 % Eindringtiefe, n = 4)**



**Abbildung 5: Viskositäten mit den verschiedenen Milchpulvern im Modellsystem im Vergleich zu jenen in der Schokolademasse (Scherrate 10 s<sup>-1</sup>)**



war die Viskosität am höchsten (Abbildung 2). Die Fließgrenze, gemessen als Viskosität bei einer Scherrate von 0,5 s<sup>-1</sup>, verhielt sich ähnlich wie die Viskosität.

Die Partikelgrößen (x90) der sieben Schokolademasen der in kleinindustriellem Maßstab hergestellten Schokoladen lagen mit 28,2 bis 30,7 µm in einem engen Bereich und zeigten die identisch angewandte Prozessführung im Feinwalzwerk. Ein Einfluss dieser minimalen Partikelgrößenunterschiede auf die Viskosität der Schokolademasse kann ausgeschlossen werden.

Die klein-industriell hergestellten Schokoladetafeln zeigten ein vom Milchpulvertyp abhängiges Abschmelzverhalten (Abbildung 3). Die beiden Schokoladen mit Walzenpulver wiesen mit 1,42 mm für normales Walzenpulver bzw. 1,95 mm für stärker hitzebelastetes Walzenpulver die geringsten Abschmelzhöhen auf, Schokoladen mit Sprühmilchpulver und Butterreinfett mit unverändertem Proteingehalt mit 2,35 bis 2,63 mm mittlere und Schokoladen hergestellt mit Sprühmilchpulver mit reduziertem Proteingehalt und Butterreinfett höhere Abschmelzhöhen von 2,82 bis 2,85 mm. Innerhalb der Sprühmilchpulver konnte kein systematischer Einfluss des Denaturierungsgrades auf das Abschmelzverhalten festgestellt werden. Die Reduktion des Proteingehaltes des Milchpulvers

mittels Membrantrennverfahren erhöhte die Abschmelzgeschwindigkeit leicht. Die stärkere Reduktion des Proteingehaltes erhöhte die Abschmelzgeschwindigkeit jedoch nicht weiter. Das Abschmelzverhalten kann durch den gezielten Einsatz des entsprechenden Milchpulvertyps in die gewünschte, vom Hersteller definierte Richtung beeinflusst werden.

Schokoladen mit Walzenpulver zeigten mit 10,9 bis 11,1 N bei der Nadelpenetration die höchsten Kräfte, Schokolade mit Sprühpulver und Butterreinfett mittlere (9,7 bis 10,4 N) und solche mit Sprühpulver reduzierten Proteingehaltes die tiefsten Kräfte (8,3 bis 9,1 N; Abbildung 4). Innerhalb der Schokoladen mit Sprühpulver normalen Proteingehaltes stieg die Penetrationskraft mit zunehmendem Denaturierungsgrad leicht. Obwohl die Reduktion des Proteingehaltes von 34 % auf 31 % die Penetrationskraft reduzierte, verstärkte sich dieser Effekt bei noch stärkerer Absenkung des Proteingehaltes auf 24 % nicht. Zwischen der Abschmelzhöhe und der gemessenen Kraft bei der Nadelpenetration ergab sich eine hohe negative Korrelation von 0,81. Schokolade, die rascher abschmilzt, ist somit auch im mechanischen Test weicher. Zwischen der Schokolade hergestellt mit sprühgetrocknetem Milchpulver der Qualität medium

heat (34 % Protein), und Schokolade hergestellt mit demselben Typ von sprühgetrocknetem Milchpulver, jedoch mit reduziertem Proteingehalt (31 % bzw. 24 % Proteingehalt), wurde von trainierten Personen sensorisch kein signifikanter Unterschied festgestellt, weder mit deskriptiven Methoden noch mittels Dreieckstest. Eine Tendenz zu rascherem Abschmelzen und weicherer Textur (Biss) konnte jedoch beobachtet werden (Tabelle 1). Die Kraft bei der Nadelpenetration und die sensorische Beurteilung des Bisses stimmten gut überein, es resultierte eine hohe Korrelation von 0,88. Zwischen dem Abschmelztest auf der warmen Platte und der sensorischen Beurteilung des

tem Proteingehalt konnte eine Korrelation von r = 0,76 zwischen der Viskosität in der Modellsuspension und der Viskosität der geschmolzenen Schokolade festgestellt werden.

## Eröffnung neuer Möglichkeiten

Der Denaturierungsgrad von sprühgetrocknetem Milchpulver hat einen starken Einfluss auf den Durchsatz im Feinwalzwerk und damit auf die Herstellungskosten. Die Viskositäten während des Conchierens und jene der geschmolzenen Schokolade werden durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Diese Faktoren sind v. a. die Herstellungsart des Milchpulvers (walzengetrocknet oder sprühgetrocknet) und der Proteingehalt. Die sensorischen Analysen zeigten keine signifikanten Differenzen zwischen den Schokoladen hergestellt mit sprühgetrocknetem Milchpulver unterschiedlichen Denaturierungsgrades.

Die Reduktion des Proteingehaltes mittels Membrantrennverfahren ergab Schokoladen mit ähnlichen sensorischen Eigenschaften. Dies eröffnet neue Möglichkeiten für die Milchpulver-Hersteller und die Schokolade-Industrie.

Die für die Qualität der Schokolade wichtigen Milchbestandteile können gezielt angereichert und die nicht notwendigen Bestandteile reduziert werden. Das entwickelte Modellsystem zur Charakterisierung der Milchpulver in Hinblick auf die Verwendung in Schokolade lieferte bedingt zuverlässige Aussagen bezüglich den rheologischen Eigenschaften der Milchpulver im Endprodukt. Neben des Faktors der Partikelgröße könnte der Wassergehalt, die Interaktion mit dem Puderzucker und/oder aber die Stabilität der Suspension einen Einfluss auf die unterschiedlichen Messresultate im Modellsystem ausgeübt haben. Eine kleinere Partikelgröße ist auch im Modellsystem anzustreben. Eine Kugelmühle mit Zirkoniumkugeln könnte dafür ein Ansatz sein. □



**Abbildung 6: Einrichtung für die Durchführung des Abschmelztests (Foto: ALP)**

Schmelzes war die Übereinstimmung geringer, die Korrelation betrug nur 0,44.

Die Viskosität im Modellsystem war wie in der Schokolademasse mit Walzenpulver am höchsten. Innerhalb der Modelle mit Sprühmilchpulver nimmt die Viskosität mit steigender Denaturierung ab, dies wurde auch in der Schokolademasse festgestellt (Abbildung 5). Bei den proteinreduzierten Pulvern wurden im Modellsystem mittlere Viskositäten gemessen, dies im Gegensatz zu den Schokolademasen, bei denen die Viskosität mit proteinreduzierten Pulvern am tiefsten war. Die Migration des Wassers vom Milchpulver zum Puderzucker und die Partikelgröße könnte hier im Modellsystem die Viskosität abweichend beeinflusst haben. Die Partikelgrößen in der Modellsuspension waren rund fünfmal so groß wie in der Schokolademasse. Ohne Einbezug der Milchpulver mit reduzier-