

# Rheologische Messungen der Textur und Konsistenz von Instant-Kartoffelstock mit oder ohne Zusatz von Milchproteinen

W. Bisig<sup>1,2</sup>, D. Guggisberg<sup>1</sup>, M. Egli<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux, ALP, 3003 Bern

<sup>2</sup> Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft, SHL, 3052 Zollikofen

Für den Privathaushalt und die Gastronomie ist Instant-Kartoffelstock ein wichtiges Convenience-Lebensmittel. Er wird meist durch einen mehrstufigen Prozess, der schälen, schneiden, waschen, vorerhitzen, kühlen, kochen, pürieren, Zutaten zumischen, trocknen und zerkleinern umfasst, hergestellt. Durch die mechanische Bearbeitung während des Prozesses werden Zellen partiell beschädigt und Stärke wird frei. Um eine gute Textur des zubereiteten Produktes zu erreichen, ist es das Ziel, den Anteil an freier extrazellulärer Stärke möglichst klein zu halten. Dazu dient neben der schonenden Verarbeitung vor allem die Vorerhitzung und anschliessende Kühlung vor dem eigentlichen Kochen. Sowohl die Stärkefraktion als auch das Pektin der Mittellamellen werden so beeinflusst. Der Anteil freier Stärke wird durch Verkleisterung und Retrogradation vor dem eigentlichen Kochen reduziert. Bei den üblicherweise angewendeten Vorerhitzungstemperaturen von 68 bis 73 °C wird die Pektinmethylesterase aktiviert

und damit der Veresterungsgrad des Kartoffelpektins verringert. Dies führt zusammen mit dem im Wasser vorhandenen Calcium durch Quervernetzung zu einer Texturverfestigung. Die Strukturelemente des rekonstituierten Kartoffelstocks sind freie Stärke in wässriger Lösung als kontinuierliche Phase und darin eingebettete Zellaggregate, Zellen, gequollene Stärkekörner, teilweise Luftblasen und in den Versuchsproben Proteine als nicht mischbare Polymere mit gewisser Oberflächenaktivität. Um extrazelluläre Stärke mittels Einschchlussverbindung zu komplexieren und damit die Textur zu verbessern, werden in Instant-Kartoffelstock zur Texturverbesserung Emulgatoren eingesetzt. Es handelt sich um Monoglyceride von Speisefettsäuren (E 471). Diese Emulgatoren lassen das Produkt als nicht natürlich erscheinen und sind aus Deklarationsgründen nicht erwünscht.

Das Ziel der Arbeit war, rheologische Texturmessungen von hergestelltem Instant-Kartoffelstock ohne den Zusatz von

Bezeichnung Handel	Typ	Charakterisierung	Vertrieb / Hersteller	Abkürzung
Simplese 100	Mikropartikuliertes Molkenprotein (microparticulated whey protein concentrate)	Proteingehalt 45% Denaturierungsgrad 88% Partikelgrösse 0,1 bis 2,0 µm	CPKelco, Atlanta USA	M-WPC
Promilk 852 A	Gesamtmilchprotein (total milk protein)	Proteingehalt 85 % Denaturierungsgrad 2 % (98 % nativ)	Ingredia, Arras F und Cremo SA, Villars-sur-Glâne	TMP

Tabelle 1: Eingesetzte Milchproteine

Bezeichnung	Produktionsart	Zutaten	Bemerkungen
a) Instant-Kartoffelstock (Kontrolle)	Pilotwalze	E 471 Glycerinmonostearat 1,26 %	Messung bei 56 °C <sup>1</sup> und 50 °C <sup>2</sup>
b) Muster 1	Pilotwalze	Mikropartikuliertes Molkenprotein 5 %	Identisch
c) Muster 2	Pilotwalze	Sojalezithin 2,5 %, Gesamtmilchprotein 2,5 % (SL+TMP)	Identisch

<sup>1</sup> Messung Universalprüfmaschine Labor ALP<sup>2</sup> Messung Rheometer Labor ALP

Tabelle 2: Unterschiedliche Kartoffelstockproben

E 471 durchzuführen. Anstelle von E 471 sollten verschiedene Milchproteine eingesetzt werden. Für den Produzenten bzw. Konsumenten ist der Aspekt «luftig» und «nicht klebrig» besonders wichtig. Eine mittlere Konsistenz ist erwünscht.

**Material und Methoden.** Instant-Kartoffelstock wurde auf einer Pilot-Einwalzentrocknungsanlage Gouda Typ E 5/5 (Länge 500 mm, Walzendurchmesser 500 mm, 5 Auftragswalzen) produziert. Der Emulgator E 471 Glycerinmonostearat wurde einerseits mit denaturiertem mikropartikuliertem Molkenprotein, andererseits teilweise mit nativem Gesamtmilchprotein ersetzt (Tabelle 1). Es wurden drei Produkte hergestellt, a) die Kontrolle mit Standardrezeptur, welche 0,22 Prozent Emulgator E 471 enthielt, b) Musterrezeptur 1 mit Zusatz von 0,85 Prozent mikropartikuliertem Molkenprotein und c) eine Musterrezeptur 2 mit 0,42 Prozent Sojalezithin und 0,42 Prozent Gesamtmilchprotein (Tabelle 2). Die Prozentangaben sind auf die nasse Mischung vor der Trocknung bezogen. Im trockenen Produkt wurden 5 bzw. 2,5 Prozent Milchproteingehalt angestrebt.

Zur Zubereitung des Instant-Kartoffelstocks wurden 100 g Kartoffelflocken mit 315 ml Wasser, 210 ml Milch (UHT), 2,5 g Kochsalz und 21 g Butter bei 63 °C vermischt. Nach der Benetzung wurde schonend gerührt. Die Messungen von Textur und Rheologie erfolgten bei 56 °C auf der Universalprüfmaschine (Z2.5/TN1S, Zwick, Ulm, DE) mit einer modifizierten Warner-Bratzler-Prüfeinrichtung und bei 50 °C auf

einem Rheometer (MCR 300, Physica, Ostfildern, DE) mit Platte-Platte-System 25 mm, profiliert. Des Weiteren wurden diverse Küchenutensilien, eine Präzisionswaage und ein Digitalthermometer benutzt.

**Methode 1: Härte und Klebrigkeitsbestimmung mit der Universalprüfmaschine.** Der frisch zubereitete Kartoffelstock wurde warm (zirka 60 °C) in einen Spezialbecher (12 × 10 × 10 cm, zirka 1,05 l) eingefüllt und die Oberfläche glattgestrichen. Die Kerntemperatur wurde mit einem Digitalthermometer gemessen. Bei 56 °C Kerntemperatur erfolgte die Messung auf einer leicht modifizierten Warner-Bratzler-Prüfanordnung. Dabei tauchte die Schneide mit konstanter, lagegeregelter Geschwindigkeit (100 mm/min) 85 mm in den Becher ein. Die Schneide wurde sogleich wieder mit derselben konstanten Geschwindigkeit herausgezogen (Abbildung 1). ►



Abbildung 1: Messung der Textur von Kartoffelstock mit der modifizierten Warner-Bratzler-Prüfeinrichtung bei 56 °C (Beispiel Muster 1). Die Klebrigkeit wird durch die Arbeit beim Herausziehen der Schneide und durch das Zurückwägen der Schneide bestimmt

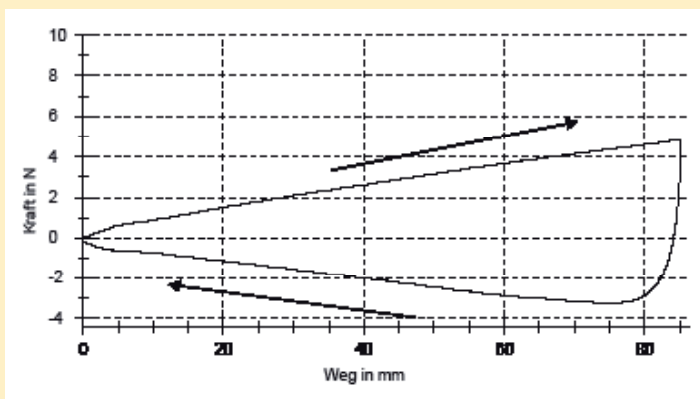


Abbildung 2: Kraft-Weg-Diagramm des Schnittes 1 mit dem Einführen und dem Herausziehen der Schneide. Die Pfeile zeigen den Kraft-Weg-Verlauf auf. Probe: Instant Kartoffelstock, Produktion 2005

◀ Die dabei erfolgte Messung von Kraft und Arbeit wurde rechnerisch ausgewertet (Bezeichnung: Schnitt 1) und ergibt ein Mass für die «Härte» der Probe. Der Probenbecher wurde nun um 90° gedreht und der Versuch wiederholt (Bezeichnung: Schnitt 2). Nach dem Herausziehen der Schneide wurde diese auf der Präzisionswaage zurückgewogen, um die Masse zu bestimmen, die an der Schneide klebte. Diese Masse gilt als Mass der «Klebrigkeit». Die Resultate verstehen sich als arithmetische Mittelwerte von Schnitt 1 und Schnitt 2.

In der Abbildung 2 ist das Kraft-Weg-Diagramm für eine Messung (Schnitt 1) aufgezeigt.

**Methode 2: «Viskosität» der Probe mit dem Rheometer bei 50°C.** Die Probe wurde mit einem Spatel auf die profilierte Platte (PP25, Profil) des Rheometers gelegt. Die obere Platte wurde heruntergefahren, damit ein Spalt von 2 mm entstand. Nach dem Abstreichen von überschüssigem Material erfolgte die Messung bei 50°C (Abbildung 3).

Die Scherrate wurde von 0,01 bis auf 10/s erhöht (Abbildung 4). Ausgewertet wurden nur die Viskositätswerte bei den Scherraten 0,1 und 1/s.

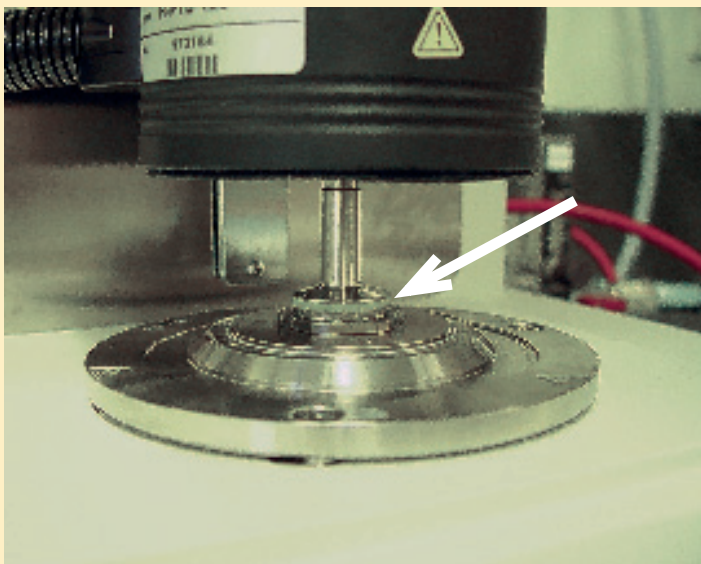


Abbildung 3: Kartoffelstockprobe zwischen zwei profilierten Platten (siehe Pfeil) im Rheometer

**Resultate und Einzeldiskussion.** Aus den Tabellen 3 und 4 sind die Resultate der Messungen der leicht modifizierten Warner-Bratzler-Prüfanordnung ersichtlich. Tabelle 3 gibt Aufschluss über die Kräfte und die Arbeit beim Eindringen und Herausziehen der Schneide. Die Kontrolle und Muster 1 mit mikropartikuliertem Molkenprotein zeigten die grösste Klebneigung, berechnet als Arbeit beim Herausziehen der Schneide. Es ist gut zu erkennen, dass für Muster 2 mit Sojalezithin und Gesamtmilchprotein weniger Kraft bzw. eine kleinere Arbeit benötigt wurde. Bezüglich der Härte berechnet als Arbeit beim Eindringen ergab Muster 1 mit M-WPC mit der Kontrolle vergleichbare Werte. Muster 2 mit SL+TMP war etwa 30 Prozent weicher.

In Tabelle 4 sind die Resultate der Klebrigkeit, gemessen als Rückstand auf der Schneide, ersichtlich. Muster 1 mit mikropartikuliertem Molkenprotein wies eindeutig die höchste Klebrigkeit auf, was für die Qualität negativ ist. Sie war um den Faktor 19 höher als bei der Kontrolle. Muster 2 mit Sojalezithin und schonend hergestelltem Gesamtmilchprotein ergab eine um den Faktor 6 höhere Klebrigkeit, verglichen mit der Kontrolle. Die Methoden Klebneigung (Arbeit beim Herausziehen, Tabelle 3) und Klebrigkeit (Rückstand auf Messer, Tabelle 4) messen ähnliche Eigenschaften, jedoch mit einem anderen Prinzip. Mit beiden Methoden ergab das Muster 1 mit M-WPC mit 165 mJ bzw. 6,24 g die höchsten Werte. Die Kontrolle zeigte bei der Methode Klebneigung mit 143 mJ einen mittleren Wert, mit der Methode Klebrigkeit mit 0,33 g den tiefsten der drei untersuchten Proben. Die Methode Klebneigung (Arbeit beim Herausziehen) ist durch die Härte und die Elastizität beeinflusst, die Methode Klebrigkeit (Rückstand auf dem Messer) ist davon unabhängig. Unterschiede in der Klebrigkeit (Haftung am Messer, Rückstand) könnten auch durch Unterschiede im Kartoffelstockgefüge entstehen. Mit Emulgator E 471 könnte die freie Stärke gebunden sein und haftet damit weniger am Messer. Milchproteine sind Füllkörper mit gewissen Interaktionen mit der freien Stärke, können

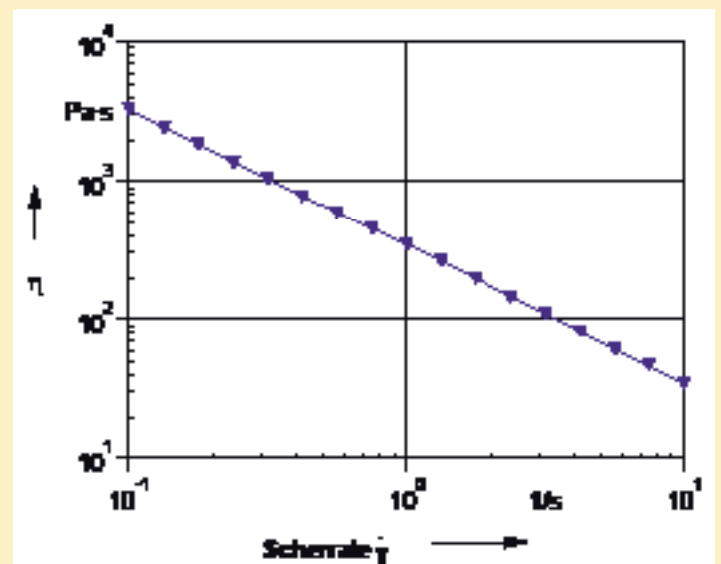


Abbildung 4: Viskositätsverlauf (scheinbare Viskosität) als Funktion der Scherrate (Kontrolle Pilotwalze)

Bezeichnung	F Max.	F Max.	Arbeit Eindringen	Arbeit Herausziehen
	Eindringen [N]	Herausziehen [N]	Härte [mJ]	«Klebneigung» [mJ]
Instant-Kartoffelstock (mit Emulgator E 471; Kontrolle)	4,26	2,85	206	143
Muster 1: Mikropartikulierte Molkenprotein 5%	4,33	2,81	200	165
Muster 2: Sojalezithin, Gesamtmilchprotein	2,83	1,68	140	105

**Tabelle 3: Kartoffelstockproben und dazugehörige Resultate der Warner-Bratzler-Prüfeinrichtung**

Bezeichnung (auf einer Pilot- Walze hergestellt)	Rückstand an der Schneide [g]	Rückstand an der Schneide [g]	Durchschnitt [g]
	1. Schnitt	2. Schnitt	
Instant-Kartoffelstock (mit Emulgator E 471; Kontrolle)	0,49	0,17	0,33
Muster 1: Mikropartikulierte Molkenprotein 5%	4,43	8,04	6,24
Muster 2: Sojalezithin, Gesamtmilchprotein	0,39	3,55	1,97

**Tabelle 4: Kartoffelstockproben und dazugehörige Resultate der Klebrigkeit als Rückstand von Kartoffelstock an der Schneide nach dem Herausziehen bei 56 °C**

Bezeichnung	Viskosität
	(Scherrate 0,1/s) [Pa s]
Instant-Kartoffelstock	4337
Muster 1: Mikropartikulierte Molkenprotein 5 %	3971
Muster 2: Sojalezithin, Gesamtmilchprotein	2502

**Tabelle 5: Kartoffelstockproben und dazugehörige Resultate der Rheometer-Messungen (Fließkurve)**

diese aber nicht so stark binden. Dadurch könnte die Haftung am Messer grösser sein. Auch Oberflächeneffekte des Emulgators könnten eine Rolle spielen.

Aus den Messungen der zweiten Methode mit dem Rheometer resultierten die Werte der Fließkurve in Tabelle 5 (Viskosität bei der Scherrate von 0,1/s). Die grösste Viskosität zeigte die Kontrolle mit 4337 Pa s (Instant-Kartoffelstock). Muster 1 mit M-WPC ergab mit 3971 Pa s eine fast ähnlich hohe Viskosität. Muster 2 mit SL+TMP wies mit 2502 Pa s eine deutlich tiefere Viskosität auf.

Die maximale Kraft beim Eindringen (Warner-Bratzler-Prüfeinrichtung) korrelierte gut mit der Viskosität bei der Scherrate 0,1/s ( $r = 0,97$ ). Wurden noch Messpunkte weiterer Proben in die Auswertung miteinbezogen ( $n = 7$ ), so ergab sich eine Korrelation von  $r = 0,80$  (Daten nicht abgebildet).

**Gesamtdiskussion und Schlussfolgerungen.** Die Warner-Bratzler-Prüfeinrichtung eignet sich gut zur rheologischen Untersuchung von Instant-Kartoffelstock-Proben. Die Kraftmessung beim Eindringen des Messers ergibt eine Aussage über die Konsistenz des Produktes. Die so gemessene «Härte» korrelierte sehr gut mit der im Rheometer gemessenen Viskosität. Die beim Herausziehen der Schneide gemessene Arbeit ist ein Mass für die «Klebneigung» der Probe.

Eine weitere Information über die Klebrigkeit des Kartoffelstocks ergibt das Rückwägen des an der Schneide haftenden Rückstandes auf einer Präzisionswaage. Diese Messung ist unabhängig von der «Härte» der Kartoffelstockprobe, zeigte aber grosse Schwankungen. Sie könnten auf Oberflächen- und Temperatureffekte zurückzuführen sein. Die Messung kann grundsätzlich bei verschiedenen Temperaturen durchgeführt werden. In diesem Versuch wurden die Proben bei 56 °C gemessen, was bei einer Sensorikprüfung einer mundgerechten Temperatur entspricht. Insgesamt konnte für das Muster 2 (mit Sojalezithin und schonend hergestelltem Gesamtmilchprotein) eine «weichere Konsistenz» und eine kleinere Viskosität gemessen werden. Dagegen verzeichnete Muster 1 (mit mikropartikuliertem Molkenprotein) die grösste Klebneigung (Arbeit beim Herausziehen) und die grösste «Klebrigkeit» (Rückstand auf der Schneide nach dem Herausziehen).

In diesem Versuch wurde nicht abgeklärt, welchen Einfluss die Kartoffelsorte auf die rheologischen Eigenschaften hat. Erfahrungen zeigen, dass die Kartoffelsorte wesentlich ist. Mit weiteren Messungen muss die Methode noch verfeinert werden.

## Literatur

- Abu-Ghannam N., Helen Crowley H., 2006. The effect of low temperature blanching on the texture of whole processed new potatoes. *Journal of Food Engineering* 74 (3), 335–344.
- Bratzler L.J., 1949. Determining the tenderness of meat by use of the Warner-Bratzler method. *Proc. Annu. Reciprocal Meat Conf.* 2, 117–120.
- Chen W. Z., Hosney R.C., 1995.: Development of an Objective Method for Dough Stickiness. *Lebensm.-Wiss. und Technol.* 28, 467–473.
- Destefanis G., Brugiapaglia A., Barge M.T., Dal Molin E., 2008. Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner-Bratzler shear force. *Meat Science* 78, 153–156.
- Lamberti M., 2003. Structural Properties of Starch Containing Plant Cell Dispersions – Investigation on Instant Mashed Potatoes. Diss. ETH No. 15364, Zurich.
- Lamberti M., Geiselman A., Conde-Petit B., Escher F., 2004. Starch transformation and structure development in production and reconstitution of potato flakes. *Lebensm.-Wiss. und Technol.* 37, 417–427.
- van Dijk C., Fischer M., Beekhuizen J-G., Boeriu C., Stolle-Smits T., 2002. Texture of Cooked Potatoes (*Solanum tuberosum*). 3. Pre-heating and the Consequences for the Texture and Cell Wall Chemistry. *J. Agric. Food Chem.* 50, (18), 5098–5106.
- Warner K.F., 1928. Progress report of the mechanical test for tenderness of meat. *Proc. Am. Soc. Anim. Prod.* 114–116.