

Zeitschrift: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène
Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit
Band: 70 (1979)
Heft: 1

Artikel: Instrumentelle Erfassung der Textur von Instant-Kartoffelpüree
Autor: Schweingruber, P. / Escher, F. / Solms, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-983713>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 25.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

P. Schweingruber, F. Escher und J. Solms, Institut für Lebensmittelwissenschaft,
Eidg. Technische Hochschule Zürich

Instrumentelle Erfassung der Textur von Instant-Kartoffelpüree*

Einleitung

Kartoffelflocken (hergestellt durch Walzentrocknung) und Kartoffelgranulat (hergestellt mit dem Rückführverfahren und Lufttrocknung) für die Herstellung von Kartoffelpüree gehören heute zu den klassischen Instant-Produkten unseres Lebensmittelsortimentes, wobei in der Schweiz bis heute nur Flocken hergestellt werden. Von den vier qualitätsbestimmenden Merkmalen für Lebensmittel, dem Nährwert und der Bekömmlichkeit, dem Flavor, der Farbe und der Textur, kommt beim Kartoffelpüree wohl der Textur eine überragende Bedeutung zu, wie nicht gerade bei einem anderen Lebensmittel. Bei der Herstellung von Kartoffelflocken und Granulat ist es deshalb wichtig, Texturfehler im rekonstituierten Kartoffelstock, wie z. B. übermäßige Klebrigkeit und Gummigkeit, zu vermeiden. Die Gründe für Texturfehler sind heute zum Teil bekannt. Sie lassen sich unter anderem auf eine zu starke Zerstörung der einzelnen Zellen und einen zu hohen Anteil an extrazellulärer Stärke im Kartoffelpüree zurückführen (1, 2).

Da zuverlässige Texturmeßmethoden für Kartoffelpürees fehlen, wird die Texturkontrolle in den meisten Herstellungsbetrieben heute noch rein empirisch mit einer Gabel durchgeführt. Eine solche Texturbewertung ist jedoch in vielen Fällen für Routinekontrollen, besonders aber für Forschungszwecke, unbefriedigend.

Während über die Messung und Beschreibung der Textureigenschaften von Lebensmitteln heute eine umfangreiche Literatur besteht, sind relativ wenige spezifische Arbeiten über instrumentelle Methoden zur Bestimmung der Textur von Instant-Kartoffelpüree veröffentlicht worden (3—12).

In der vorliegenden Arbeit wurden daher möglichst reproduzierbare instrumentelle Meßmethoden zur Erfassung der wichtigsten Texturcharakteristiken von verschiedenen Instant-Kartoffelpürees entwickelt. Mit den verschiedenen instrumentellen Meßmethoden wurden die textuellen Unterschiede von Flocken und Granulat studiert sowie auch der Einfluß der Rekonstitution und von Zusätzen auf die Textur von Instant-Kartoffelpüree untersucht.

* Auszug aus der Dissertation Nr. 6231 von P. Schweingruber, Eidg. Technische Hochschule Zürich, 1978

Experimenteller Teil

Material

Fünf industriell hergestellte Kartoffelflockenproben (bezeichnet mit I, II, III, IV und V) und ein Kartoffelgranulatmuster (VI) wurden verwendet. Alle Produkte enthielten die üblichen Mengen Antioxidantien, Schwefeldioxid, Salz und Gewürze. Aus Tabelle 1 ist der unterschiedliche Gehalt an Emulgatoren ersichtlich.

Tabelle 1. Kartoffeltrockenprodukte und Rekonstitutionsbedingungen

Produkt	Stärkegehalt der Rohkartoffeln ¹ %	Emulgator- zugabe	Rekonstitutions- temperatur °C	Flüssigkeits-/ Trockenprodukt- verhältnis
I (Flocken)	15,5	ja ²	70	5,5 : 1
			80	5,5 : 1
			90	5,5 : 1
II (Flocken)	18	ja ²	70	5,5 : 1
			80	5,5 : 1
			90	5,5 : 1
III (Flocken)	18	ja ²	70	5,5 : 1
			80	5,5 : 1
			90	5,5 : 1
IV (Flocken)	13	0,6% (bezgl. TS) GMS	70	6 : 1 ³
			80	6 : 1
			90	6 : 1
V (Flocken)	13	nein	70	6 : 1 ³
			80	6 : 1
			90	6 : 1
VI (Granulat)	18	ja ²	80	5,5 : 1
			90	5,5 : 1
			95	5,5 : 1

¹ Angaben des Herstellers

² Keine Spezifikation des Emulgators durch den Hersteller

³ Erhöhtes Verhältnis wegen des tiefen Stärkegehaltes in den Produkten IV und V

Rekonstitution

Die wichtigste Voraussetzung für die Entwicklung aussagekräftiger und reproduzierbarer instrumenteller Texturmeßmethoden war eine möglichst standardisierte Rekonstitution der Trockenprodukte, damit homogene Kartoffelpürees resultierten. In Abbildung 1 ist die verwendete Rekonstitutionsmethode schematisch

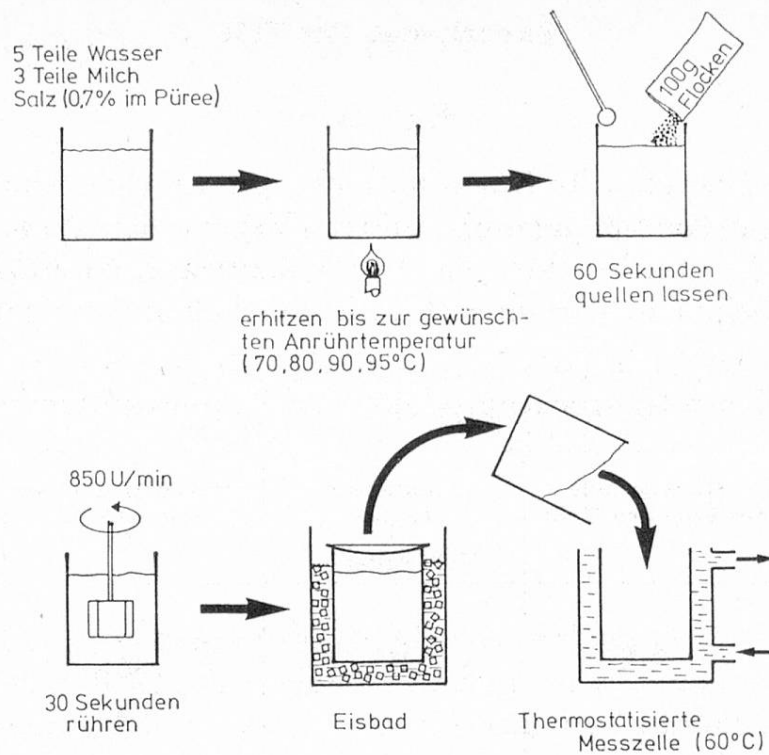


Abb. 1. Rekonstitutionsmethode für die Kartoffeltrockenprodukte

dargestellt. Diese Bedingungen mußten bei jeder Probe peinlichst genau eingehalten werden. Nach dem Anrühren der Proben wurden diese zur Bestimmung der Fließeigenschaften mit einem Spatel in die Meßzylinder des koaxialen Zylinderviskosimeters eingefüllt. Für alle anderen Messungen wurden die Püreeproben in eine zylindrische Meßzelle aus nichtrostendem Stahl mit einem inneren Durchmesser von 98 mm und einer inneren Höhe von 112 mm eingefüllt. Beide Systeme wurden auf $60 \pm 1^\circ\text{C}$ thermostatisiert. Neben einer konstanten Meßtemperatur ($58 \pm 2^\circ\text{C}$) mußte auch die Zeit zwischen Rekonstitution und Meßbeginn (10 Minuten) immer konstant gehalten werden. Nur so konnten reproduzierbare Texturmessungen durchgeführt werden.

Fließeigenschaften

Für die Charakterisierung des Fließverhaltens von Instant-Kartoffelpüree wurde ein koaxiales Zylinderviskosimeter (Rheomat-15, Contraves AG, Zürich) verwendet. Um die Bildung von Gleitschichten an der äußeren Zylinderwand (Sigma-Effekt) zu verhindern, wurden die Meßsysteme D_{c_g} ($R_i/R_a = 0,75$; R_i = Meßkörperradius, R_a = Meßbecherradius) für die Flokkenpürees und D_{e_g} ($R_i/R_a = 0,88$) für die Granulatpürees mit profilierten Scherflächen verwendet (13, 14). Zur Verhinderung der Austrocknung der Proben wurde die Püreeoberfläche mit einer Saranfolie zugedeckt.

Zur Aufnahme der Rheogramme wurde stufenweise von der tiefsten zur höchsten Meßkörperdrehzahl geschaltet (Aufwärtskurve) und dann wieder zurück zum kleinsten Wert (Abwärtskurve).

Um das strukturplastische Fließverhalten der Flokkenpürees zu approximieren, wurde das Casson-Modell (15) nach Gleichung [1] verwendet. Für die Charak-

terisierung des annähernd idealplastischen Fließverhaltens der Granulatpürees wurde das Bingham-Modell (16) nach Gleichung [2] verwendet.

$$\sqrt{\tau} = \sqrt{f_c} + \sqrt{\eta_c} \cdot \sqrt{D} \quad [1]$$

$$\tau = f_B + \eta_B \cdot D \quad [2]$$

wobei	τ	= Schubspannung	(Pa)
	D	= Schergefälle	(s ⁻¹)
	f_c	= Fließgrenze (Casson-Modell)	(Pa)
	f_B	= Fließgrenze (Bingham-Modell)	(Pa)
	η_c	= Casson-Viskosität	(Pa s)
	η_B	= Plastische Viskosität	(Pa s)

Mit Hilfe von Nomogrammen mit den entsprechenden Schergeschwindigkeitskorrekturen wurden die Parameter genau nach den Anleitungen der Contraves AG (17) auf graphischem Weg ermittelt. Dabei wurden jedoch nur diejenigen Meßwerte berücksichtigt, bei denen die gesamte Meßsubstanz der Scherung unterworfen war. Für die Berechnung der Fließgrenzen wurden jeweils die Aufwärtskurven der Rheogramme verwendet, da die Pürees dann eine analoge Vorgeschichte (Rekonstitution, Thermostatisierung bis zum Meßbeginn) aufwiesen wie bei den Texturmessungen.

Scheinbare Viskosität

Die Messung der scheinbaren Viskosität von Instant-Kartoffelpüree erfolgte im Brookfield-Synchro-Lectric-Viskosimeter, Modell RVT mit Helipath-Stand (3), welches mit einer T-förmigen Spindel (Nr. T-C; Länge des T-Balkens: 27,1 mm) ausgerüstet war. Es wurde eine Rotationsgeschwindigkeit von 5 U/min gewählt. Während ca. 2,5 Minuten legte die durch den Helipath Stand angetriebene Spindel einen Weg von 4,5 cm im mittleren Meßzellenbereich des Pürees von oben nach unten zurück (kleinste Temperaturunterschiede!). Während dieser Zeit wurden ungefähr 10—12 Drehmoment-Werte am Brookfield-Viskosimeter abgelesen, aus welchen dann der Mittelwert für die scheinbare Viskosität (Brookfield-Werte) des entsprechenden Kartoffelpürees berechnet wurde.

Rückextrusionstest

Für diesen Test wurde ähnlich vorgegangen, wie bei *Voisey* und *Dean* (8) beschrieben. Die oben beschriebene Testzelle wurde auf einem Instron-Universalgerät (Modell TM-M) montiert. Ein zylindrischer Stempel mit einem Durchmesser von 92 mm wurde mit der 100-kp-Kraftmeßzelle (981 N) gekoppelt, welche an der unteren Seite des sich bewegenden Querbalkens des Instron-Gerätes befestigt war. Mit einer konstanten Geschwindigkeit von 10 cm/min wurde der Stempel jeweils in die mit dem Püree gefüllte Meßzelle bis 1 cm über den Boden der Zelle hineingetrieben. Die Kartoffelpüree-Proben wurden dann zwischen Stempel und Gefäßwand rückextrudiert. Auf einem Schreiber, welcher direkt mit

der Kraftmeßzelle gekoppelt war, wurde eine Kraft-Weg-Kurve registriert (Abb. 2). Die mittlere Extrusionskraft F entlang des Kraftplateaus, welche ein Maß für die Konsistenz des Pürees darstellt, wurde nach *Grünwald* (18) berechnet.

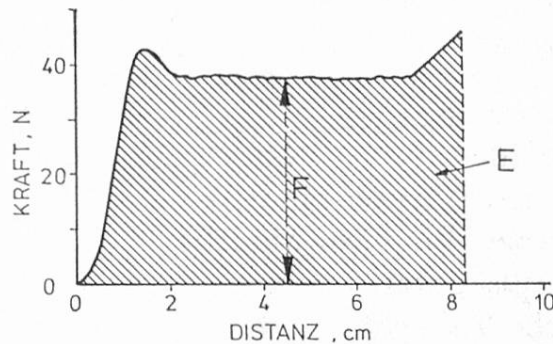


Abb. 2. Kraft-Weg-Kurve eines Rückextrusionstestes mit rekonstituierten Kartoffelflocken
 F = Mittlere Extrusionskraft (N)

Texturprofil-Analyse

Die Parameter Kohäsivität, elastische Erholung (Springiness) und HäSION (Hesion) wurden mit der General Foods Texturprofil-Methode (19) auf dem Instron-Gerät bestimmt. Kohäsionskräfte zwischen den Strukturelementen des Pürees und Adhäsionskräfte zwischen Püree und Meßkörper werden in der Literatur (20) im Begriff «Häsion» zusammengefaßt.

Für die Bestimmung der *Kohäsivität* und *elastischen Erholung* wurden die Proben nach dem Einfüllen in die oben beschriebene Meßzelle mit einem Plexiglasschaber am oberen Rand der Zelle glattgestrichen, damit eine möglichst plane und luftblasenfreie Oberfläche entstand. Da die verwendeten Kartoffelpürees selbst zum verwendeten Teflonmaterial eine ausgeprägte Adhäsion zeigten, mußte die Püreeoberfläche zur Bestimmung der Kohäsivität und elastischen Erholung mit 3 g Talkpuder aus einem feinen Sieb gleichmäßig beschichtet werden (21). Anschließend wurde ein mit der 2-kp-Kraftmeßzelle (19, 62 N) des Instron-Gerätes gekoppelter Teflonstempel (Durchmesser: 50 mm; Dicke: 30 mm) mit einer konstanten Geschwindigkeit von 3 cm/min zweimal bis zu einer Eindringtiefe von 5 mm (25% Kompression) in die Proben bewegt und wieder bis zur Püreeoberfläche herausgezogen. Dieser zweifache Zyklus wurde durch eine Extension Cycling Control automatisch gesteuert.

Abbildung 3 zeigt eine typische Kraft-Weg-Kurve, welche von einem mit der Kraftmeßzelle direkt gekoppelten Schreiber aufgezeichnet wurde. Die Flächen A_1 und A_2 wurden mit einem Integrator automatisch berechnet. Das Verhältnis A_2/A_1 (dimensionslos) ist ein Index für die Kohäsivität, welche als die Kraft der inneren Bindungen eines Materials definiert wird (19). Die Strecke B im zweiten Kompressionspeak (Dimension: cm) stellt ein Maß für die elastische Erholung (Springiness) dar (22—24).

Für die Bestimmung der *Häsion* oder *Klebrigkeit* wurde der oben beschriebene Teflonstempel mit einer konstanten Geschwindigkeit von 5 cm/min bis zu einer

Eindringtiefe von 10 mm (50% Kompression) in die Püreeproben ohne Talkbeschichtung bewegt. Anschließend wurde der Stempel mit derselben Geschwindigkeit so lange gehoben, bis sich das Püree von ihm löste. Abbildung 4 zeigt eine typische

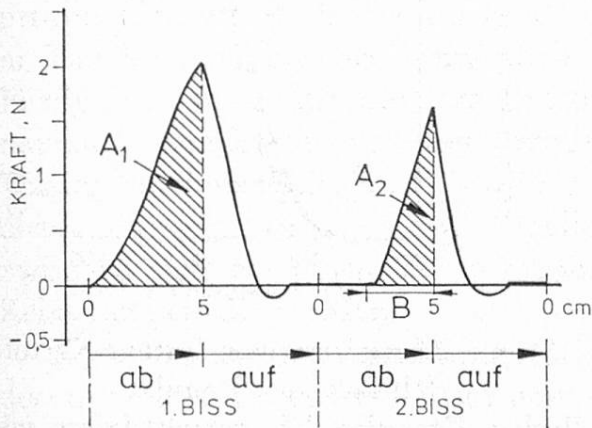


Abb. 3. Typische Instron Kraft-Weg-Kurve zur Bestimmung der Kohäsivität und elastischen Erholung von Instant-Kartoffelpüree

Dimension der x-Achse: Papiervorschub

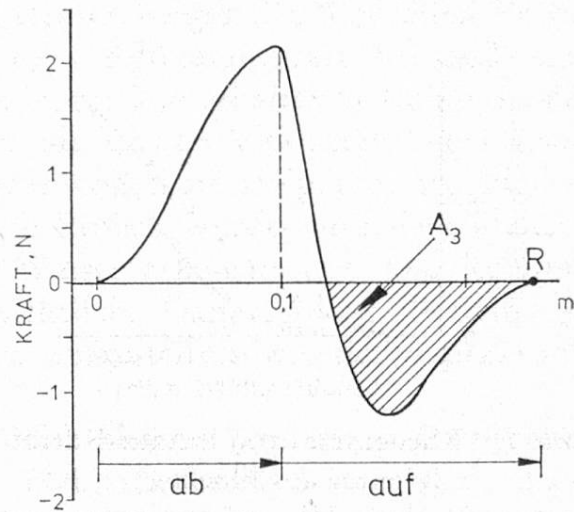


Abb. 4. Typische Instron Kraft-Weg-Kurve zur Bestimmung der HäSION von Instant-Kartoffelpüree

A_3 = HäSION (N m)

R = Bruchpunkt

Dimension der x-Achse: Papiervorschub

Kraft-Weg-Kurve der HäSIONsmessung eines Instant-Kartoffelpürees. In dieser Abbildung ist die Fläche A_3 diejenige Arbeit, die nötig ist, um die HäSIONskräfte zwischen Püree und Stempel zu überwinden. Die Fläche A_3 wurde ebenfalls mit einem Integrator automatisch berechnet.

Reproduzierbarkeit der Meßmethoden

Die Reproduzierbarkeit der Meßmethoden wurde durch eine zehnfache Bestimmung der einzelnen Texturparameter bestimmt. Für jede Wiederholung wurde eine frische Püreeprobe verwendet. Alle verwendeten Texturmeßmethoden ergaben sehr gut reproduzierbare Resultate mit Variationskoeffizienten unter 8%, vorausgesetzt, daß die Rekonstitutions- und Meßbedingungen (Anrührtemperatur, Rührgeschwindigkeit und Rührzeit, Zeitspanne zwischen Rekonstitution und Meßbeginn, Meßtemperatur) möglichst konstant gehalten wurden. Aufgrund der gefundenen kleinen Variationskoeffizienten wurde bei allen Messungen nur je eine Doppelbestimmung durchgeführt.

Resultate und Diskussion

Instrumentelle Meßmethoden

Rekonstituierte Kartoffelflocken wie auch Granulat zeigen nicht-Newton'sches zeitabhängiges Fließverhalten, wie aus den Fließkurven in den Abbildungen 5 und

6 hervorgeht. Die Pürees besitzen demnach eine sogenannte Strukturviskosität (25). Die Zeitabhängigkeit des Fließens von Flockenpüree scheint ausgeprägter zu sein, da die Hysterese fläche gebildet aus Auf- und Abwärtskurve einiges größer ist als jene des Granulatpürees.

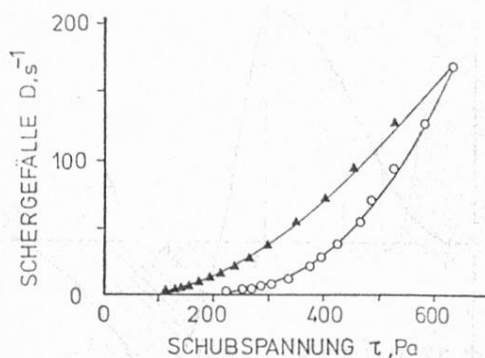


Abb. 5. Rheogramm von Instant-Kartoffelpüree aus Flocken

Probe: Flocken III, rekonstituiert mit Flüssigkeit/Flocken (5,5 : 1) und Wasser/Milch (5 : 3) bei 70°C

Meßsystem: Rheomat-15, D_{c_g} bei 60°C

○ Aufwärtskurve

▲ Abwärtskurve

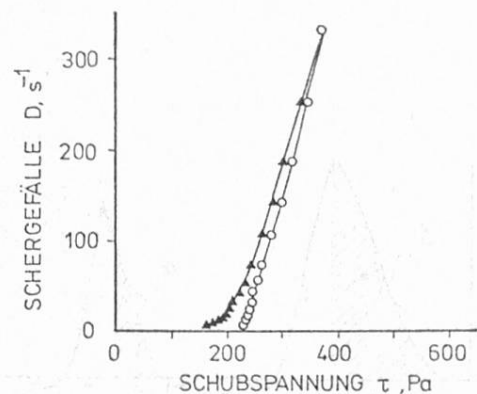


Abb. 6. Rheogramm von Instant-Kartoffelpüree aus Granulat

Probe: Granulat VI, rekonstituiert mit Flüssigkeit/Granulat (5,5 : 1) und Wasser/Milch (5 : 3) bei 95°C

Meßsystem: Rheomat-15, D_{c_g} bei 60°C

○ Aufwärtskurve

▲ Abwärtskurve

Das strukturplastische (quasiplastische) Fließverhalten von Kartoffelflockenpüree ließ sich gut mit dem Casson-Modell (Gleichung [1]) approximieren. Kartoffelgranulatpürees zeigen annähernd idealplastisches Fließverhalten, welches mit dem Bingham-Modell (Gleichung [2]) ausreichend genau beschrieben werden kann.

Die Fließgrenzen und Viskositätswerte der Proben in den Abbildungen 5 und 6 dürfen nicht absolut miteinander verglichen werden, da nicht dieselben Meßsysteme für die Aufnahme der Fließkurven verwendet wurden (25).

Die mit den instrumentellen Meßmethoden ermittelten Texturparameter von Instant-Kartoffelpüree sind mehr oder weniger stark von den apparativen Bedingungen abhängig (12). Im Hinblick auf Vergleiche zur sensorischen Texturermittlung sind die gewählten Meßbedingungen sicher nicht optimal, kommen doch bei der subjektiven Texturerfassung von halbfesten Lebensmitteln höhere Kaugeschwindigkeiten bzw. Schergefälle zur Anwendung (26). Die Stempelgeschwindigkeiten bei der objektiven Texturerfassung mußten relativ klein gewählt werden, weil die Ansprechzeit des Standardschreibers am verwendeten Instron-Gerät relativ groß ist und zudem die automatische Steuerung der Stempelbewegung mit zunehmender Querjochgeschwindigkeit ungenauer wird. Bei den als optimal ausgewählten Meßbedingungen handelt es sich um einen auf das Produkt abgestimmten Kompromiß zwischen maximaler Empfindlichkeit und maximaler Reproduzierbarkeit. Unter maximaler Empfindlichkeit wird das Eruieren möglichst großer textueller Unterschiede verstanden, wobei diese gleichartig wie bei der sensorischen Texturerfassung sein sollten.

Zusammenhang zwischen den einzelnen Texturparametern

Durch Wahl verschiedener Anrührtemperaturen bei der Rekonstitution (70, 80 und 90° C für Flocken; 80, 90 und 95°C für Granulat) wurden Instant-Kartoffelpürees mit unterschiedlicher Gesamttextur hergestellt. Von allen Proben wurden die scheinbare Viskosität, die mittlere Extrusionskraft sowie Texturprofile mit den beschriebenen Methoden bestimmt. Die erhaltenen Resultate sind in Tabelle 2 aufgeführt. Zusätzlich wurden die Casson-Viskosität, die Casson-Fließgrenze sowie die mittlere Extrusionskraft von Kartoffelpürees aus Flocken mit und ohne Emulgatorzusatz ermittelt. Die Proben wurden mit dem üblichen Wasser/Milchgemisch (5 : 3) sowie nur mit Wasser rekonstituiert. Die Resultate dieser Experimente sind aus Tabelle 3 ersichtlich. Damit sollten Beziehungen zwischen den einzelnen Texturmeßmethoden aufgestellt sowie deren praktische Relevanz geprüft werden.

Zwischen der mit dem koaxialen Zylinderviskosimeter gemessenen Fließgrenze, der mit dem Brookfield-Viskosimeter mit Helipath-Stand bestimmten scheinbaren Viskosität und der auf dem Instron-Gerät ermittelten Extrusionskraft (Rückextrusionstest) konnten enge hochsignifikante Korrelationen ($r > 0,9$) gefunden werden (vgl. Abb. 7 und 8). Die engen Zusammenhänge waren weiter

Tabelle 2. Einfluß der Rekonstitutionstemperatur auf die Texturparameter von Instant-Kartoffelpüree

Produkt ¹	Anrühr- temperatur °C	Scheinbare Viskosität Brookfield- Werte ²	Mittlere Extrusions- kraft F N 2	Kohäsi- vität A ₂ /A ₁ — 2	Elastische Erholung B cm 2	Häsi- on A ₃ N m · 10 ⁻⁴ 2
Flocken I	70	60,8	45,62	0,287	2,38	182,71
	80	62,1	47,09	0,294	2,40	184,92
	90	68,9	55,43	0,306	2,90	233,23
Flocken II	70	60,1	46,11	0,336	3,50	129,98
	80	62,7	50,03	0,369	3,78	182,76
	90	74,0	67,00	0,395	3,78	227,10
Flocken III	70	60,9	47,09	0,373	3,15	129,98
	80	63,7	52,48	0,376	3,55	195,46
	90	74,8	68,67	0,411	3,70	211,90
Granulat VI	80	46,7	31,20	0,244	2,05	148,87
	90	52,1	37,57	0,283	2,35	182,71
	95	52,6	38,26	0,287	2,45	185,90

¹ Probennumerierung nach Tabelle 1 (Flüssigkeits/Produktverhältnis = 5,5 : 1; Wasser/Milch = 5 : 3)

² Mittel von 2 Werten

Tabelle 3. Einfluß eines Emulgatorzusatzes und der Zusammensetzung des Rekonstitutionsmediums auf die Textureigenschaften von Instant-Kartoffelpürees aus Flocken

Produkt ¹	Anrühr- temperatur °C	Wasser/ Milch- verhältnis ²	Mittlere Extrusions- kraft F N 3	Casson- Fließgrenze f_c Pa 3	Casson- Viskosität η_c Pa s 3
Flocken IV (mit Emulgator)	70	5 : 3	45,13	156,4	0,50
	90	5 : 3	57,58	200,0	0,70
	70	1 : 0	39,34	148,8	0,22
	90	1 : 0	43,16	168,0	0,44
Flocken V (ohne Emulgator)	70	5 : 3	50,52	194,4	0,68
	90	5 : 3	64,84	243,2	0,87
	70	1 : 0	32,77	132,8	0,52
	90	1 : 0	37,28	156,8	0,83

¹ Probennummerierung nach Tabelle 1

² Flüssigkeits/Produktverhältnis = 6 : 1

³ Mittel von 2 Werten

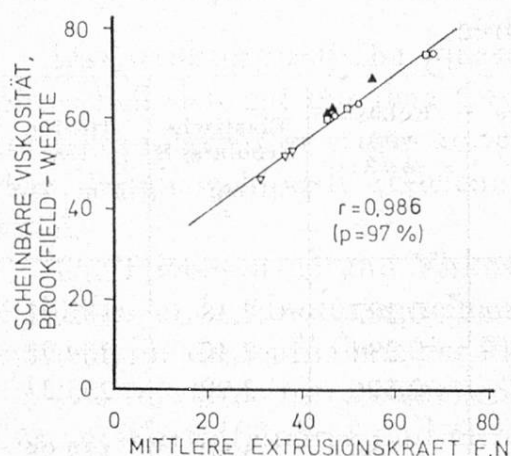


Abb. 7. Korrelation zwischen mittlerer Extrusionskraft und scheinbarer Viskosität (Brookfield)

Proben: (Numerierung nach Tabelle 1)

- ▲ Flocken I
- Flocken II
- Flocken III
- △ Granulat VI

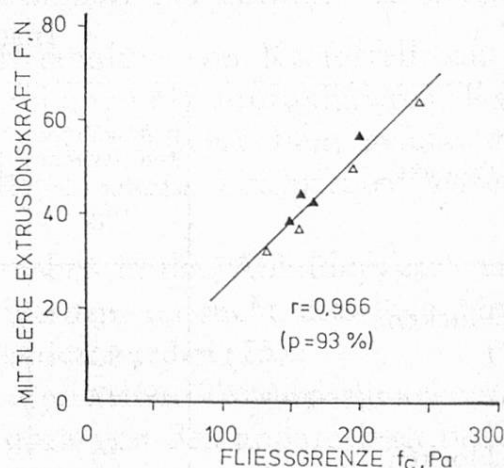


Abb. 8. Korrelation zwischen mittlerer Extrusionskraft und der Casson-Fließgrenze

Proben: (Numerierung nach Tabelle 1)

- ▲ Flocken IV
- △ Flocken V

nicht erstaunlich, da mit Hilfe von Berechnungen gezeigt werden konnte, daß die in der Rückextrusionszelle wirkenden Scherkräfte im Bereich der Püree-Fließgrenzen liegen (27). Aufgrund dieser Resultate kann geschlossen werden, daß jeder dieser drei Parameter (1) Fließgrenze, (2) Scheinbare Viskosität (Brookfield) und

(3) mittlere Extrusionskraft zur Beschreibung der *Konsistenz* von Instant-Kartoffelpüree verwendet werden kann, unter der Voraussetzung, daß die Fließkurven der zu testenden Proben sich an keinem Punkt schneiden sowie genau identische Meßbedingungen angewendet werden. *Ludwig* (4) fand zwischen der mit dem Haake Rotovisko ermittelten scheinbaren Viskosität und der sensorischen Konsistenz von Kartoffelflockenpüree einen engen Zusammenhang. *Rao et al.* (28) fanden zwischen der mit dem Haake Rotovisko gemessenen Fließgrenze und der sensorisch bestimmten Konsistenz von Süßkartoffelpüree auch eine sehr enge signifikante Korrelation.

Alle drei Methoden dürften sich für *Qualitätskontrollzwecke* in der Industrie gut eignen, da sie reproduzierbare Resultate liefern und auch einfach durchzuführen sind.

Das von *Sherman* (29) eingeführte Texturprofilkonzept basiert auf den genau definierten rheologischen Parametern Elastizität (Kohäsion), Viskosität und Adhäsion. Aus einer komplexen Mischung zweier oder mehrerer dieser Parameter sollen sich die mehr praktischen Texturattribute, wie z. B. klebrig, faserig, gummig usw., ableiten lassen. Die in der vorliegenden Arbeit verwendeten instrumentellen Meßmethoden ermöglichen die objektive Ermittlung der wichtigsten Texturparameter von Kartoffelpüree. Die oben diskutierten Zusammenhänge zwischen den einzelnen Texturcharakteristiken deuten darauf hin, daß die Daten der Rückextrusionsmethode auf dem Instron-Gerät und der Tests auf dem Brookfield- und Rheomat-15-Viscosimeter die viskosen Eigenschaften des viskoelastischen Kartoffelpürees repräsentieren, während mit der Texturprofilanalyse eher die elastischen und adhäsiven Eigenschaften gemessen werden.

Produkteigenschaften

Aufgrund der gefundenen Zusammenhänge zwischen den einzelnen Texturcharakteristiken wurde auch versucht, die texturellen Unterschiede zwischen den verschiedenen Produkten in Tabelle 2 und 3 zu beschreiben. Es konnten dabei mit allen Experimenten beträchtliche Unterschiede zwischen Flocken- und Granulatpürees gefunden werden. Die rekonstituierten Kartoffelflocken I, II und III zeigten alle eine Zunahme der Texturparameter mit steigender Anrührtemperatur. Zwischen 70 und 80°C sind die prozentualen Zunahmen mit Ausnahme der Hässion bei den Proben II und III sehr klein, während zwischen 80 und 90°C relativ große Zunahmen gemessen werden konnten, was eine ausgeprägte Texturverschlechterung anzeigte (vgl. Tabelle 2). Es scheint, daß erst mit Anrührtemperaturen oberhalb von 80°C Zellen in den Flocken so stark verletzt werden, daß es zu einem deutlichen Austritt von freier Stärke kommt. Beim Granulatpüree VI dürfte die relativ große Zunahme aller Texturcharakteristiken zwischen 80 und 90°C eher auf ein steigendes *Quellvermögen* des Granulates zurückzuführen sein. Unterhalb 90°C scheint die Stärke in den Granulatzellen nicht vollständig zu quellen, was sich in den tiefen Werten der meisten Texturparameter äußert. Die nichtsignifikanten Zunahmen der Textureigenschaften zwischen 90 und 95°C An-

rührtemperatur im Granulatspüree VI zeigen hingegen die viel kleinere *Temperaturempfindlichkeit* von Granulat im Vergleich zu den Flocken. Die unterschiedlichen Temperaturempfindlichkeiten und Quellvermögen von Kartoffelflocken und Granulat dürften mit den verschiedenen Eigenschaften der Stärke (Ausmaß an Retrogradation) und den durch unterschiedliche Trocknungsarten hervorgerufenen physikalischen Oberflächeneigenschaften zusammenhängen (30, 31).

Die Textur von Instant-Kartoffelpüree wird durch den *Zusatz eines Emulgators* (Monoglycerid) und durch die *Zusammensetzung der Rekonstitutionsflüssigkeit* beträchtlich beeinflusst (vgl. Tabelle 3). Die Fließgrenze und die mittlere Extrusionskraft der mit einem Wasser/Milchgemisch rekonstituierten Proben mit Emulgator liegen tiefer als jene der Proben ohne Emulgator. Auch *Stadler* (32) fand mit steigender Emulgatorkonzentration im rekonstituierten Trockenkartoffelpüree eine fallende Konsistenz mit dem Adams-Konsistometer.

Wurde die Milch im Rekonstitutionsmedium durch Wasser ersetzt, konnte bei den entsprechenden Anrührtemperaturen durchwegs eine abnehmende Konsistenz (Fließgrenze, Extrusionskraft) im Kartoffelpüree beobachtet werden. Für die Casson-Viskosität der Proben ohne Emulgatorzusatz konnten immer höhere Werte gemessen werden als für jene mit Emulgator, gleichgültig ob sie in reinem Wasser oder einem Wasser/Milchgemisch rekonstituiert wurden. Bei der Fließgrenze konnte jedoch genau das Umgekehrte festgestellt werden. In diesem Fall schneiden sich die Fließkurven der entsprechenden Produkte bei einem tiefen Schergefälle, so daß die Fließgrenze nicht unbedingt als einziges Kriterium für die Produktkonsistenz verwendet werden kann.

Schlußfolgerungen und Ausblick

Mit den in der vorliegenden Arbeit verwendeten instrumentellen Meßmethoden lassen sich unter Einhaltung gewisser Voraussetzungen (Homogenität der Proben, einheitlicher Meßbeginn, konstante Meßtemperatur) praktisch relevante und reproduzierbare Resultate zur objektiven Erfassung der komplexen Textur von Instant-Kartoffelpüree erzielen.

Die objektiven Texturmeßmethoden sollten sich für Qualitätskontrollzwecke in der Industrie gut eignen und dürften indirekt auch zu einer gewissen Texturverbesserung bei der Herstellung der rekonstituierten Trockenkartoffelpürees beitragen. Im Zusammenhang mit chemischen und mikroskopischen Analysemethoden können die erarbeiteten Methoden im Hinblick auf die Strukturaufklärung von Instant-Kartoffelpüree sicher auch einen wertvollen Beitrag liefern.

Dank

P. Schweingruber dankt der Eidg. Alkoholverwaltung, Bern, für ein Stipendium.

Zusammenfassung

Bei Instant-Kartoffelpüree stellt die Textur ein sehr wichtiges Qualitätsmerkmal dar, das nicht nur sensorisch, sondern auch instrumentell für Fabrikationskontrollen usw. erfaßt werden sollte. Für die Bestimmung von Texturparametern von Instant-Kartoffelpüree wurden die folgenden Methoden entwickelt und angewendet: Messung des Fließverhaltens und der Fließgrenze mit einem koaxialen Zylinderviskosimeter (Rheomat-15); Bestimmung der scheinbaren Viskosität mit einem Brookfield-Viskosimeter mit Helipath-Stand; Erfassung der Konsistenz mit der Rückextrusionsmethode auf einem Instron-Gerät; Messung der Kohäsivität, der elastischen Erholung (Springiness) und der HäSION («Klebrigkeit») mit der General Foods Texturprofil-Methode auf dem Instron-Gerät. Es ist möglich, mit diesen Parametern die komplexe Gesamttextur von Instant-Kartoffelpüree zu charakterisieren. Mit den verschiedenen Methoden wurden die textuellen Unterschiede zwischen Püree aus Kartoffelflocken und Kartoffelgranulat studiert und der Einfluß eines Emulgatorzusatzes bei der Flockenherstellung und der Rekonstitutionsbedingungen auf die Textur erfaßt.

Résumé

La texture de la purée de pommes de terre instantanée représente une caractéristique importante de qualité non seulement du point de vue sensoriel, mais aussi pour les contrôles de fabrication à effectuer. Afin de déterminer les paramètres de la texture de la purée de pommes de terre instantanée, nous avons développé les méthodes suivantes: Mesure du comportement d'écoulement ainsi que limite d'écoulement avec un viscosimètre cylindrique coaxial (Rheomat-15); détermination de la viscosité apparente à l'aide d'un viscosimètre de Brookfield avec «Helipath Stand»; détermination de la consistance par rétro-extrusion à l'aide d'un appareil Instron; mesure de la cohésion, de l'élasticité et des propriétés adhésives avec le «General foods texture profile» à l'aide de l'Instron. A l'aide de ces paramètres, il est ainsi possible, de caractériser la texture complexe de la purée de pommes de terre instantanée. Ces méthodes différentes nous ont permis d'étudier les différences de texture qui existent entre une purée, fabriquée d'une part à partir de flocons et d'autre part à partir de granules de pommes de terre. L'effet d'un émulsateur, lors de la fabrication des flocons, ainsi que l'influence des conditions de reconstitution sur la texture ont été également étudiés.

Summary

Texture is probably the most important quality attribute of instant mashed potatoes. Therefore it is desirable to measure texture not only sensorially but also instrumentally, e.g. for quality control purposes. Textural parameters of instant mashed potatoes from flakes and granules were evaluated objectively by determination of (i) flow properties and yield stress with a Rheomat-15 rotational viscometer, (ii) apparent viscosity with a Brookfield viscometer with helipath stand, (iii) consistency with a back extrusion method on an Instron universal testing machine, (iv) cohesiveness, springiness and hesion (stickiness) with the General foods texture profile on an Instron machine. It is possible to characterize the complex overall texture of instant mashed potatoes with these methods. The various methods were further used to study textural differences of flakes and granules, as well as the influence of emulsifier addition and conditions of reconstitution on texture of instant mashed potatoes.

Literatur

1. *Reeve, R. M.*: Estimation of extra-cellular starch of dehydrated potatoes. *J. Food Sci.* **28**, 198—206 (1963).
2. *Harrington, W. O., Olson, R. L. and Nutting, M. D.*: Effect of glycerolmonostearate on reconstituted potato granules. *Am. Potato J.* **37**, 160—165 (1960).
3. *Cooley, A. M., Severson, D. F., Peightal, D. E. and Wagner, J. R.*: Studies on dehydrated potato granules. *Food Technol.* **8**, 263—269 (1954).
4. *Ludwig, J. W.*: Het bepalen van de kleverigheid van instant aardappelpuree IBVL Jaarboek 16—22 (1965).
5. *Stadler, E. und Schaller, A.*: Beurteilung des Fließverhaltens von rekonstituiertem Trockenkartoffelpüree. *Confructa.* **16**, 20—27 (1971).
6. *Stadler, E. und Schaller, A.*: Qualitätskriterien von Trockenkartoffelpüree unter besonderer Berücksichtigung von Konsistenz und Klebrigkeit des rekonstituierten Produktes (II). *Confructa* **17**, 296—314 (1972).
7. *Smith, O. and Davis, C. O.*: Potato quality XV. Improving texture and measuring textural changes in potato flakes. *Am. Potato J.* **40**, 67—80 (1963).
8. *Voisey, P. W. and Dean, P. R.*: Measurement of consistency of reconstituted instant potato flakes. *Am. Potato J.* **48**, 88—96 (1971).
9. *Ooraikul, B.*: Objective method for evaluation of texture of dehydrated mashed potatoes using sensory evaluation as a guideline. *Am. Potato J.* **51**, 105—114 (1974).
10. *Schmidt, T. R. and Ahmed, E. M.*: Textural and elastic properties of Irish potatoes. *J. Texture Studies* **2**, 460—474 (1971).
11. *Szczesniak, A. S. and Hall, B. J.*: Application of the G. F. texturometer to specific food products. *J. Texture Studies* **6**, 117—138 (1975).
12. *Schweingruber, P., Escher, F. and Solms, J.*: Instrumental measurement of texture of instant mashed potato. In: *Proceedings IUFOST symposium on «Food texture and rheology»*. Academic Press, London (im Druck).
13. *Fincke, A. und Heinz, W.*: Couette-Meßeinrichtung mit aufgerauhten Zylindern. *Kolloid-Z.* **152**, 148—149 (1957).
14. *Van Wazer, J. R., Lyons, J. W., Kim, K. Y. and Colwell, D. E.*: Viscosity and flow measurement. Interscience Publishers, New York 1963.
15. *Casson, N.*: A flow equation for pigment-oil suspensions of the printing ink typ. In: *Rheology of disperse systems*, C. C. Mill (Editor). Pergamon Press, New York 1959.
16. *Bingham, E. C.*: Fluidity and plasticity. Mc Graw-Hill Book Co., New York 1922.
17. *Hediger, M.*: Messung rheologischer Eigenschaften. Contraves AG, Zürich, Bull. T990d, 1975.
18. *Grünewald, Th.*: Ein Festigkeitsprüfgerät für Lebensmittel nach Wolodkewitsch. *Z. Lebensm. Unters. -Forsch.* **105**, 1—12 (1957).
19. *Szczesniak, A. S.*: Classification of textural characteristics. *J. Food Sci.* **28**, 385—389 (1963).
20. *Claassens, J. W.*: Methods of measuring adhesion-cohesion. *S. Afr. J. Agr. Sci.* **1**, 457—463 (1958).
21. *Friedmann, H. H., Whitney, J. E. and Szczesniak, A. S.*: The texturometer — A new instrument for objective texture measurement. *J. Food Sci.* **28**, 390—396 (1963).
22. *Bourne, M. C.*: Texture profile of ripening pears. *J. Food Sci.* **33**, 223—226 (1968).
23. *Henry, W. F., Katz, M. H., Pilgrim, F. J. and May, A. T.*: Texture of semisolid foods: Sensory and physical correlates. *J. Food Sci.* **36**, 155—161 (1971).

24. *Szczesniak, A. S.*: General foods texture profile revisited — Ten years perspective. *J. Texture Studies* **6**, 5—17 (1975).
25. *Sheth, B. B.*: Viscosity measurements and interpretation of viscosity data. *J. Texture Studies* **7**, 157—178 (1976).
26. *Wood, F. W.*: Psychological studies on the consistency of liquid foods. In: *Rheology and texture of foodstuffs*. S.C.I. Monograph No. 27, p. 40—49. Society of chemical industry, London 1968.
27. *Schweingruber, P.*: Instrumentelle Erfassung der Textur von Instant-Kartoffelpüree. Diss. Nr. 6231, ETH Zürich 1978.
28. *Rao, V. N., Hamann, D. D. and Humphries, E. G.*: Flow behavior of sweet potato puree and its relation to mouthfeel quality. *J. Texture Studies* **6**, 197—209 (1975).
29. *Sherman, P.*: A texture profile of foodstuffs based upon well-defined rheological properties. *J. Food Sci.* **34**, 458—462 (1969).
30. *Hellendorn, W. E.*: Aspects of retrogradation in some dehydrated starch containing precooked food products. *Stärke* **23**, 63—67 (1971).
31. *Adler, G.*: *Kartoffeln und Kartoffelerzeugnisse*. Verlag P. Parey, Berlin 1971.
32. *Stadler, E.*: Konsistenz und Klebrigkeit von rekonstituiertem Trockenkartoffelpüree. *Dechema Monographien* **77**, 397—402 (1974).

Dr. P. Schweingruber
 Dr. F. Escher
 Prof. Dr. J. Solms
 Institut für Lebensmittelwissenschaft
 Eidg. Techn. Hochschule
 Universitätstr. 2
 CH-8092 Zürich