

- 26) *Locquin, M.*: Dégagement et localisation de l'acide cyanhydrique chez les basidio mycètes et ascomycètes. *Bull. Soc. Linn. Lyon* **13**, 151–157 (1944).
- 27) *Wood, W. F.*: The odor of *Agaricus augustus*. *Mycologia* **82**, 276–278 (1990).
- 28) *Griffon, H.*: Sur la présence de l'acide cyanhydrique chez certains champignons. Conséquences toxicologiques. *Ann. Med. Leg. Criminol. Police Sci. Toxicol.* **22**, 146–151 (1942).
- 29) *Göttl, L.*: Blausäurebildende Basidiomyzeten. Hat Cyanogenese einen taxonomischen Wert? *Zeitschr. f. Pilzkunde* **42**, 185–194 (1976).
- 30) *Arnolds, E., Th. W. Kuyper and M. E. Noordeloos* (red): *Overzicht van de padde stoelen in Nederland*. Wijster, Nederlandse Mycologische Vereniging. 871 pp (1995).
- 31) *Renard, M.*: Un champignon à acide cyanhydrique. *Ann. Soc. Bot. Lyon* **37**, 23–25 (1912).
- 32) *Bousset, M.*: Dégagement de l'acide cyanhydrique chez *Cantharel-lula obbata*. *Bull. Soc. Mycol. Fr.* **55**, 123–125 (1939).
- 33) *Ward, E. W. B. and G. D. Thorn*: The isolation of a cyanogenic fraction from the fairy ring fungus, *Marasmius oreades*. *Fr. Can. J. Bot.* **43**, 997–98 (1965).

Untersuchung von Einflußfaktoren auf die instrumentelle Texturprofilanalyse (TPA) von Fischerzeugnissen

1. Einfluß der Kompression

Reinhard Schubring

Institut für Biochemie und Technologie der Bundesforschungsanstalt für Fischerei Hamburg, Palmallee 9, D-22767 Hamburg

Zusammenfassung

Es konnte gezeigt werden, daß sowohl Härte, als auch Gummiartigkeit und Kaubarkeit infolge der höheren Kraft, die aufzuwenden ist, um eine vorgegebene Kompression des Untersuchungsmaterials zu erreichen, mit zunehmender Kompression erhöhte Werte annehmen. Über den untersuchten Bereich der Kompression von 10–90% verläuft diese Zunahme der Werte nicht linear, sondern weist einen nahezu exponentiellen Charakter auf. Zwischen den an Fischerzeugnissen bestimmten Texturparametern Härte, Gummiartigkeit und Kaubarkeit besteht dabei eine signifikante Korrelation über den gesamten Bereich der Kompressionen, bei dem als Standard eingeführten Schaumstoff dagegen nur im Bereich der Kompressionen ab 60%. Um zu gewährleisten, daß die angewendete Kraft auch zu einer irreversiblen Zerstörung der Struktur führt, denn nur in diesem Fall ist offensichtlich eine gute Korrelation zu sensorisch bestimmten Texturparametern gegeben³⁾, sollte für die Bestimmung der drei vorgenannten Texturparameter die vorgegebene Kompression mindestens 70% betragen. Auch andere Autoren empfehlen, obwohl aufgrund der Ergebnisse ihrer Untersuchungen an verschiedenen Fleischerzeugnissen nicht unbedingt nachvollziehbar, die Verwendung einer Kompression auf 75%⁸⁾. Großer Wert wird dabei auf die Einhaltung eines Verhältnisses von 1,5 bezüglich Durchmesser : Länge der zylindrischen Untersuchungsprobe gelegt. Durch dieses Verhältnis sollen die Härte und die Elastizität signifikant beeinflusst werden. Hinsichtlich weiterer, instrumentell bestimmter, Texturparameter ist dagegen eine andere Abhängigkeit von der Intensität der Kompression zu verzeichnen. Die Kohäsion wird mit zunehmender Kompression verringert und erreicht generell bei den Fischerzeugnissen ihr Minimum bei 70%. Die Kohäsion des Modellerzeugnisses Schaumstoff erweist sich über weite Bereiche nahezu unbeeinflusst von der Kompression. Nur in den Randbereichen (20 bzw. 90%) sind signifikante Abweichungen zu beobachten. Wahrscheinlich ist der Charakter der Struktur (isotrop, anisotrop) der Erzeugnisse entscheidend dafür, daß die Beeinflussung der Elastizität unterschiedlich ausfällt. Während die Elastizität der als isotrop einzustufenden Materialien Schaumstoff und der homogenen

Fischerzeugnisse nahezu unbeeinflusst von der Kompression ist, zeigt sich bei anisotroper originärer Muskulatur eine nahezu lineare Abnahme der Elastizität mit zunehmender Kompression. Dagegen ist die Abnahme der Spannkraft mit zunehmender Kompression bei allen untersuchten Erzeugnissen vergleichbar. Auch hier scheint die Kompression auf 70% ein Minimum der Spannkraft bei den Fischerzeugnissen zu bewirken. Die Adhäsion ist ganz offensichtlich ein nicht bei allen Untersuchungsobjekten anzutreffender Texturparameter. Erwartungsgemäß ist eine Zunahme derselben mit steigender Kompression zu verzeichnen. Bei den homogenen Fischerzeugnissen ist diese, vom Extremfall (90%) abgesehen, weitgehend linear, bei originärer Muskulatur dagegen angenähert exponentiell. Die instrumentelle Texturprofilanalyse, als eine den Kauvorgang imitierende Methode für die Bestimmung der Textur, unterliegt somit hinsichtlich der untersuchten Abhängigkeit von der Intensität der Kompression in Bezug auf die einzelnen dabei zu meßbaren Texturparameter variierenden Einflüssen. Dieses gilt es unbedingt zu berücksichtigen, und für die Vergleichbarkeit von Meßwerten sind somit konkrete Angaben zu den Meßbedingungen erforderlich.

Summary

It could be shown that beside hardness also gumminess and chewiness reach higher values by increasing compression. This is the result of the higher force necessary to realise the set in advanced compression. Over the range of compression investigated (from 10 to 90%) the increase is not linear but shows an almost exponential character. Between the texture parameters hardness, gumminess and chewiness estimated on fishery products a significant correlation was recognised over the whole range of compression, whereas using the standard material foam rubber the correlation was only significant between 60% and 90% compression. It is recommended to compress the material by at least 70% for measuring hardness, gumminess and chewiness to assure that the force applied causes an irreversible destruction of the structure. Only in this case the results seem to be in a good correlation with sensorially evaluated texture parameters³⁾. Other authors also recommend the use

of 75 % strain although their results of investigations on meat products make the recommendation difficult to comprehend. A ratio of 1.5 between diameter and length of the cylindrical sample seems to be important⁸⁾. It is stated that springiness and hardness are significantly influenced by this ratio.

Other texture parameters instrumentally measured show a different dependence on the intensity of compression. Cohesiveness decreases when compression increases. The fishery products show a minimum cohesiveness when compressed by 70%. However, the cohesiveness of foam rubber is over a broad range not influenced by the compression applied. Significant changes are to be seen only in the fringe areas (20% or 90%). The influence of compression on springiness seems to vary with the structure of the sample (isotropic or anisotropic). While the springiness of isotropic materials like foam rubber and fishery products prepared from mince is almost not influenced by compression, the anisotropic musculature represented by salted herring fillet causes an decrease of springiness when compression increases. On the other hand, the influence of compression on resilience seems to be independent on the sample material. A compression of the samples by 70% causes a minimum of resilience. Not all of the samples investigated show adhesiveness. As a role the adhesiveness increases when compression increases. This increase seems to be almost linearly in the case of fishery products prepared from mince, whereas a nearly exponential increase was observed on intact musculature. It can be concluded that the different parameters measured by instrumental texture profile analysis as a method which imitate chewing are influenced by the intensity of compression. This influence varies in respect of the parameter given. This has to be taken into account and therefore it is absolutely necessary to mention the concrete measurement conditions.

1. Einleitung

Die instrumentelle TPA hat den Weg für ein besseres und umfassenderes Verständnis der Textureigenschaften von Lebensmitteln eröffnet, wobei der wesentliche Beitrag dieser Methode darin zu sehen ist, daß sie die Textur als eine zusammengesetzte und nicht als durch ein einzelnes Attribut charakterisierte Eigenschaft von Lebensmitteln versteht¹⁾. Durch die TPA ist es somit möglich, die Textur zu unterteilen und Veränderungen jedes der verschiedenen Texturattribute im Ergebnis von Variationen, z.B. in der Zusammensetzung der Erzeugnisse oder der Technologie zu verfolgen. Die TPA zählt zu den „imitative tests“, die instrumentell Bedingungen nachzuahmen versuchen, denen ein Lebensmittel

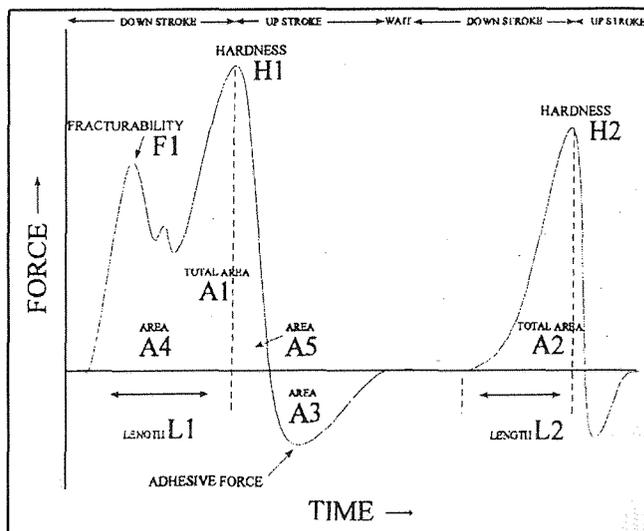


Abb. 1 Kraft-Zeit-Diagramm⁴⁾, Texturparameter der instrumentellen TPA charakterisierend

im Mund oder auf dem Teller unterworfen ist²⁾. Die mit der TPA ermittelten Parameter Härte und Kohäsion korrelieren recht gut mit „shear stress“ und „shear strain“ beim Zusammenbruch der Struktur und machen die TPA dadurch zur wahrscheinlich besten aller empirischen und imitierenden Methoden³⁾. Das Funktionsprinzip der TPA ist aus Abbildung 1 ersichtlich. Sie beinhaltet eine zweimalige Kompression des Untersuchungsmaterials, wobei der dazu verwendete Stempel im Vergleich zur Probenfläche einen deutlich größeren Durchmesser aufweist, um auszuschließen, daß neben der Kompression zusätzliche Scherkräfte auftreten.

Beide Kompressionszyklen folgen unmittelbar aufeinander und aus dem Kraft-Zeit-Diagramm können verschiedene Texturparameter abgeleitet und berechnet werden¹⁾ (Abb. 1, Tab. 1).

In neuerer Zeit wird die TPA zunehmend bei der Erzeugnisentwicklung verwendet und bewährt sich als geeignete Methode zur Untersuchung der Textur von Lebensmitteln⁵⁾. Bereits 1975 wurde festgestellt, daß die instrumentelle TPA durch die Interpretation der dabei aufgezeichneten Kraft-Zeit-Kurven zur Bewertung der Textur von Lebensmittel

Tab. 1 Texturparameter der instrumentellen TPA und ihre Berechnung⁴⁾

Bezeichnung	Dimension	Berechnung
Härte	Hardness	N
Elastizität	Springiness	Ohne
Kohäsion	Cohesiveness	Ohne
Gummiartigkeit	Gumminess	Ohne
Kaubarkeit	Chewiness	Ohne
Spannkraft	Resilience	Ohne
Adhäsion	Adhesiveness	Ns

Tab. 2 Verwendete Kompressionen und Meßgeschwindigkeiten (Literaturdaten) bei der instrumentellen Textur-Profil-Analyse (TPA) von Lebensmitteln (A-Adhäsion, C-Kohäsion, E-Elastizität, F-Bruchfestigkeit, G-Gummiartigkeit, H-Härte, K-Kaubarkeit, Y-Young Modul, A1,A2-Flächen1,2, W-Kompressionsarbeit)

Texture Attributes	Strain (%)	Probe Speed (mms ⁻¹)	Chart speed (mms ⁻¹)	Food	References
H,F,E,C,G,K	25	0,8	0,8	Sausage	Alamanou et al. (1996) ¹¹⁾
H,E	40	4,4	-	Fish mince	Anese and Gormley (1996) ¹²⁾
H,C,G,K	30	-	-	Beef mince	Barbut and Mittal (1992) ¹³⁾
H,C,E,G,K	25	3,3	0,3	Sausage	Barbut and Mittal (1996) ¹⁴⁾
H,E,C,K	25	1,7	3,3	Fish fillet	Bhattacharya et al. (1993) ¹⁵⁾
H,C,E,G	25	0,8	8,3	Beef patties	Blackmer et al. (1997) ¹⁶⁾
F,H,C,E,G	25	0,8	0,8	Sausage	Bloukas et al. (1997) ¹⁷⁾
H,C,E,G,K	75	0,3	1,7	Beef muscle	Boakye and Mittal (1993) ¹⁸⁾
H,C,E	30	0,8	6,7	Fish fillet & mince	Borderias et al. (1983) ¹⁹⁾
H,E,C,A	50	0,8	-	Fish gel	Borderias et al. (1997) ²⁰⁾
H,F,E,G,C,K	75	1,7	3,3	Beef batter	Boyle et al. (1994) ²¹⁾
H	35	2,1	-	Fish mince	Chang and Regenstein (1997) ²²⁾
H,C	35	2,1	-	Fish fillet & mince	Chapman et al. (1993) ²³⁾
H,C,E,G,K	50	3,3	3,3	Beef steak	Chen et al. (1992) ²⁴⁾
H,F,E,C	75/25	3,3	1,7	Sausage	Claus et al. (1989) ²⁵⁾
H,C,E	60	0,8	-	Sausage	Cofrades et al. (1997) ²⁶⁾
H,C,E,K	50	0,8	-	Sausage	Colmenero et al. (1995) ²⁷⁾
H,E	80	0,8	-	Meat gel	DeFreitas et al. (1997) ²⁸⁾
H	55	5,0	-	Sausage	DeFreitas et al. (1997) ²⁹⁾
H,C,E,K	75	0,8	0,8	Beef patties	Demos and Mandigo (1996) ³⁰⁾
H,E,C,F,A,K	30	1,4	-	Beef muscle	Duizer et al. (1996) ³¹⁾
H,C,G	50	0,5	-	Protein gels	Dumoulin et al. (1998) ³²⁾
H,C,E,K	75	0,8	4,2	Sausage	Eilert et al. (1996) ³³⁾
H,K,E	25	3,3	-	Beef patties	El-Magoli et al. (1996) ³⁴⁾
H,F,C,K,G,E,	-	2,0	-	Meat batter	Erdmann (1993) ³⁵⁾
H,C,E,K	60	0,8	-	Meat batter	Fernandez et al. (1998) ³⁶⁾
H,E	25	0,8	-	Cheese	Fontecha et al. (1996) ³⁷⁾
H,C	25	0,8	-	Sausage	Gnanasambandam and Zayas (1994) ³⁸⁾
H,C	50	0,8	-	Fish gel	Gomez-Guillen and Montero (1996) ³⁹⁾
H,E,C	50	0,8	-	Squid gel	Gomez-Guillen and Montero (1997) ⁴⁰⁾
H,C	50	0,8	-	Fish gel	Gomez-Guillen et al. (1996) ⁴¹⁾
H,E,C	50	0,8	-	Fish gel	Gomez-Guillen et al. (1997) ⁴²⁾
H,C	50	0,8	-	Fish gel	Gomez-Guillen et al. (1997) ⁴³⁾
H,F,C,E	60	-	-	Meat batter	Gordon and Barbut (1992) ⁴⁴⁾
H,E,C	-	1,7	8,3	Beef patties	Guzman et al. (1995) ⁴⁵⁾
H,E,C,K	75	0,8	-	Egg white gel	Handa et al. (1998) ⁴⁶⁾
C,W	75	0,8	-	Meat extrudate	Hanna et al. (1996) ⁴⁷⁾
H,E	60	0,7	-	Fish gel	Hastings and Currall (1989) ⁴⁸⁾
H,E	60	0,7	-	Fish gel	Hastings et al. (1990) ⁴⁹⁾
H,C,E,G,A,F,K	80	1,7	-	Meat product	Honikel (1997) ⁵⁰⁾
H,C	35	2,1	-	Fish mince	Hsieh and Regenstein (1989) ⁵¹⁾
A,H,C,E,K,G	50	0,8	-	Sausage	Hughes et al. (1998) ⁵²⁾
H,C	35	0,8	-	Fish mince	Ingolfsdottir et al. (1998) ⁵³⁾
H,E,C	35	2,1	8,5	Fish mince	Jahncke et al. (1992) ⁵⁴⁾
H,C,E,K,G	20	0,8	1,7	Cheese	Kanawjia and Singh (1996) ⁵⁵⁾
H,C,E,K	75/50/25	0,8	3,3	Meat	Kandem and Hardy (1995) ⁵⁶⁾
H,F,E,G,C,K	80	1,7	-	Sausage	Klettner (1988) ⁵⁷⁾
F	20	1,7	-	Sausage	Klettner (1998) ⁵⁸⁾
H,C	60	3,3	3,3	Fish mince	Kolakowski et al. (1994) ⁵⁹⁾
H,C,G	10/50/80	0,2/0,8/1,7	-	Fish gel	Konstance (1991) ⁶⁰⁾
H,C,E	80	-	-	Pork muscle	Lachowicz et al. (1997) ⁶¹⁾
H, C, G, K	30	-	-	Pork muscle	Lachowicz et al. (1998) ⁶²⁾
H,C	90	-	-	Fish gel	Lee and Chung (1989) ⁶³⁾

Texture Attributes	Strain (%)	Probe Speed (mms ⁻¹)	Chart speed (mms ⁻¹)	Food	References
F,H	75	2,0	-	Freeze textured rice	Li and Lee (1998) ⁶⁴
H,F,A,E,C,G,K	27	0,8	-	Shrimp	Luzuriaga et al. (1997) ⁶⁵
H,E	40	4,4	-	Fish gel	Maier et al. (1997) ⁶⁶
H,F,A1,A2	25	8,3	3,3	Sausage	Matulis et al. (1994) ⁶⁷
H,C	50	0,8	-	Fish mince	Mendes et al. (1997) ⁶⁸
H,C,E,K,G	25	3,3	0,3	Sausage	Mittal and Barbut (1994) ⁶⁹
H,C,E,G,K	75/50/25	0,1/0,2/0,3	-	Meat products	Mittal et al. (1992) ⁸
H,C	75	-	-	Fish gel	Montejano et al. (1983) ⁷⁰
H,C,E,G,K	25/50	1,7	-	Protein gel	Montejano et al. (1985) ⁷¹
H,C	50	0,8	-	Fish gel	Montero and Gomez-Guillen (1996) ⁷²
E,Y	-	0,7	-	Protein gel	Ngapo et al. (1996) ⁷³
H,C,E	75	1,7	-	Meat restructurate	Nielsen et al. (1995) ⁷⁴
H,C	50	1,0	-	Fish mince	Nielsen and Pigott (1996) ⁷⁵
F,C	65	0,2	8,3	Protein gels	O'Neill et al. (1994) ⁷⁶
H,C,E,G	75	1,7	8,3	Sausage	Osburn et al. (1997) ⁷⁷
F,H,C,E	50/90	0,8	8,3	Fish gel	Pacheco-Aguilar and Crawford (1994) ⁷⁸
H,C,E	50	1,7	1,7	Meat gel	Paraskevoupoulou et al. (1997) ⁷⁹
H,C	75	1,7	1,7	Meat gel	Park et al. (1996) ⁸⁰
H,E,C	50	0,8	-	Fish gel	Perez-Mateos et al. (1997) ⁸¹
H,E,A,C	50	0,8	-	Fish gel	Perez-Mateos and Montero (1997) ⁸²
H,C	80	3,3	3,3	Sausage	Roth et al. (1997) ⁸³
H,E,C,A,G,K	50	1,7	2,0	Protein gel	Rourke et al. (1997) ⁸⁴
F,H,E,C,G,K	75	1,7	-	Meat batter	Saliba et al. (1987) ⁸⁵
H,A,C,E,G,K	80/60/40	0,8	-	Salted fish fillet	Schubring (1997a) ¹⁰
H,A,C,E,G,K	80/60/40	0,8	-	Salted fish fillet	Schubring (1997b) ⁸⁶
H,A,C,E,G,K	80/40	0,8	-	Salted fish fillet	Schubring (1997c) ⁸⁷
H,A,C,E,G,K	80	0,8	-	Fish mince	Schubring (1997d) ⁸⁸
H,A,C,E,G,K	80/40	0,8	-	Salted fish fillet	Schubring and Oehlenschläger (1997) ⁸⁹
H,A,C,E,G,K	80	0,8	-	Fish fillet	Schubring and Münkner (1998) ⁹⁰
H,F,E,C,G,K	75	1,7	1,7	Meat rolls	Shand et al. (1994) ⁹¹
H,E,C	25	1,7	-	Fish gel	Sych et al. (1991a) ⁹²
H,E,C	25	1,7	-	Fish gel	Sych et al. (1991b) ⁹³
H,F,E,C	75/50	1,7	-	Sausage	Sylvia, et al. (1994) ⁹⁴
H,C,G,E,K	40	3,3	3,3	Beef steak	Thomas, Jr. et al. (1994) ⁹⁵
W	80	1,7	-	Sausage	Trius et al. (1995) ⁹⁸
H,E	80	1,7	-	Sausage	Trius et al. (1994) ⁹⁶
H,E	80	1,7	-	Sausage	Trius et al. (1994) ⁹⁷
K,C,E,F,G,H	50	1,7	-	Fowl gel	Voller-Reasonover et al. (1997) ⁹⁹
H,C,E,G,K	64	1,7	-	Pork gel	Wimmer et al. (1993) ¹⁰⁰
H,C,E,G,K	50	0,3	0,3	Chicken gel	Yang and Froning (1992) ¹⁰¹
H,C,E,G,K	60	0,8	0,8	Fish gel	Yu et al. (1994) ¹⁰²

besonders wertvoll ist und auch zukünftig bleiben wird, insbesondere unter dem Aspekt, daß die Parameter mit der sensorischen Bewertung korreliert werden⁶. Aus der in diesem Zusammenhang ausgewerteten Literatur wurde jedoch abgeleitet, daß die Untersuchungsbedingungen, wie z.B. Meßgeschwindigkeit und Intensität der Kompression z.T. erheblich variieren und/oder unzureichend beschrieben werden^{6,7,8}.

Verfolgt man die seit dieser Zeit veröffentlichten Arbeiten, so hat sich offensichtlich an diesem, damals kritisierten, Zustand nur wenig verändert, obwohl sich die Verwendung der instrumentellen TPA zur Charakterisierung der Textur von Lebensmitteln offenbar wachsender Beliebtheit erfreut.

Dadurch, daß jedoch weiterhin Kompressionen verwendet werden, die in weiten Bereichen schwanken, wie die Veröffentlichungen aus jüngerer Zeit verdeutlichen (Tab. 2), wird die Vergleichbarkeit und Bewertung der Untersuchungsergebnisse erschwert. Ähnliches trifft auch für die Geschwindigkeit zu, mit der die Kompression erfolgt. Hier ist eine verwirrende Vielzahl von Werten vorzufinden, die die Geschwindigkeit betreffen, mit der ein Meßkörper die Probe komprimiert bzw. den Vorschub des Schreiberpapiers, das bei allen älteren Meßgeräten unerlässlich ist. Da bei eigenen Untersuchungen ein erheblicher Einfluß der Intensität der Kompression auf die Untersuchungsergebnisse beobachtet wurde^{9,10}, war es naheliegend diesbezüg-

liche Einflüsse gezielt zu verfolgen, wobei neben der Intensität der Kompression auch deren Geschwindigkeit hinsichtlich ihres Einflusses auf die Untersuchungsergebnisse bewertet wurde. Dieses wird im 2. Teil des Beitrags behandelt. Da der Einfluß der Untersuchungsbedingungen auch von der Struktur des zu untersuchenden Erzeugnisses abhängen kann, wurden bei den Untersuchungen unterschiedliche Erzeugnistypen berücksichtigt. Neben einem Muster mit originärer Struktur, wie Salzhering, wurden Erzeugnisse aus zerkleinertem Fischfleisch (Farce) untersucht, die einmal eine grobkrümelige, frikadellenartige und zum anderen eine annähernd gelartige Struktur aufwiesen. Um Aussagen über den Einfluß des biologischen Untersuchungsmaterials und der dadurch bedingten Variation zusätzlich ableiten zu können, wurden vergleichende Untersuchungen unter Verwendung eines standardisierten Untersuchungsobjektes, einem

Schaumgummi, durchgeführt, bei dem rohstoffbedingte Schwankungen ausgeschlossen werden konnten.

2. Material und Methode

Für die Untersuchungen wurde ein SMS-Texture-Analyser TA.XT 2/25 (Stable Micro Systems, Godalming, England) mit der Software-Version 1.1g verwendet. Mittels Al-Stempel P/50 (\varnothing 5,0 cm) erfolgte die Kompression des Prüflings. Dieser wurde mit einem Korkbohrer (\varnothing 1,5 cm) aus der Untersuchungsprobe hergestellt. Vor der Untersuchung wurden die Prüflinge im Kühlschrank auf 7°C temperiert. Die Untersuchungen wurden an folgenden Materialien ausgeführt:

SCH – Schaumgummi, SAF – Salzheringsfilet ohne Haut, SOZ – Schellfischfarce ohne Zusätze, SMZ – Schellfischfarce mit Zusätzen.

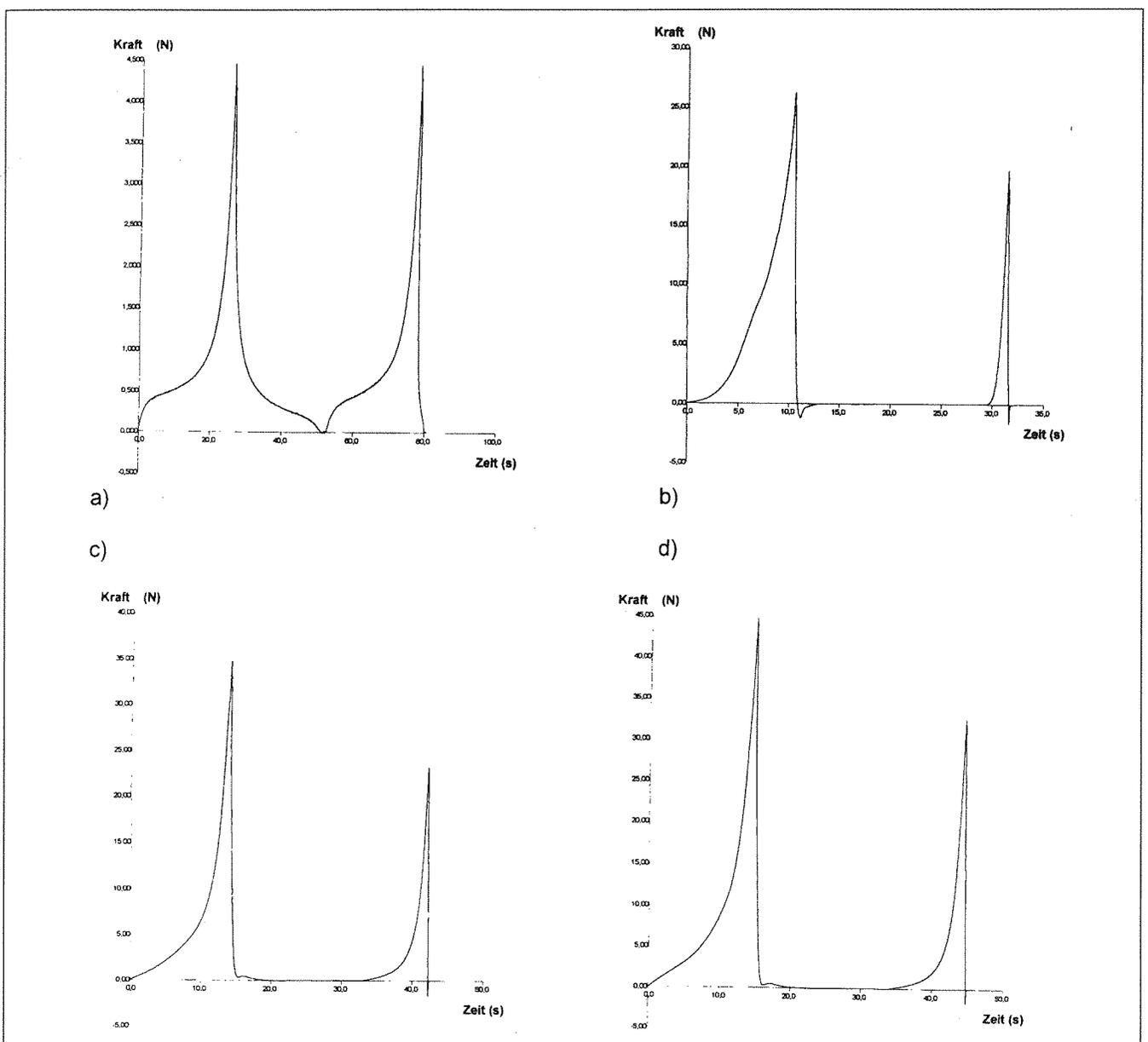


Abb. 2 Typische TPA-Kurven der Messungen unterschiedlicher Materialien a) Schaumgummi (SCH), b) Salzheringsfilet (SAF), c) Schellfischfarce, ohne Zusätze erhitzt (SOZ), d) Schellfischfarce, mit Zusätzen erhitzt (SMZ)

Tab. 3 Definition der untersuchten Texturparameter ^{86,103)}

Parameter	Definition
Härte	Kraft zur Erreichung einer vorgegebenen Deformation
Kohäsion	Grad der Deformierbarkeit des Materials vor dem Zerbrechen
Elastizität	Geschwindigkeit der Rückkehr in den undeformierten Zustand nach Entfernung der Deformationskraft
Adhäsion	Erforderliche Arbeit zur Überwindung der Anziehungskraft zwischen dem Lebensmittel und dem mit ihm in Kontakt gekommenen Material
Kaubarkeit	Energie zum Zerkauen des Lebensmittels in einen zum Abschlucken geeigneten Zustand
Gummiartigkeit	Energie zur Überführung des Lebensmittels in einen zum Abschlucken geeigneten Zustand

Das Salzheringsfilet wurde aus mildgesalzenem Ostseehering im Frühjahr 1996 unter Verwendung von Stellnetzhering aus dem Greifswalder Bodden mit einem Salz:Fisch-Verhältnis 1:10 produziert. Die Schellfischfarce wurde während der 159. Reise des FFS „Walther Herwig III“ im Fanggebiet Copinsay aus Schellfischfilet ohne Haut mit einem Grätenseparator Baader 694 hergestellt und bis zur Verwendung tiefgefroren. Für die Herstellung der Untersuchungsproben wurde die Farce im Kühlschrank über Nacht bei 4°C temperiert, mit einem Mixstab (Krups3Mix 4000) entweder ohne Zusatz oder unter Zusatz von 10% Wasser und 2% Kochsalz homogenisiert (45 sec), in Petrischalen weitestgehend blasenfrei eingestrichen, in Kochbeuteln verpackt und im Wasserbad 15 Minuten lang erhitzt (95°C). Nach dem Abkühlen in eiskaltem Wasser erfolgte die Herstellung der Prüflinge. Der verwendete Schaumgummi war handelsübliches Verpackungsmaterial.

Aus Kapazitätsgründen des Computerspeichers erfolgten die Messungen mit einer Meßwertaufnahme (acquisition rate) von 100 pps. Die Messungen an Fischproben wurden mit mindestens 10 Wiederholungen (in der Regel 15) ausgeführt. Dagegen wurden für die Schaumgummiprüflinge aufgrund geringerer Standardabweichung insgesamt jeweils 5 Messungen als ausreichend angesehen. Als Vortest-Geschwindigkeit wurde generell 2 mms⁻¹ und als Rücktest-Geschwindigkeit 10 mms⁻¹ verwendet. Als Schwellenwert waren 0,05 N eingestellt. Die Intensität der Kompression oder der „strain“ (%) wurde im Bereich 10–90% jeweils in Schritten von 10% variiert, wobei zur Auswertung im Allgemeinen nur der Bereich von 20–90% berücksichtigt werden konnte, da bei 10% Kompression generell nur für die Härte alle Meßwerte berechnet, die anderen Texturparameter, deren Definition Tabelle 3 wiedergibt, dagegen nur sehr lückenhaft ausgewiesen wurden. Alle diese Messungen fanden bei einer Meßgeschwindigkeit (test speed) von 0,8 mms⁻¹ statt. Aus den Kurvenverläufen der einzelnen Messungen (Abb. 2) wurden mit der vom Hersteller gelieferten Software die einzelnen Texturparameter (Tab. 1) berechnet. Das Texturmerkmal Bruchfestigkeit, das bei Materialien mit

großer Härte und geringer Kohäsion den Strukturzusammenbruch charakterisiert, wurde bei den untersuchten Erzeugnissen überwiegend nicht nachgewiesen. Aus den Einzelmessungen wurden die Medianwerte ermittelt. Diese bilden die Grundlage der graphischen Darstellungen, in Form von Box-Whisker-Diagrammen, in denen neben dem Median, dessen Vertrauensbereich (75%–25%) als Box und der Streubereich (95%) der Einzelwerte als Whisker dargestellt sind. Die Aufbereitung und Auswertung der Daten erfolgte mit STATISTICA, StatSoft, Tulsa, USA.

3. Ergebnisse und Diskussion

Nachfolgend werden die an den einzelnen Materialien ermittelten Ergebnisse in Abhängigkeit von den untersuchten Einflüssen graphisch dargestellt und diskutiert.

3.1 Härte

Die Härte ist als „force necessary to attain a given deformation“ definiert ²⁾. Der die Härte des Materials dokumentierende Wert stellt die zur Kompression der Probe auf das vorgegebene Maß aufzuwendende Kraft dar. Es wird deutlich, daß der Einfluß, den die Kompression auf die Härte ausübt, vom Untersuchungsmaterial weitgehend unabhängig ist (Abb. 3a–d). In allen Fällen spiegelt sich ein annähernd gleiches Muster wider. Die Härte wird erwartungsgemäß von der Kompression beeinflusst. Sind die Unterschiede zwischen den Kompressionen im Bereich 10 bis 40 oder 50% offenbar noch relativ gering, bedingt jedoch die Erhöhung der Kompression auf 70–90% einen erheblichen Anstieg der Härte, also der Kraft, die zur Erreichung der vorgegebenen Kompression erforderlich ist. Die Kompression auf 90% nimmt offensichtlich eine Sonderstellung ein. Die Härte der Probe hängt somit davon ab, bis zu welchem Grad sie komprimiert wird. Bei einer Kompression auf 20% ist der die Härte charakterisierende Wert z. B. signifikant geringer als im Falle einer Kompression auf 80%. Jedoch nicht nur zwischen weiter auseinander liegenden Werten ist derartiges zu verzeichnen. Interessant ist, daß die Unterschiede der Medianwerte für die Härte von allen an den Fischproben untersuchten Kompressionen im Bereich 10–90% signifikant ($p < 0,05$) sind. Beim Schaumstoff sind dagegen auf gleichem Niveau nur die Unterschiede zwischen 70, 80 und 90% sowie zu denen im Bereich 10–60% signifikant.

Ein Härtevergleich der Untersuchungsmaterialien macht deutlich, daß der als Vergleichsstandard eingeführte Schaumstoff von allen Proben die geringste Härte aufweist. Ihm folgt das aus originärer Muskulatur bestehende mildgesalzene Filet. Aufgrund enzymatisch gesteuerten Reifungsvorgänge, wenn diese auch bei der Verwendung von Ostseeheringen nicht so ausgeprägt ablaufen wie im Nordseehering, ist die Härte des mildgesalzenen, gereiften Herings etwas geringer als die des Rohstoffs^{9,89)}. Erstaunlich groß ist die Härte des zerkleinerten, gegarten Fischfleisches nach etwa zehnmonatiger Gefrierlagerung. Gut sichtbar

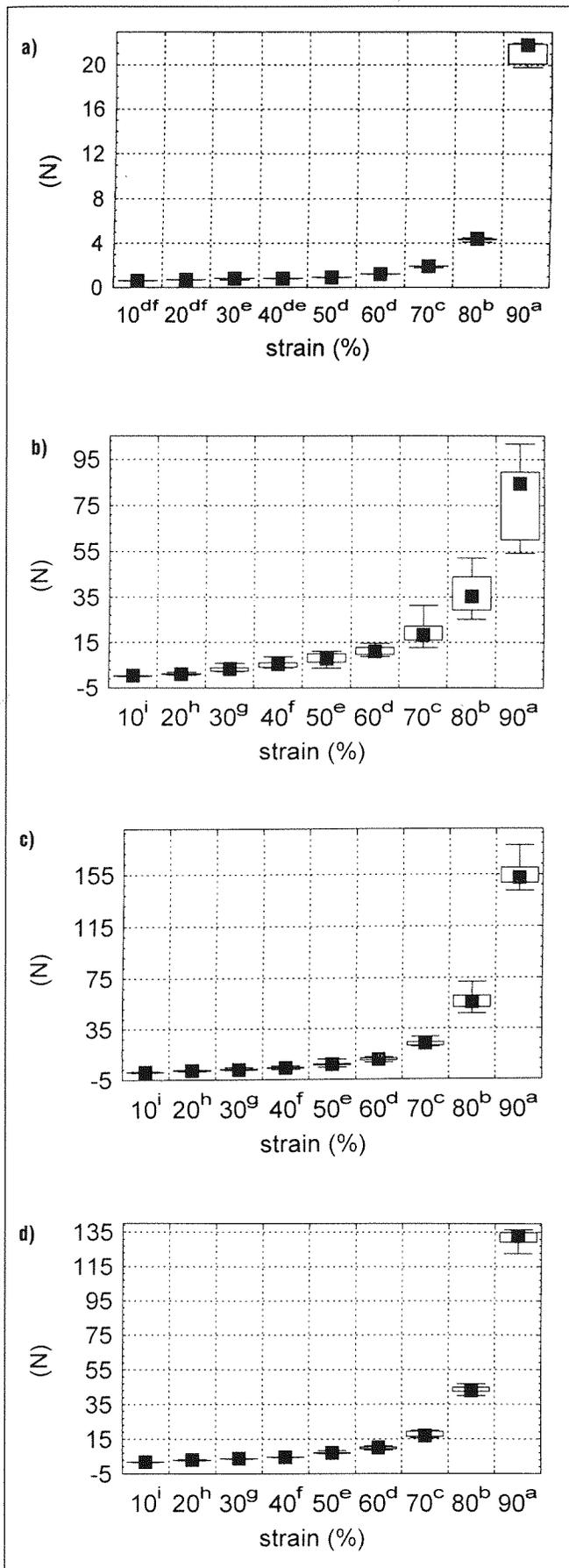


Abb. 3 Abhängigkeit der Härte von der Kompression; a) SCH, b) SAF, c) SOZ, d) SMZ; (Medianwerte mit gleichen exponierten Buchstaben sind nicht signifikant ($p < 0,05$) unterschiedlich)

wird dabei der merklich die Härte verringernde Einfluß der Zusätze Wasser und Salz.

Die für eine Härtebestimmung auszuwählende Kompression sollte gewährleisten, daß die Probe nicht nur eine Oberflächendeformation erfährt, sondern einen signifikanten Strukturzusammenbruch erleidet^{3,104}). Generell dürfte dieses ab einer Kompression auf 70% gewährleistet sein.

Bereits früher wurden die Einflüsse, die unterschiedliche Kompressionen, wie 10, 20, 50, 75, 90%¹⁰⁴) bzw. unterschiedliche Penetrationen im Bereich zwischen 19,3 und 78,5%¹⁰⁵) auf das Ergebnis der instrumentellen Härtebewertung von verschiedenen Käsesorten bzw. von gefriergetrocknetem und rehydriertem Fleisch ausüben, untersucht. Die Ergebnisse stimmen im wesentlichen mit der hier dargestellten Beeinflussung überein. Kürzlich wurde die Abhängigkeit der Kompressionskraft vom Grad der Kompression im Bereich 10–80% an erhitztem Rindermuskel verfolgt¹⁰⁶). Das Muster der Veränderung zur Erreichung der für die jeweilige Kompression notwendigen Kraft stimmt mit den vorliegenden Untersuchungsergebnissen gut überein. Aus den Korrelationsbetrachtungen zu sensorischen Texturparametern wird die Notwendigkeit einer Vorabselektion der aufzuwendenden Kompression abgeleitet, da unterschiedliche Intensitäten der Kompression offensichtlich mit verschiedenen sensorischen Texturparametern signifikant korrelierten. Die notwendige Kraft, um die Proben auf 70 und 80% zu komprimieren, korrelierte z.B. mit der sensorisch bestimmten Zartheit und Härte. Bei 50%iger Kompression ergaben sich dagegen Korrelationen zu Elastizität und Saftigkeit, jeweils sensorisch bestimmt, während die für eine Kompression auf 60% erforderliche Kraft mit sensorisch bewerteter Elastizität und Zartheit korreliert war. Andere Ergebnisse weisen eine deutliche Erhöhung der Härte von Rindermuskulatur mit zunehmender Kompression (25, 50, 75%) aus⁵⁶). Sie erhöhte sich um das 8fache zwischen den Kompressionen auf 25 und 50% bzw. um das 4fache zwischen denen auf 50 und 75%. Weiterhin wurde der Einfluß unterschiedlicher Kompressionen (25, 50, 75%) auf die instrumentelle TPA bei verschiedenen Fleischerzeugnissen untersucht⁸). Bei Erzeugnissen aus zerkleinertem Muskel (Wurst) wurde eine maximale Härte bei 50% Kompression ermittelt, während bei dem Erzeugnis aus unzerkleinertem Muskel (Corned beef) die Härte mit wachsender Kompression zunahm. Begründet wird dieses Verhalten mit einem Strukturzusammenbruch in den Wursterzeugnissen bei der Kompression auf 75%.

3.2 Gummiartigkeit

Während die Härte (Höhe des 1. Peaks) durch einfache Kompression ermittelt werden kann, ist für die Berechnung aller weiteren instrumentell bestimmten Texturparameter mit Ausnahme der Spannkraft (Tab. 1) eine doppelte Kompression erforderlich. Die Gummiartigkeit ist ein Charakteristikum von halbfesten (semisolid) Lebensmitteln

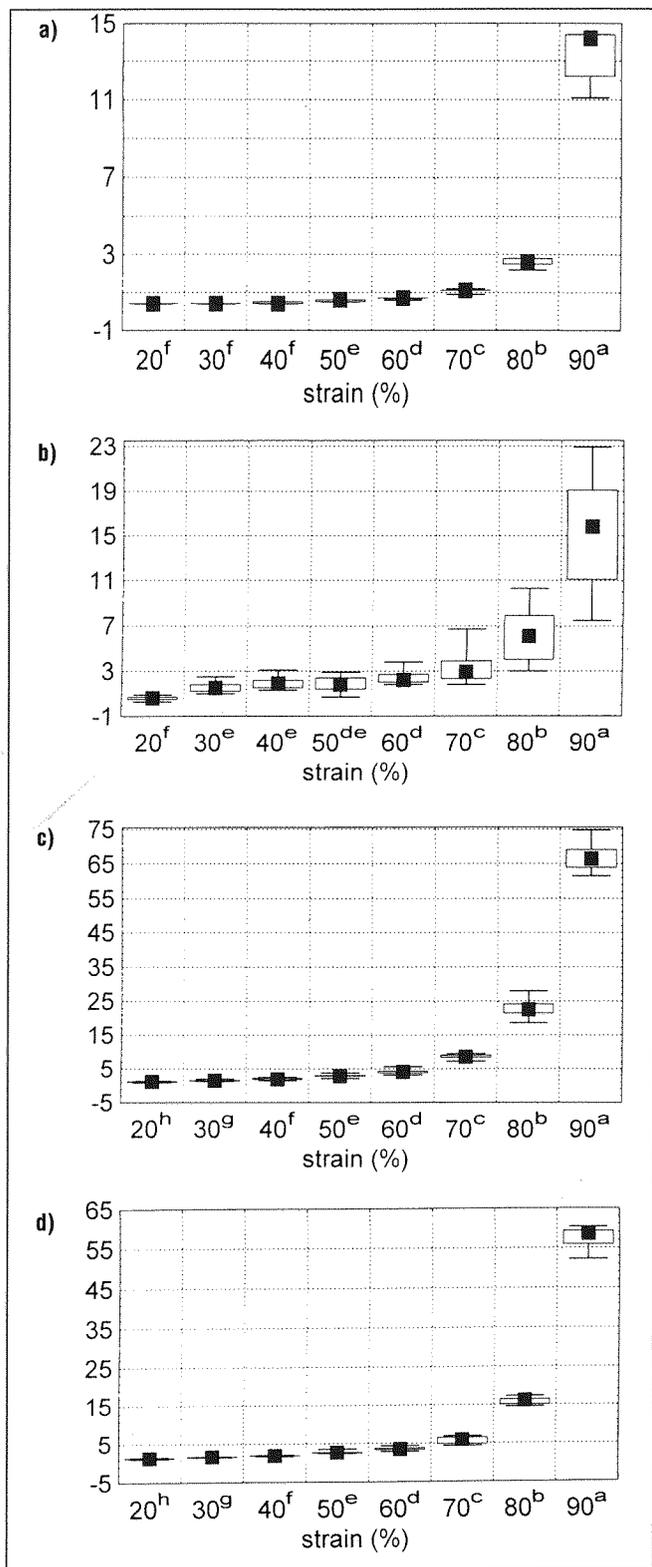


Abb. 4 Abhängigkeit der Gummiartigkeit von der Kompression; a) SCH, b) SAF, c) SOZ, d) SMZ; (Medianwerte mit gleichen exponierten Buchstaben sind nicht signifikant ($p < 0,05$) unterschiedlich)

mit geringer Härte und hoher Kohäsion anzusehen. Sie ergibt sich gemäß Tabelle 1 aus dem Produkt von Härte und Kohäsion. Da die Härte hierbei überwiegend aufgrund der Größe des Zahlenwerts als dominierender Faktor in das Produkt eingehen dürfte, ist generell eine vergleichbare Be-

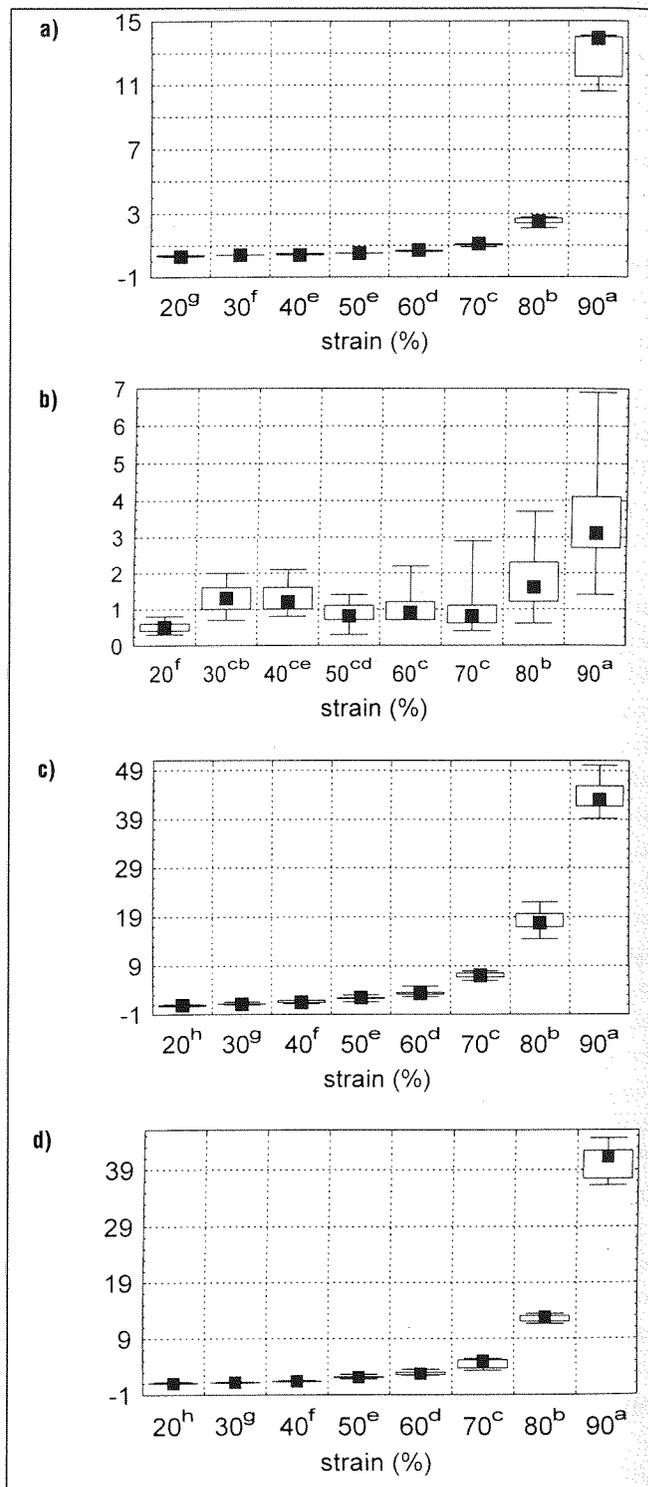


Abb. 5 Abhängigkeit der Kaubarkeit von der Kompression; a) SCH, b) SAF, c) SOZ, d) SMZ; (Medianwerte mit gleichen exponierten Buchstaben sind nicht signifikant ($p < 0,05$) unterschiedlich)

einflussung der Gummiartigkeit durch die Intensität der Kompression zu erwarten (Abb. 4).

Vergleicht man die einzelnen Proben hinsichtlich der Gummiartigkeit, so ist diese bei der zusatzfreien Farceprobe am größten, gefolgt von der mit Zusätzen erhitzten. Erheblich kleiner ist dagegen die Gummiartigkeit des mildgesalzenen Heringsfilets, die der des Schaumstoffs annähernd vergleichbar ist. Dieses deutet auf eine ausge-

prägere Kohäsion, als 2. Faktor bei der Berechnung der Gummiartigkeit des Schaumstoffs hin, da seine Härte im Vergleich zum Salzhering erheblich geringer war.

Die Gummiartigkeit von Würsten nahm mit steigender Kompression (25, 50, 75%) ab, während sie bei Corned beef ihr Maximum bei 50% aufwies⁸⁾.

3.3 Kaubarkeit

Die Kaubarkeit, wie auch die Zartheit und Zähigkeit, wird, wie aus Tabelle 3 ersichtlich, über die Energie erfaßt, die zum Kauen eines festen Lebensmittels aufzuwenden ist. Infolge der vielfältigen Vorgänge, die daran beteiligt sind, wie Komprimieren, Scheren, Schneiden, Mahlen, Reißen u.a., in Kombination mit dem Befeuchten durch Speichel, ist deren exakte Messung äußerst schwierig.

Ein Lebensmittel kann nur dann sowohl Gummiartigkeit und Kaubarkeit aufweisen, wenn es als festes während des Kauvorgangs in ein halbfestes Lebensmittel überführt wird. Ein derartiger Vorgang erfolgt während der instrumentellen TPA jedoch nicht. Somit ist es nicht korrekt, für ein Lebensmittel sowohl Gummiartigkeit als auch Kaubarkeit zu bewerten. Letztere sollte für feste Lebensmittel ausgewählt werden. Ungeachtet dieser Vorgabe werden hier Gummiartigkeit und Kaubarkeit diskutiert, da die Beeinflussung beider Parameter durch die Kompression dargestellt werden soll.

Da auch die Kaubarkeit (Abb. 5) ein Produkt darstellt, das den Faktor Härte beinhaltet (Tab. 1), ist hier ebenfalls eine vergleichbare Beeinflussung durch die Intensität der Kompression zu erwarten.

Während erwartungsgemäß bei den Proben SCH, SOZ und SMZ die Kaubarkeit mit steigender Kompression zunimmt, fallen beim Salzhering leichte Unstetigkeiten auf, da die Werte für Kompressionen auf 50 und 70% jeweils geringfügig kleiner als die bei niedrigeren Kompressionen sind. Dieses spiegelt sich auch in der Signifikanz ($p < 0,05$) der Unterschiede wider. Die Ursache für diese nicht eindeutigen Abhängigkeiten dürfte in den vergleichsweise großen Standardabweichungen der Meßwerte zu sehen sein. Bei SCH sind nur im Bereich der Kompressionen von 60–90% alle Untersuchungsergebnisse signifikant verschieden. Demgegenüber sind für SOZ und SMZ alle Untersuchungsergebnisse signifikant verschieden. Auch aus anderen Untersuchungsergebnissen⁵⁶⁾ errechnet sich eine deutliche Zunahme (ca. 8fach) der Kaubarkeit, wenn die Kompression von 25 auf 50% erhöht wurde. Die Werte für die Kaubarkeit der Modellsubstanz SCH sind mit Ausnahme der 90%igen Kompression im Vergleich zu den anderen Proben am niedrigsten. SAF weist im Vergleich zu den Farceerzeugnissen SOZ und SMZ eine weitaus geringere Kaubarkeit auf d.h., der relativ hohe Beitrag des Faktors „Härte“ wird offenbar durch geringe Werte für Elastizität und Kohäsion abgeschwächt. Bei den Farcen bleibt der Einfluß der Zusätze auch hinsichtlich der Kaubarkeit erkennbar und führt zu höheren Werten bei SOZ.

Auch an verschiedenen Fleischerzeugnissen wurde eine vergleichbare Beeinflussung der Kaubarkeit durch die Kompression wie für die Gummiartigkeit nachgewiesen⁸⁾.

3.4 Kohäsion

Die Kohäsion charakterisiert den inneren Zusammenhalt des Erzeugnisses. Ihre Abhängigkeit von der Kompression ist in Abbildung 6 dargestellt.

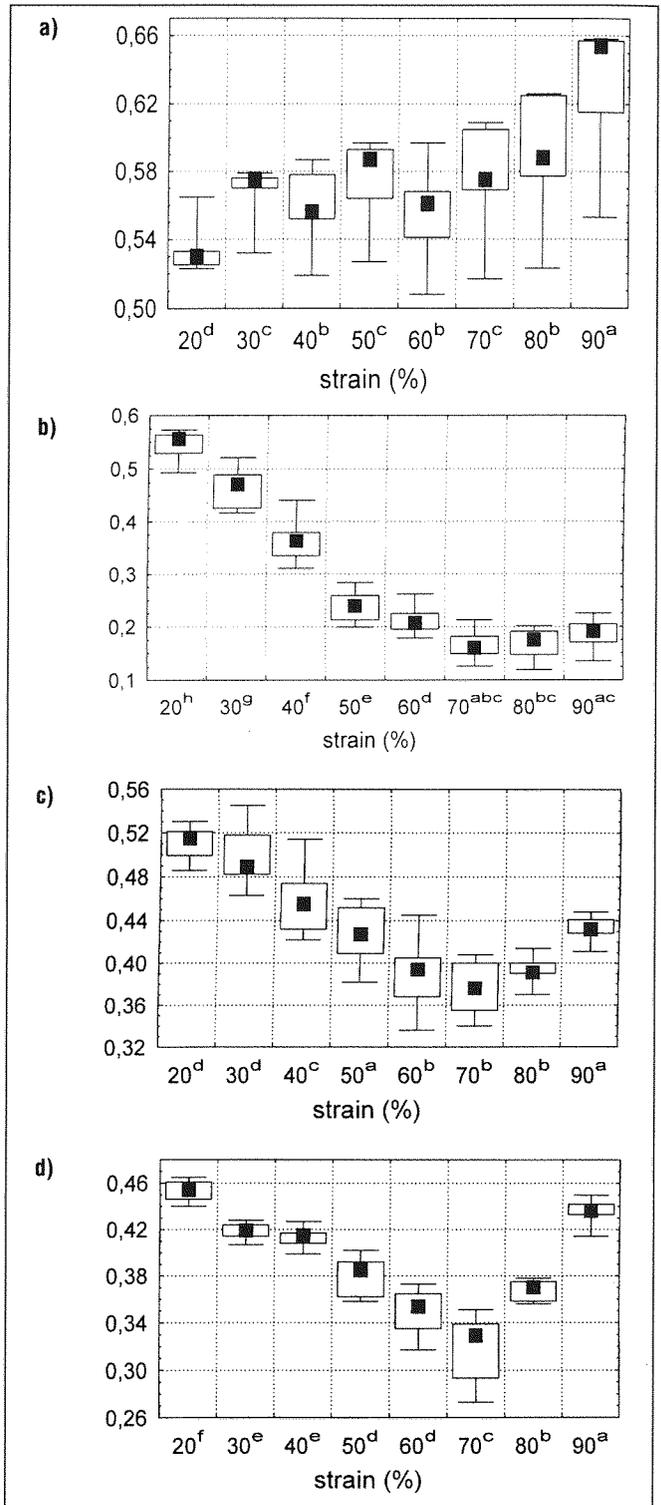


Abb. 6 Abhängigkeit der Kohäsion von der Kompression; a) SCH, b) SAF, c) SOZ, d) SMZ; (Medianwerte mit gleichen exponierten Buchstaben sind nicht signifikant ($p < 0,05$) unterschiedlich)

Im Vergleich zu den vorstehend behandelten Texturparametern ergibt sich ein anderes Muster der Beeinflussung. Die Kohäsion stellt den Quotienten der Flächen 2 und 1 der Kraft-Zeit-Kurven dar (Tab. 1). SCH, die Modellsubstanz, zeigt eine offenbar stufenförmige Zunahme der Kohäsion mit steigender Kompression, wobei der Wertebereich, in dem die Kohäsion variiert, sehr klein ist (Abb. 6a). Dadurch sind die Unterschiede zwischen den Werten auch überwiegend nicht signifikant. Bei biologischem Material scheint dieses jedoch nicht zuzutreffen (Abb. 6b-d). Es wird deutlich, daß mit zunehmender Kompression bis zu einem gewissen Maße (70%) eine Abnahme der Kohäsion zu verzeichnen ist. Weitere Erhöhungen auf 80 und 90% bedingen dagegen leichte (Abb. 6b) bis deutliche Erhöhungen (Abb. 6d) der Kohäsion. Von verschiedenen Autoren wird daher zur Bewertung der Kohäsion die Verwendung geringerer Kompressionen empfohlen^{25,86,87}. Hinsichtlich der Stärke des inneren Zusammenhalts läßt sich folgende Klassierung treffen: SCH>SOZ>SMZ>SAF.

Die Kohäsion von Fleischerzeugnissen nahm in allen Fällen mit steigender Kompression (25–75%) ab⁸⁾.

3.5 Elastizität

Die Elastizität beschreibt hier das Ausmaß des Zurückkehrens der Deformation nach Entlastung durch die Erfassung eines Längenverhältnissen definierter Teilabschnitte beider Kurven (Tab. 1). Die Elastizität kann maximal den Wert 1 annehmen und somit erweist sich das Modellmaterial SCH (Abb. 7a) als sehr elastisch. Offensichtlich wird seine Elastizität durch die Intensität der aufgewendeten Kompression nicht beeinträchtigt d.h., im untersuchten Bereich findet kein irreversibler Strukturzusammenbruch statt. Ähnliches gilt offenbar auch für die Farceerzeugnisse SOZ (Abb. 7c) und eingeschränkt auch SMZ (Abb. 7d). Bei Kompression auf 90% erfolgt offenbar eine weitestgehende Zerstörung der Struktur, wie sich aus der stark verringerten Elastizität ableiten läßt. Die bei SMZ für die Kompressionen von 30 und 40% zu verzeichnenden Abweichungen sind nicht zu erklären. Gegenüber den mehr oder weniger isotrop zu charakterisierenden Strukturen dieser Materialien (SCH, SOZ, SMZ) zeigt die anisotrope Struktur des originären Muskels (SAF) ein verändertes Verhalten der Elastizität in Abhängigkeit von der Kompression (Abb. 7b). Hier findet eine nahezu lineare Verringerung der Elastizität mit zunehmender Kompression statt. Eine Verringerung der Elastizität (ca. 1,5fach) mit zunehmender Kompression ergibt sich auch aus den an Rindermuskeln ermittelten Werten bei Kompressionen auf 25 und 50%⁵⁶⁾. Unabhängig von der Art des untersuchten Fleischerzeugnisses war auch hier mit steigender Kompression (25, 50, 75%) eine Abnahme der Elastizität zu konstatieren⁸⁾. Dabei war bei gleicher Kompression die Elastizität der feinerkleinerten Würstherzeugnisse (Wiener) deutlich (ca. 10fach) größer, als die der grobzerkleinerten (Salami) oder die des aus unzerkleinertem Fleisch hergestellten Corned beef.

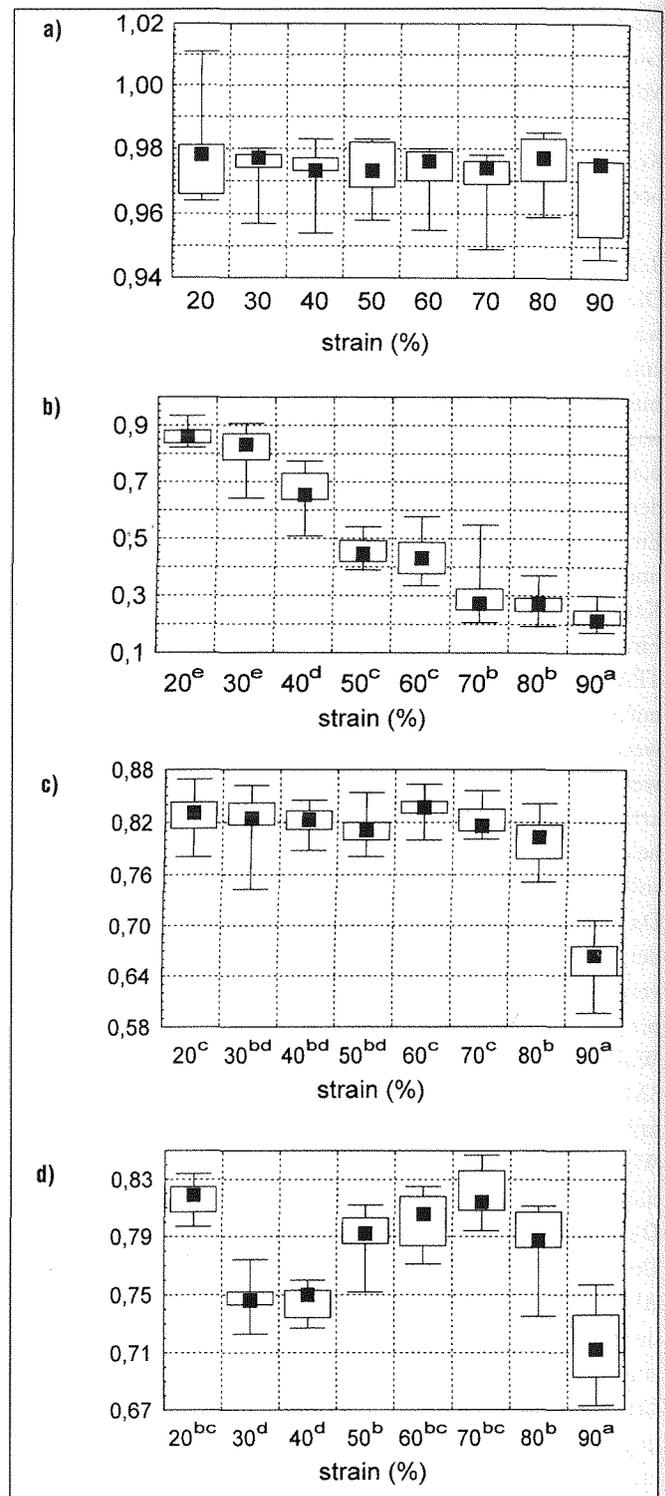


Abb. 7 Abhängigkeit der Elastizität von der Kompression; a) SCH, b) SAF, c) SOZ, d) SMZ; (Medianwerte mit gleichen exponierten Buchstaben sind nicht signifikant ($p < 0,05$) unterschiedlich)

3.6 Spannkraft

Dieses Merkmal stellt gewissermaßen eine „Anfangselastizität“ dar, die aus einem Flächenverhältnis der 1. Kurve errechnet wird (Tab. 1). Die Summe beider Flächen ergibt die Gesamtfläche der 1. Kurve. Der hierdurch wiedergegebene Textureindruck dürfte sensorisch in etwa mit der ersten Wahrnehmung eines elastischen Verhaltens übereinstimmen.

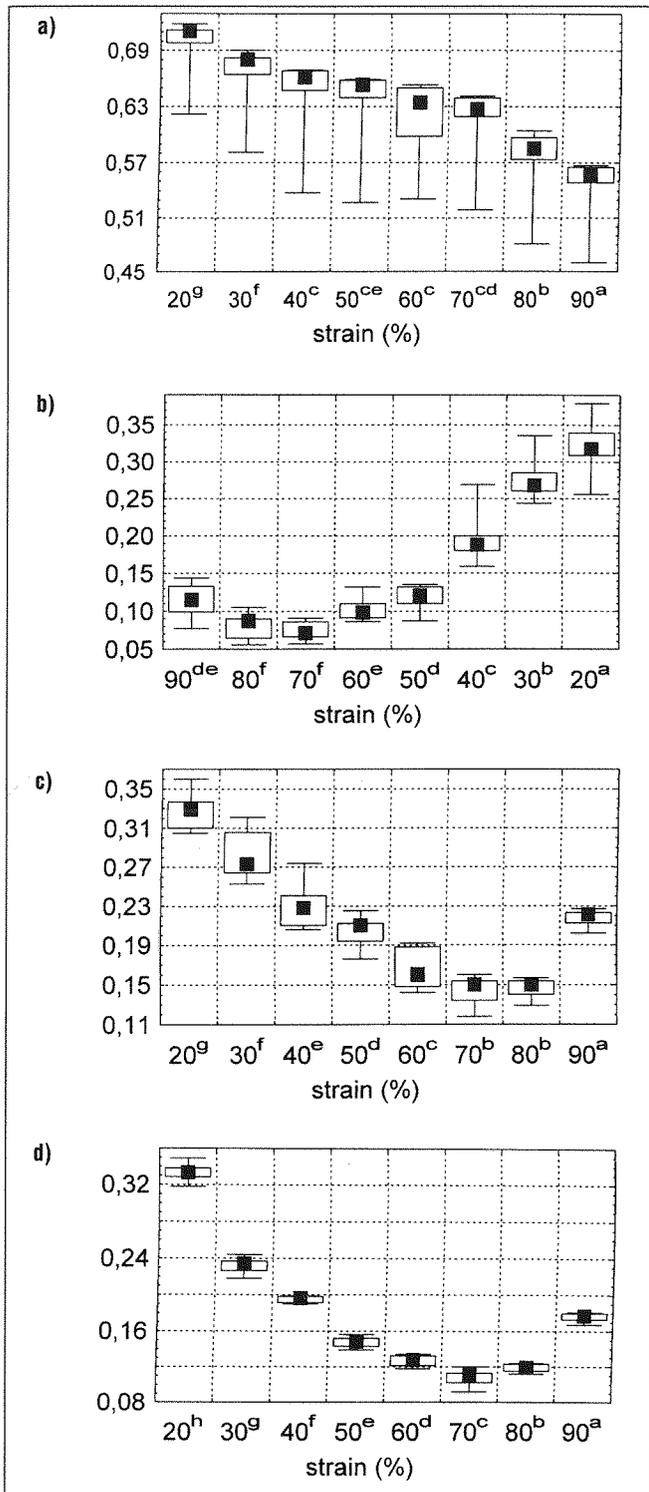


Abb. 8 Abhängigkeit der Spannkraft von der Kompression; a) SCH, b) SAF, c) SOZ, d) SMZ; (Medianwerte mit gleichen exponierten Buchstaben sind nicht signifikant ($p < 0,05$) unterschiedlich)

men, wobei Untersuchungen zur konkreten Korrelation mit einem sensorischen Texturparameter offenbar bisher nicht vorliegen. Die Abhängigkeit der Spannkraft von der Kompression ist offensichtlich (Abb. 8).

SCH weist eine nahezu lineare Abnahme der Spannkraft mit zunehmender Kompression auf (Abb. 8a). Die Fischerzeugnisse SAF, SOZ und SMZ (Abb. 8b-d) zeigen weitgehend

ähnliche Abhängigkeiten. Auffallend ist die zu beobachtende Zunahme der Spannkraft bei Kompression auf 80 bzw. 90 %, nachdem sie bei 70% Kompression ihren Tiefpunkt erreicht hat. Ähnliche Verläufe waren auch bei der Kohäsion (Abb. 6b-d) zu beobachten.

3.7 Adhäsion

Ein weiterer Parameter, der aus dem Kurvenverlauf der doppelten Kompression ermittelt werden kann, ist die Adhäsion. Von den untersuchten Materialien zeigte SCH keinerlei adhäsive Eigenschaften (Abb. 2a), also keinerlei Haftung am Kompressionsstempel. Erwartungsgemäß sollte die Adhäsion mit wachsender Kompression zunehmen. Dieses Verhalten wird auch durch die Abbildung 9 verifiziert. Deutlich wird dabei, daß die Farceproben nur äußerst gering adhäsiv sind und der hohe Wert bei 90% nicht nur einer Zunahme der Adhäsion zuzurechnen sein dürfte, sondern eine gewissenmaßen „mechanische Fusion“ als Ursache haben könnte.

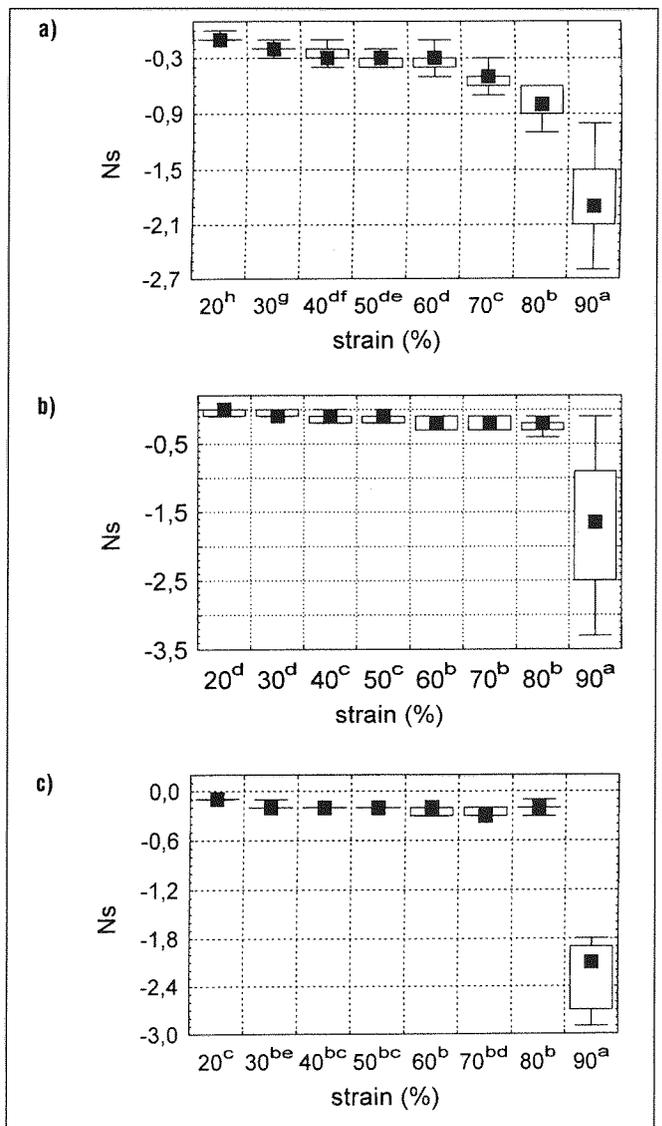


Abb. 9 Abhängigkeit der Adhäsion von der Kompression; a) SAF, b) SOZ, c) SMZ; (Medianwerte mit gleichen exponierten Buchstaben sind nicht signifikant ($p < 0,05$) unterschiedlich)

Dabei erscheint die Adhäsion der mit Zusätzen erhitzten Proben (Abb. 9c) ganz leicht gegenüber der zusatzfreien (Abb. 9b) erhöht zu sein. SAF (Abb. 9a) ist von allen untersuchten Proben am stärksten adhäsiv und läßt eine klare Abhängigkeit von der Kompression erkennen.

3.8 Korrelationsbetrachtungen

Korrelationsbetrachtungen zeigen auf, das ganz offenbar zwischen den Texturparametern Härte und Gummiartigkeit, Härte und Kaubarkeit sowie zwischen Gummiartigkeit und Kaubarkeit enge Zusammenhänge bestehen. Alle Pearsonschen Korrelationskoeffizienten wiesen signifikante Korrelationen ($p < 0,05$) für den gesamten untersuchten Bereich der Kompressionen aus. Diese Aussage trifft allerdings nur für die Fischerzeugnisse und nicht für den Schaumstoff zu. Bei diesem konnten keine signifikanten Korrelationen für den Bereich der Kompression auf 10-60% nachgewiesen werden. Dieses steht offenbar im Zusammenhang mit fehlenden signifikanten Unterschieden im gleichen Bereich bei der Härtebestimmung in Abhängigkeit von der Intensität der Kompression. Für Fischproben besteht dagegen ganz offensichtlich eine Proportionalität der jeweils betrachteten Variablen Härte, Kaubarkeit und Gummiartigkeit.

Literatur

- 1) Bourne, M. C.: Food Technol. **32**, 62-66, 72 (1978).
- 2) Szczesniak, A. S.: J. Food Sci. **28**, 410-420 (1963).
- 3) Hamann, D. D.: Food Technol. **42**, 66-71 (1988).
- 4) Stable Micro Systems: XT.RA Dimensions. Texture Analyser PC package. Operating Manual. Issue 3. Version 3.7, Stable Micro Systems Ltd. (1993).
- 5) Smith, T.: Food Tech Europe **2**, 148-150 (1995).
- 6) Breene, W. M.: J. Texture Stud. **6**, 53-82 (1975).
- 7) Bourne, M. C.: Food texture and viscosity: concept and measurement. Academic Press, Inc. New York 188-192 (1982).
- 8) Mittal, G. S., R. Nadulski, S. Barbut and S. C. Negi: Food Res. Int. **25**, 411-417 (1992).
- 9) Schubring, R.: Paper presented at the 26th WEFTA Meeting, Gdynia, Poland (1996).
- 10) Schubring, R. in: Seafood from producer to consumer, integrated approach to quality. Elsevier, Amsterdam, 331-350 (1997).
- 11) Alamanou, S., J. G. Bloukas, E. D. Paneras and G. Doxastakis: Meat Sci. **42**, 79-93 (1996).
- 12) Anese, M. and R. Gormley: Lebensm.-Wiss. u. - Technol. **29**, 151-157 (1996).
- 13) Barbut, S. and G. S. Mittal: J. Muscle Foods **3**, 175-189 (1992).
- 14) Barbut, S. and G. S. Mittal: Int. J. Food Sci. Technol. **31**, 241-247 (1996).
- 15) Bhattacharya, S., G. S. Choudhury and S. Studebaker: J. Food Qual. **16**, 243-261 (1993).
- 16) Blackmer, D. S., R. W. Mandigo, S. J. Eilert, C. R. Calkins and W. N. Osburn: J. Muscle Foods **8**, 465-479 (1997).
- 17) Bloukas, J. G., E. D. Paneras and S. Papadima: J. Muscle Foods **8**, 63-83 (1997).
- 18) Boakye, K. and G. S. Mittal: Lebensm.-Wiss. u. - Technol. **26**, 145-150 (1993).
- 19) Borderias, A. J., M. Lamua and M. Tejada: J. Food Technol. **18**, 89-95 (1983).
- 20) Borderias, A. J., M. Perez-Mateos, M. Solas and P. Montero: Z. Lebensm. Unters. Forsch. A **205**, 335-342 (1997).
- 21) Boyle, E. A. E., P. B. Addis and R. J. Epley: J. Food Sci. **59**, 928-932 (1994).
- 22) Chang, C. C. and J. M. Regenstein: J. Food Sci. **62**, 299-304 (1997).
- 23) Chapman, K. W., I. Sagi, K. T. Hwang and J. M. Regenstein: J. Food Sci. **58**, 1208-1211 (1993).
- 24) Chen, C. M., D. L. Huffman and W. R. J. Egbert: Muscle Foods **3**, 301-321 (1992).
- 25) Claus, J. R., M. C. Hunt and C. L. Kastner: J. Muscle Foods **1**, 1-21 (1989).
- 26) Cofrades, S., J. Carballo and F. Jimenez-Colmenero: Meat Sci. **47**, 105-114 (1997).
- 27) Colmenero, F. J., G. Barreto, N. Mota and J. Carballo: Lebensm.-Wiss. u. - Technol. **28**, 481-487 (1995).
- 28) DeFreitas, Z., J. G. Sebranek, D. G. Olson and J. M. Carr: J. Food Sci. **62**, 551-554 (1997).
- 29) DeFreitas, Z., J. G. Sebranek, D. G. Olson and J. M. Carr: J. Food Sci. **62**, 539-543 (1997).
- 30) Demos, B. P. and R. W. Mandigo: J. Muscle Foods **7**, 175-186 (1996).
- 31) Duizer, L. M., E. A. Gullet and C. J. Findlay: Meat Sci. **42**, 215-224 (1996).
- 32) Dumoulin, M., S. Ozawa and R. Hayashi: J. Food Sci. **63**, 92-95 (1998).
- 33) Eilert, S. J., R. W. Mandigo and S. S. Sumner: J. Food Sci. **61**, 1006-1011, 1029 (1996).
- 34) El-Magoli, S. B., S. Laroia and P. M. T. Hansen: Meat Sci. **42**, 179-193 (1996).
- 35) Erdmann, R.: Möglichkeiten der qualitativen und quantitativen Bewertung der Konsistenz-, Struktur- und Stabilitätseigenschaften von Brühwurstbrät. Diss. Tierärztliche Hochschule. Hannover (1993).
- 36) Fernandez, F., S. Cofrades, M. T. Solas, J. Carballo and F. J. Colmenero: J. Food Sci. **63**, 267-271 (1998).
- 37) Fontecha, J., M. Kalab, J. A. Medina, C. Pelaez and M. Juarez: Z. Lebensm. Unters. Forsch. **203**, 245-251 (1996).
- 38) Gnanasambandam, R. and J. F. Zayas: J. Food Qual. **17**, 129-142 (1994).
- 39) Gomez-Guillen, M. C. and P. Montero: Food Chem. **56**, 421-427 (1996).
- 40) Gomez-Guillen, C. and P. Montero: Z. Lebensm. Unters. Forsch. A **204**, 379-384 (1997).
- 41) Gomez-Guillen, M. C., A. J. Borderias and P. Montero: J. Agric. Food Chem. **44**: 746-750 (1996).
- 42) Gomez-Guillen, C., R. Mendes and P. Montero: Z. Lebensm. Unters. Forsch. A **204**, 13-20 (1997).
- 43) Gomez-Guillen, M., M. A. Marti de Castro and P. Montero: Z. Lebensm. Unters. Forsch. A **205**, 419-428 (1997).
- 44) Gordon, A. and S. Barbut: Food Structure **11**, 133-146 (1992).

ELISA-Systems Enzymimmunoassays der zukunftsorientierte Weg in der Futtermittelkontrolle.

Aflatoxine zählen zu den stärksten Pilzgiften und Leberkanzerogenen. Daher hat der Gesetzgeber mit der Aflatoxin- bzw. Diätverordnung strenge Grenzwerte vorgegeben, die den Verbraucher schützen. ELISA-Systems weist Aflatoxin M₁ und B₁ einfach, schnell und sicher nach.

Riedel-deHaën®

RdH Laborchemikalien GmbH & Co. KG
Postfach 10 02 62 · D-30918 Seelze
Tel. ++49 (0) 51 37 / 82 38 - 6 24
Fax ++49 (0) 51 37 / 82 38 - 5 02
<http://www.sigma-aldrich.com>

Riedel-de Haën®: trademark under licence from Riedel-de Haën GmbH

FREECALL: 0800/5155 000

The Sigma-Aldrich Family:




SIGMA-ALDRICH

SIGMA-ALDRICH Chemie GmbH
Grünwalder Weg 30
D-82041 Deisenhofen
Tel. ++49 (0) 89/65 13-0
Fax ++49 (0) 89/65 13-1161

- 45) Guzman, J. C., K. W. McMillin, T. D. Bidner, S. Dugas-Sims and J. S. Godber: *J. Food Sci.* **60**, 657–660 (1995).
- 46) A., K. Takahashi, N. Kuroda and G. W. Froning: *J. Food Sci.* **63**, 403–407 (1998).
- 47) Hanna, M. A. and A. Gennadios: *J. Food Process. Preserv.* **20**, 391–402 (1996).
- 48) Hastings, R. J. and J. E. P. Currall: *J. Texture Stud.* **19**, 431–451 (1989).
- 49) Hastings, J. R., J. N. Keay and K. W. Young: *Int. J. Food Sci. Technol.* **25**, 281–294 (1990).
- 50) Honikel, K.-O.: *Food Chem.* **59**, 573–582 (1997).
- 51) Hsieh, Y. L. and J. M. Regenstein: *J. Food Sci.* **54**, 824–826, 832 (1989).
- 52) Hughes, E., A. M. Mullen and D. J. Troy: *Meat Sci.* **48**, 169–180 (1998).
- 53) Ingoldsdottir, S., G. Stefansson and K. Kristbergsson: *J. Aquat. Food Prod. Technol.* **7**, 39–61 (1998).
- 54) Jahncke, M., R. C. Baker and J. M. Regenstein: *J. Food Sci.* **57**, 575–580 (1992).
- 55) Kanawjia, S. K. and S. Singh: *Indian J. Dairy Sci.* **49**, 120–128 (1996).
- 56) Kandem, A. T. K. and J. Hardy: *Meat Sci.* **39**, 225–236 (1995).
- 57) Klettner, P.-G.: *Fleischwirtsch.* **68**, 1052–1054 (1988).
- 58) Klettner, P.-G.: *Mitteilungsbl. Bundesanst. Fleischforsch.* **37**, 239–247 (1998).
- 59) Kolakowski, E., A. Kolakowska, K. Lachowicz, G. Bortnowska and M. Wiancki: *J. Sci. Food Agric.* **66**, 429–437 (1994).
- 60) Konstance, R. P.: *J. Food Sci.* **56**, 1287–1291 (1991).
- 61) Lachowicz, K., L. Gajowiecki, R. Czarnecki, E. Jacyno, W. Aleksandrow, B. Lewandowska and W. Lidwin: *Fleischwirtschaft* **77**, 173–176 (1997).
- 62) Lachowicz, K., L. Gajowiecki, J. Dvorak, R. Czarnecki and B. Oryl: *J. Sci. Food Agric.* **77**, 373–380 (1998).
- 63) Lee, C. M. and K. H. Chung: *J. Texture Stud.* **20**, 363–377 (1989).
- 64) Li, J. and T.-C. Lee: *J. Food Sci.* **63**, 375–381 (1998).
- 65) Luzuriaga, D., M. O. Balaban, R. Hasan and A. A. Teixeira: *J. Aquat. Food Prod. Technol.* **6**, 5–28 (1997).
- 66) Maier, K., T. R. Gormley, P. L. Connolly and M. Auty: *Farm&Food* **7**, 30–34 (1997).
- 67) Matulis, R. J., F. K. McKeith and N. M. Brewer: *J. Food Qual.* **17**, 263–271 (1994).
- 68) Mendes, R., C. Gomez-Guillen and P. Montero: *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* **204**, 113–120 (1997).
- 69) Mittal, G. S. and S. Barbut: *J. Food Process. Preserv.* **18**, 201–216 (1994).
- 70) Montejano, J. G., D. D. Hamann and T. C. Lanier: *J. Rheology* **27**, 557–579 (1983).
- 71) Montejano, J. G., D. D. Hamann and T. C. Lanier: *J. Texture Stud.* **16**, 403–424 (1985).

- 72) *Montero, P. and C. Gomez-Guillen*: Z. Lebensm. Unters. Forsch. **202**, 294–298 (1996).
- 73) *Ngapo, T. M., B. H. P. Wilkinson and R. Chong*: Meat Sci. **42**, 3–13 (1996).
- 74) *Nielsen, G. S., B. R. Petersen and A. J. Möller*: Meat Sci. **41**, 293–299 (1995).
- 75) *Nielsen, R. G. and G. M. Pigott*: J. Aquat. Food Prod. Technol. **5**, 21–45 (1996).
- 76) *O'Neill, E., D. M. Mulvihill and P. A. Morrissey*: Meat Sci. **36**, 407–421 (1994).
- 77) *Osburne, W. N., R. W. Mandigo and K. M. Eskridge*: J. Food Sci. **62**, 1176–1182 (1997).
- 78) *Pacheco-Aguilar, R. and D. L. Crawford*: J. Food Sci. **59**, 786–791 (1994).
- 79) *Paraskevopoulou, A. and V. Kiosseoglou*: J. Food Sci. **62**, 208–211 (1997).
- 80) *Park, S., M. S. Brewer, F. K. McKeith, P. J. Bechtel and J. Novakowski*: J. Food Sci. **61**, 790–795 (1996).
- 81) *Perez-Mateos, M., H. Lourenco, P. Montero and A. J. Borderias*: J. Agric. Food Chem. **45**, 44–49 (1997).
- 82) *Perez-Mateos, M. and P. Montero*: J. Food Sci. **62**, 1183–1188 (1997).
- 83) *Roth, D. M., F. K. McKeith and M. S. Brewer*: J. Food Qual. **20**, 567–574 (1997).
- 84) *Rourke, T. J., A. D. Clarke, M. E. Bailey and H. B. Hedrick*: J. Muscle Foods **8**, 33–46 (1997).
- 85) *Saliba, D. A., E. A. Foegeding and D. D. Hamann*: J. Texture Stud. **18**, 241–259 (1987).
- 86) *Schubring, R.* in: Festschrift zum 75jährigen Jubiläum des Instituts für Biochemie und Technologie und zum 60jährigen Jubiläum des Instituts für Fischereitechnik. Hamburg, 56–72 (1997).
- 87) *Schubring, R.*: Paper presented at the 27th Annual WEFTA Meeting, Madrid, Spain (1997).
- 88) *Schubring, R.*: Inf. Fischwirtsch. **44**, 118–127 (1997).
- 89) *Schubring, R. and J. Oehlenschläger*: Z. Lebensm. Unters. Forsch. A **205**, 89–92 (1997).
- 90) *Schubring, R. und W. Münkner*: Inf. Fischwirtsch. **45**, 26–35 (1998).
- 91) *Shand, P. J., J. N. Sofos and G. R. Schmidt*: J. Food Sci. **59**, 282–287 (1994).
- 92) *Sych, J., C. Lacroix and L. T. C. F. Adambounou*: Int. J. Food Sci. Technol. **26**, 185–197 (1991).
- 93) *Sych, J., C. Lacroix and M. Carrier*: J. Food Sci. **56**, 285–290, 298 (1991).
- 94) *Sylvia, S. F., J. R. Claus, N. G. Marriott and W. N. Eigel*: J. Food Sci. **59**, 937–941 (1994).
- 95) *Thomas Jr., J. H., J.-F. C. Meullenet and J. A. Carpenter*: J. Food Qual. **17**, 285–298 (1994).
- 96) *Trius, A., J. G. Sebranek, R. E. Rust and J. M. Carr*: J. Food Sci. **59**, 946–951 (1994).
- 97) *Trius, A., J. G. Sebranek, R. E. Rust and J. M. Carr*: J. Food Sci. **59**, 941–945 (1994).
- 98) *Trius, A., J. G. Sebranek, R. E. Rust and J. M. Carr*: J. Muscle Foods **6**, 227–242 (1995).
- 99) *Voller-Reasonover, L., I. Y. Han, J. C. Acton, T. C. Titus, W. C. Bridges and P. L. Dawson*: Poultry Sci. **76**, 774–779 (1997).
- 100) *Wimmer, M. P., J. G. Sebranek and F. K. McKeith*: J. Food Sci. **58**, 254–258 (1993).
- 101) *Yang, T. S. and G. W. Froning*: J. Food Sci. **57**, 325–329 (1992).
- 102) *Yu, S.Y., T. I. Ngu and A. Abu-Bakar*: ASEAN Food J. **9**, 107–110 (1994).
- 103) *Sanchez, M. T.*: Alimentaria No. **272**, 29–34 (1996).
- 104) *Shama, F. and P. Sherman*: J. Texture Stud. **3**, 344–353 (1973).
- 105) *Kapsalis, J. G., B. Drake and B. Johansson*: J. Texture Stud. **1**, 285–308 (1970).
- 106) *Cierach, M. and K. Majewska*: Nahrung **41**, 366–369 (1997).