

Jerzy A. BALEJKO¹, Edyta BALEJKO²

PORÓWNANIE WYNIKÓW INSTRUMENTALNEJ I SENSORYCZNEJ ANALIZY TEKSTURY WYBRANYCH GATUNKÓW SERÓW

RELATIONSHIP BETWEEN INSTRUMENTAL AND SENSORY MEASUREMENTS OF VARIOUS TYPES OF CHEESE TEXTURE

¹ Zakład Inżynierii Procesowej i Maszynoznawstwa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Papieża Pawła VI nr 3, 71-459 Szczecin, e-mail: jerzy.balejko@zut.edu.pl

² Zakład Podstaw Żywienia Człowieka, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie ul. Papieża Pawła VI nr 3, 71-459 Szczecin, e-mail: edyta.balejko@zut.edu.pl

Abstract. For comparison of results of sensory and instrumental analysis, six kinds of fatty cheeses, of different hardness were subjected. Instrumental tests were carried out by the device in which viscoelastic materials were subjected to dynamic sinusoidal deformations (imitating the chewing process), letting for receiving stress as the relation of the time or the deformation. Statistical analysis of outcomes of the sensory assessment and results of the instrumental assessment showed a strong correlation between these results in case of measurements of the hardness ($r = 0.84$), springiness ($r = 0.75$), guminess ($r = 0.80$) and chewiness ($r = 0.84$). The comparison between results of the sensory evaluation and instrumental assessment with use of the analysis of main components showed the strong positive correlation between hardness, springness and gumminess, and chewability, weaker positive correlation related to results of adhesiveness and cohesiveness.

Słowa kluczowe: metoda instrumentalna, ocena sensoryczna, reologia, tekstura.

Key words: instrumental method, rheology, sensory assessment, texture.

WSTĘP

W celu uzyskania pełnych informacji o sensorycznej jakości artykułów żywnościowych dąży się do opracowania nowych metod oceny sensorycznej lub do modernizacji istniejących. Tekstura, jako jeden z wielu wzajemnie powiązanych ze sobą czynników, ma duży wpływ na decyzję konsumenta o wyborze artykułu żywnościowego.

Dotychczas nie znaleziono odpowiedniej metody obiektywnej, która we właściwy sposób opisywałaby ogólną teksturę pożywienia. Jednakże uważa się, że takie cechy tekstury, jak: lepkość, twardość i kruchość, są ekwiwalentami sił kinetostatycznych odbieranych przez zęby i język podczas przeżuwania i że są one związane z szybkością i wielkością deformacji żywności. Na potrzeby tych pomiarów obiektywnych stosuje się różne pomiary reologiczne i mechaniczne.

Z pomiarami tekstury wiążą się następujące trudne problemy:

– żywność jest bardzo różnorodna pod względem składu chemicznego i złożoności teksturalnej ogólnie pojętej;

- przyrządy reologiczne są kalibrowane w jednostkach, które są oparte na fundamentalnych, dokładnie zdefiniowanych jednostkach fizycznych, jednakże ostateczna kalibracja przyrządów służących do pomiarów tekstury pożywienia, powinna być wykonana w odniesieniu do ust człowieka;
- istnieje wiele sposobów przeżuwania żywności przez człowieka.

Test ściskania żywności jest jednym z podstawowych w wielu technikach oceny tekstury. Zależności naprężenie–odkształcenie w tych testach dostarczają parametrów, które mogą być skorelowane z parametrami sensorycznymi. Większość podstawowych metod oceny tekstury żywności stałej to testy deformacji różniące się geometrią narzędzi i odkształcanej próbki. Niezależnie od stosowanego oprzyrządowania, testy – ze względu na budowę urządzeń – przeprowadzane są przy stałej prędkości odkształcenia (Voisey 1975).

Instrumenty do pomiaru właściwości reologicznych artykułów żywnościowych wykonują testy w warunkach zdecydowanie różniących się od tych, jakie panują podczas żucia. Wpływa to częściowo na niską korelację pomiędzy wynikami oceny sensorycznej a wynikami oceny instrumentalnej. Szybkość deformacji podczas procesu żucia jest zdecydowanie wyższa niż ta dotychczas stosowana podczas testów instrumentalnych (Voisey 1975, Bourne 1977, Lucas i Luke 1984, Otten 1991, Heath 1991). Co więcej, w większości powyżej cytowanych badań odkształcenie uzależnione było od wielkości początkowej próbki (Brinton i Bourne 1972, Culioli i Sherman 1976, Peleg 1977, 1978), a porównywalny pomiar właściwości mechanicznych wymaga standaryzacji geometrii próbek, co nie jest łatwe do osiągnięcia.

Badania parametrów tekstury TPA prowadzono już na aparatach takich firm jak: Instron (Chen i in. 1979, Jack i in. 1993, Hort i Le Grys 2000, Lebecque i in. 2001, Hennelly i in. 2006, Viñas i in. 2007), Stable Microsystems TA-XT2 (Bonczar i in. 2001, Moiny i in. 2002, Adhikari i in. 2003, Pollard i in. 2003), TA-XT2 (Lobato-Calleros i in. 1997) czy też Sintech 2/D MTS Systems Corporation (Chevanan i in. 2006). Niezależnie od zastosowanego urządzenia, testy przeprowadzono ze stałą prędkością liniową narzędzia penetrującego (ściskającego) (1–5 mm/s) w zakresie dużych deformacji rzędu 60–80%. Dynamiczna metoda oscylacyjna (w zakresie małych deformacji) stosowana była do badań właściwości reologicznych serów przez Subramaniana i Gunasekarana (1997 i 1997a), Dewettincka i in. (1999), Browna i in. (2003), Raphaelidesa i in. (2006) i Everarda i in. (2007).

Spośród najnowszych metod, ukierunkowanych na testowanie materiałów w warunkach dynamicznych, duże nadzieje rokuje metoda polegająca na wymuszaniu na badanym materiale cyklicznych obciążeń sinusoidalnych ze zmiennymi prędkościami, jak w procesie żucia (Balejko 2003, 2006, 2006a, 2006b, 2007a).

W dynamicznych testach bezpośredniego pomiaru naprężenia i odkształcenia, prowadzonych w zastosowanym urządzeniu (www.zut.edu.pl), materiały lepkosprężyste podlegają sinusoidalnie zmiennym odkształceniom, co pozwala na otrzymanie zależności naprężenia (siły) w funkcji czasu lub odkształcenia.

Celem prowadzonych badań jest ocena przydatności zastosowanej instrumentalnej metody dynamicznej do oceny parametrów tekstury wybranych gatunków serów i porównanie uzyskanych wyników z wynikami oceny sensorycznej.

MATERIAŁ I METODY

Sześć gatunków dojrzałego sera żółtego (dojrzewającego) o różnej twardości zakupiono w jednym ze szczecińskich supermarketów i poddano ocenie instrumentalnej i sensorycznej.

Stopień dojrzałości serów oceniono metodą pomiarów naprężeń (Balejko 2007).

Wszystkie próbki sera wolne były od defektów oczkowatości i przechowywane były w trakcie prowadzonych badań w temperaturze 4–6°C. Z tego samego kawałka sera pobierano dwie próbki. Jedną poddawano testom instrumentalnym, druga w tym samym czasie poddawana była ocenie sensorycznej. Próbki były identycznie przygotowane do obu testów.

TESTY INSTRUMENTALNE

Wycięte korkoborem próbki sera w kształcie walców, o średnicy 0,015 m i wysokości 0,015 m, poddano podwójnemu ściskaniu między dwiema równoległymi płytkami, przy 75-procentowej jednoosiowej sinusoidalnej deformacji (Balejko 2003), w czasie trwania jednego cyklu pomiarowego $t = 1$ s.

Testy instrumentalne próbek serów w celu określenia parametrów profilu tekstury, według metod przedstawionych w literaturze jako standardowe (Peleg 1976, Bourne 1978, Piggott 1988, Piątek i Dąbrowski 1980, Marsili 1993, Steffe 1996, Pons i Fiszman 1996, www.texturetechnologies.com 2008) przeprowadzono na urządzeniu zaprojektowanym i zbudowanym w Zakładzie Inżynierii Procesowej i Maszynoznawstwa ZUT w Szczecinie, której opis i dokładne parametry techniczno-eksploatacyjne zamieszczone są na stronie internetowej www.tz.ar.szczecin.pl.

Czułość układu pomiarowego urządzenia pozwala na badanie rozległej gamy artykułów żywnościowych – od żeli, przez produkty zbożowe, produkty mleczne, ryby, mięso, wędliny, warzywa, aż po całe owoce i nasiona.

Precyzja zastosowanej metody pomiaru 2σ , definiowana jako miara powtarzalności lub odtwarzalności (Dobrzycki 1956, Bożyk i Rudzki 1967), czyli miara rozrzutu wyników otrzymanych określoną metodą, pozwala stwierdzić, że wykonując tylko jeden pomiar wielkości siły reakcji badanej próby, popełniony zostanie błąd $\varepsilon = \pm 0,2$ [N].

Powtarzalność metody mierzona jest odchyleniem średnim, oszacowanym na podstawie wyników otrzymanych na tym samym materiale badawczym, w tych samych warunkach i przy zachowaniu tych samych parametrów eksperymentu.

OCENA SENSORYCZNA

Cechy badanych próbek określono metodą profilowania sensorycznego (PN-ISO- 11036:1999). 8-osobowy zespół oceniający spełniał wymagania normy PN-ISO 3972:1998 i PN-ISO-5496:1997. Jako narzędzie w ocenach profilowania parametrów tekstury wykorzystano niestrukturowaną skalę graficzną (1–6) jednostek umownych (j.u.).

Maksymalną liczbę punktów – 6 – przydzielano próbce wykazującej największą wartość badanej cechy, najmniejszą liczbę punktów, czyli 1 – próbce o najniższym natężeniu badanej cechy (Mailgaard i in. 1999).

Oceniający otrzymali zadanie uszeregowania podanych w losowym porządku próbek, uwzględniając z góry ustalone cechy (Piggott 1988):

– **twardość** – mierzona jako pierwsze ściśnięcie próbki umieszczonej pomiędzy zębami trzonowymi (molarskimi) podczas żucia. Instrumentalnie twardość mierzona jest jako maksymalna siła uzyskana w trakcie pierwszego zadanego odkształcenia próbki;

– **sprężystość** – stopień, w jakim próbka powraca do pierwotnego kształtu (w zakresie odkształceń sprężystych) pomiędzy językiem a podniebieniem lub zębami trzonowymi;

– **adhezyjność** (zdolność do przylegania) – praca potrzebna do oderwania próbki od powierzchni podniebienia. Instrumentalnie adhezyjność mierzona jako pole powierzchni S_3 pod krzywą poniżej osi czasu ilustrującą ujemne siły przylegania materiału do powierzchni penetratora;

– **spoistość** – stopień, do jakiego deformuje się próbka zanim nastąpi pęknięcie wewnątrz jej struktury po uderzeniach zębami trzonowymi;

– **gumowatość** – energia potrzebna do rozdrobnienia żywności do stanu gotowości do przełknięcia;

– **zżuwalność** – liczba ruchów żuchwy z częstotliwością $1 \cdot s^{-1}$ potrzebna do doprowadzenia próbki do konsystencji umożliwiającej połknięcie.

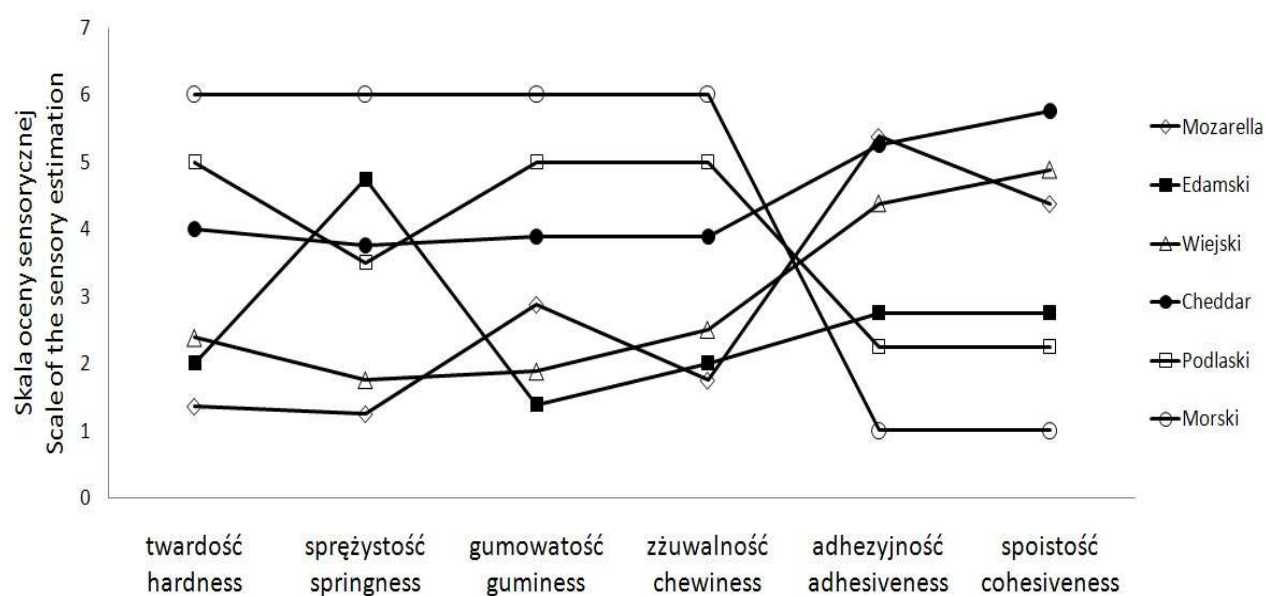
Do analitycznej charakterystyki wybranych próbek użyto metody ilościowej analizy opisowej QDA (Quantitative Descriptive Analysis – QDA) wg Stonea i Sidela (1985), stosując procedurę analityczną opisaną w normie ISO 13299:2003 (E).

WYNIKI

Wyniki oceny sensorycznej parametrów tekstury sześciu gatunków serów, przeprowadzonej wg metody skalowania, przedstawiono w tab. 1 i zinterpretowano graficznie na rys. 1.

Tabela 1. Wyniki oceny sensorycznej parametrów tekstury sześciu gatunków serów, przeprowadzonej wg metody profilowania
Table 1. Results of the sensory estimation of texture parameters of six species of cheeses taken according to the profiling method

Parametr – Parameter	Gatunek badanego sera – Species of cheese											
	Mozarella		Edamski		Cheddar		Podlaski		Wiejski		Morski	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
Twardość – Hardness	1,63	0,74	2,00	0,76	4,00	0,00	5,00	0,00	2,38	0,92	6,00	0,00
Sprężystość – Springiness	1,25	0,46	4,75	0,46	3,75	0,71	3,50	0,76	1,75	0,46	6,00	0,00
Spoistość – Cohesiveness	4,38	0,74	2,75	0,46	5,75	0,46	2,25	0,46	4,88	0,64	1,00	0,00
Adhezyjność – Adhesiveness	5,38	0,74	2,75	0,46	5,25	0,71	2,25	0,46	4,38	0,74	1,00	0,00
Gumowatość – Guminess	2,88	0,83	1,38	0,74	3,88	0,35	5,00	0,00	1,88	0,35	6,00	0,00
Zżuwalność – Chewiness	1,63	1,19	2,00	0,53	3,88	0,35	5,00	0,00	2,50	0,76	6,00	0,00

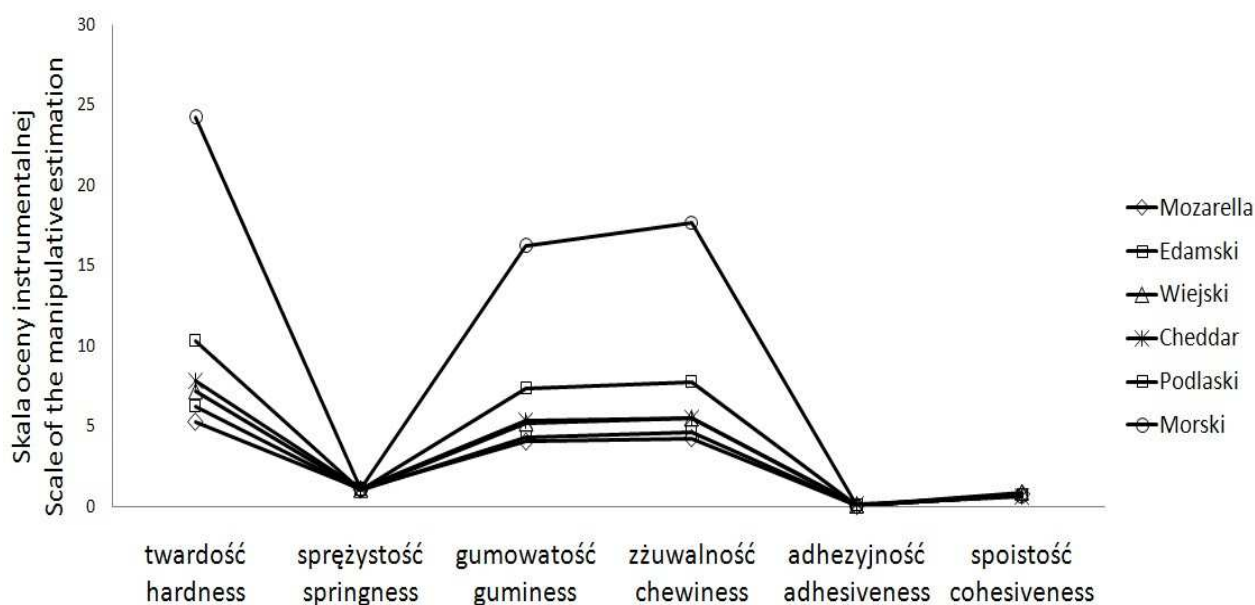


Rys. 1. Ocena intensywności wyróżników sensorycznych badanych gatunków serów (metoda QDA)
Fig. 1. Estimation of intensity of sensory attributes of tested species of cheese (QDA method)

Wyniki analizy instrumentalnej parametrów tekstury sześciu gatunków serów, przeprowadzonej w celu sprawdzenia przydatności metody instrumentalnej do wyznaczania parametrów profilu tekstury artykułów żywnościowych (TPA), przedstawiono w tab. 2 i zinterpretowano graficznie na rys. 2.

Tabela 2. Wyniki analizy instrumentalnej parametrów tekstury badanych gatunków serów
Table 2. Results of the device estimation of tested species of cheese

Parametr – Parameter		Gatunek sera – Species of cheese											
		Mozarella		Edamski		Cheddar		Podlaski		Wiejski		Morski	
		\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
Twardość Hardness	[N]	5,25	0,005	6,22	0,007	7,83	0,008	10,31	0,014	7,16	0,008	24,27	0,024
Sprężystość Springness	[m · 10 ²]	10,53	0,013	10,62	0,013	10,80	0,013	10,56	0,015	10,59	0,013	10,88	0,010
Spoistość Cohesiveness	[10]	7,59	0,009	6,96	0,008	6,50	0,009	7,13	0,009	8,91	0,011	6,69	0,008
Adhezyjność Adhesiveness	[J · 10 ²]	3,00	0,004	9,00	0,012	16,00	0,019	8,00	0,008	7,00	0,008	2,00	0,002
Gumowatość Guminess	[N]	4,02	0,006	4,32	0,005	5,37	0,007	7,36	0,009	5,17	0,006	16,26	0,020
Zżuwalność Chewiness	[J]	4,22	0,005	4,59	0,006	5,52	0,005	7,77	0,007	5,47	0,007	17,66	0,021



Rys. 2. Wyniki oceny instrumentalnej badanych gatunków serów
 Fig. 2. Results of the device estimation of tested species of cheese

Korelacje wyników badań instrumentalnych z wynikami oceny sensorycznej przedstawiono na rys. 3.

Normalność rozkładów badanych zmiennych analizowano za pomocą testów normalności: Shapiro-Wilka i Kołmogorowa-Smirnowa. Do zanalizowania problemu badawczego użyto też wieloczynnikowej analizy składowych głównych, która znajduje kombinacje liniowe oryginalnych zmiennych zachowujących maksimum oryginalnej wariancji danych.

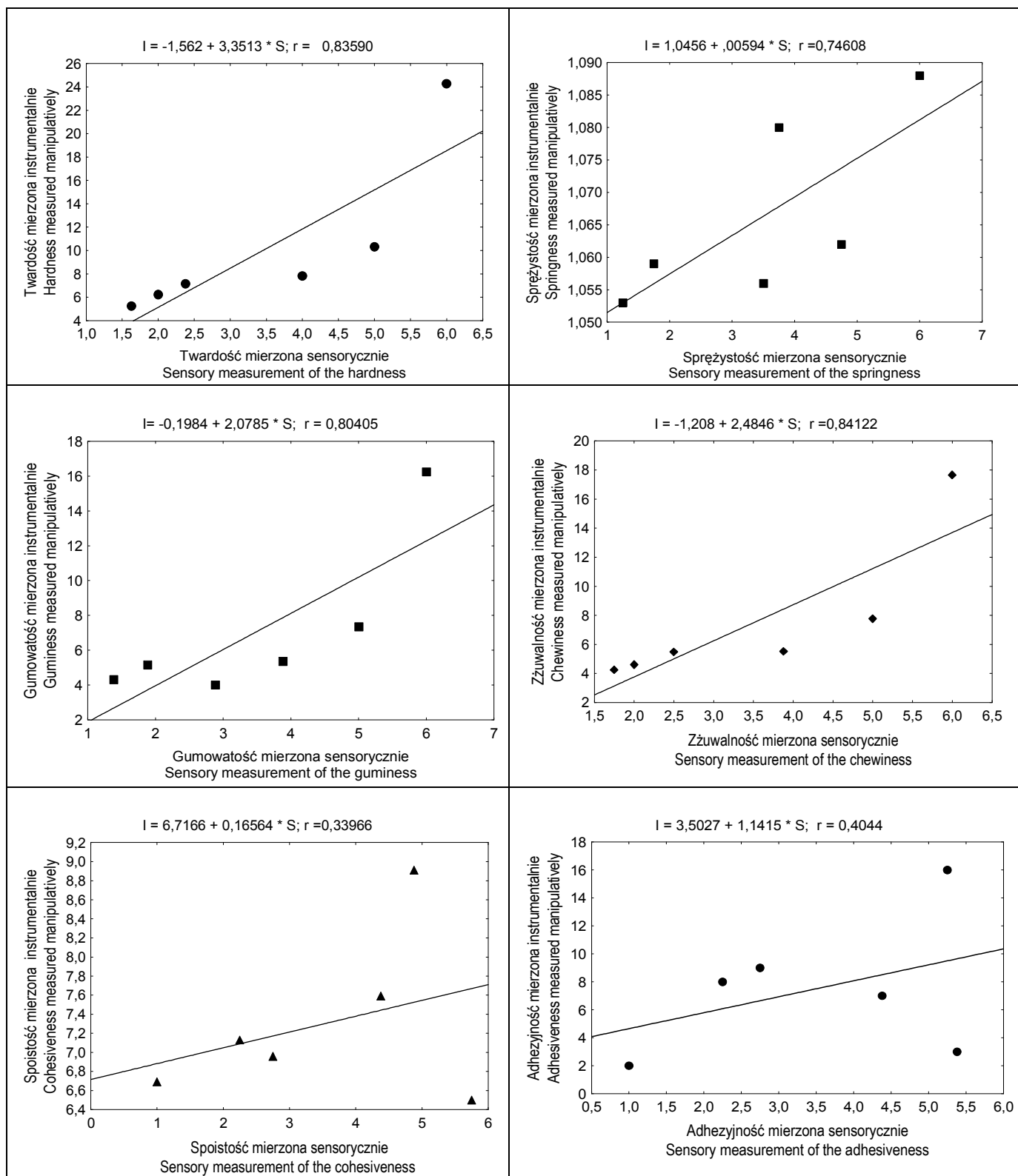
Na podstawie wykresu rozrzutu stworzonego modelu można stwierdzić, iż dopasowana linia regresji prawie pokrywa się z danymi, co świadczy o związku liniowym pomiędzy badanymi zmiennymi.

W celu oceny normalności składnika losowego modelu dokonano analizy reszt.

Oceniając na wykresie normalności reszt położenie punktów w stosunku do dopasowanej linii prostej można stwierdzić (rys. 4 i 5), że rozkład reszt nie odbiega od rozkładu normalnego, co potwierdza dobre dopasowanie oszacowanego modelu liniowego do danych empirycznych.

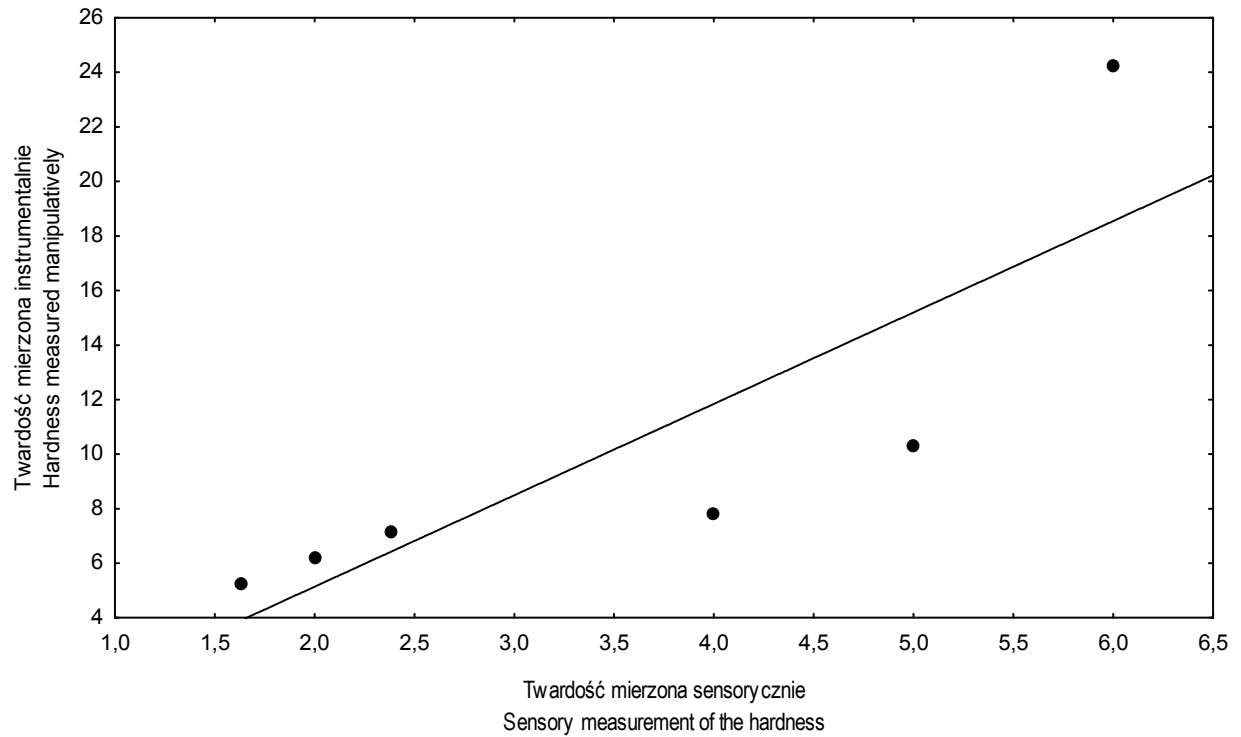
Analiza statystyczna wyników oceny sensorycznej i wyników oceny instrumentalnej wykazała silną korelację pomiędzy tymi wynikami w przypadku pomiarów twardości ($r = 0,836$), sprężystości ($r = 0,746$), gumowatości ($r = 0,804$) i zżuwalności ($r = 0,841$) oraz słabszą korelację wyników spoistości ($r = 0,340$) i adhezyjności ($r = 0,404$).

Porównanie wyników oceny sensorycznej z wynikami oceny instrumentalnej, przeprowadzonej za pomocą metody analizy składowych głównych, wykazało silną korelację dodatnią pomiędzy twardością, sprężystością i gumowatością, a także nieco słabsze dodatnie skorelowanie wyników oceny zżuwalności.



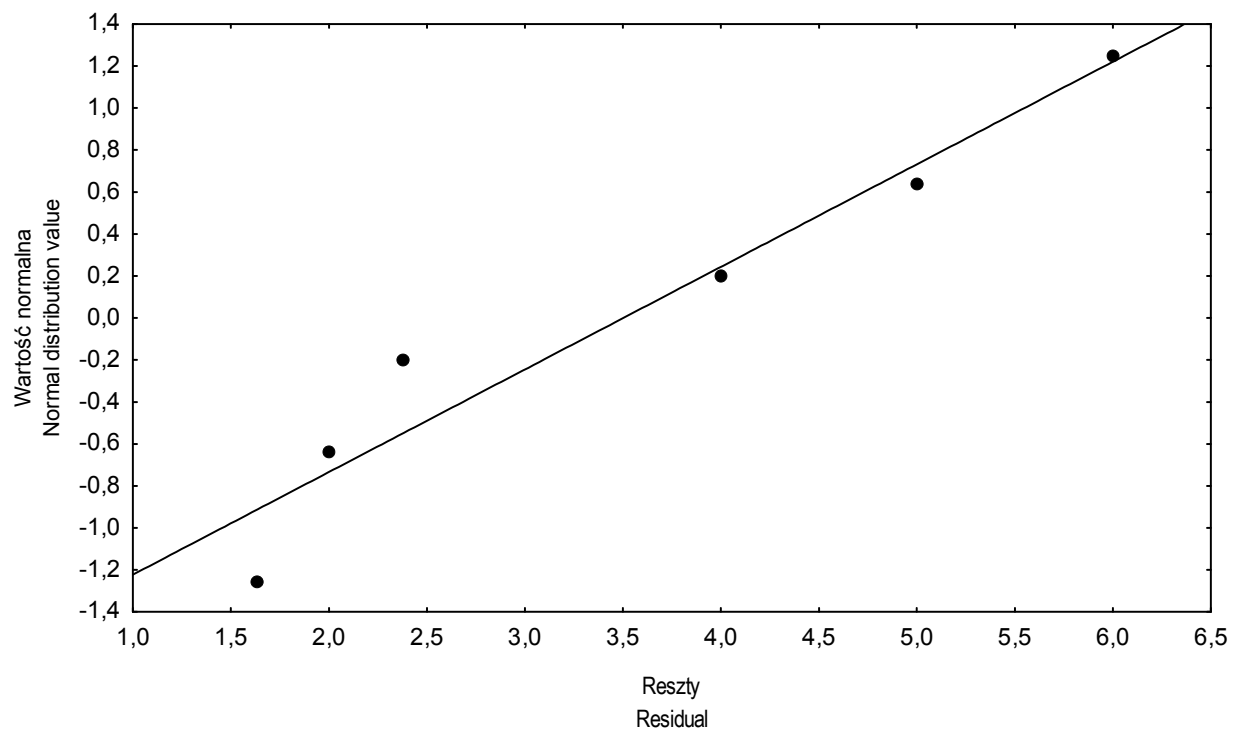
Rys. 3. Korelacja pomiędzy odczytem instrumentalnym a wartościami średnich z oceny sensorycznej mierzonych parametrów tekstury
 I – parametr pomiaru instrumentalnego,
 S – parametr pomiaru sensorycznego.

Fig. 3. Correlation between the values of averages from the sensory estimation of measured parameters of the texture
 I – parameter of instrumental measurement,
 S – parameter of sensory analysis.



Rys. 4. Korelacja pomiędzy odczytem instrumentalnym a wartościami średnich z oceny sensorycznej twardości

Fig. 4. Correlation between the manipulative data and average values from the sensory estimation of hardness

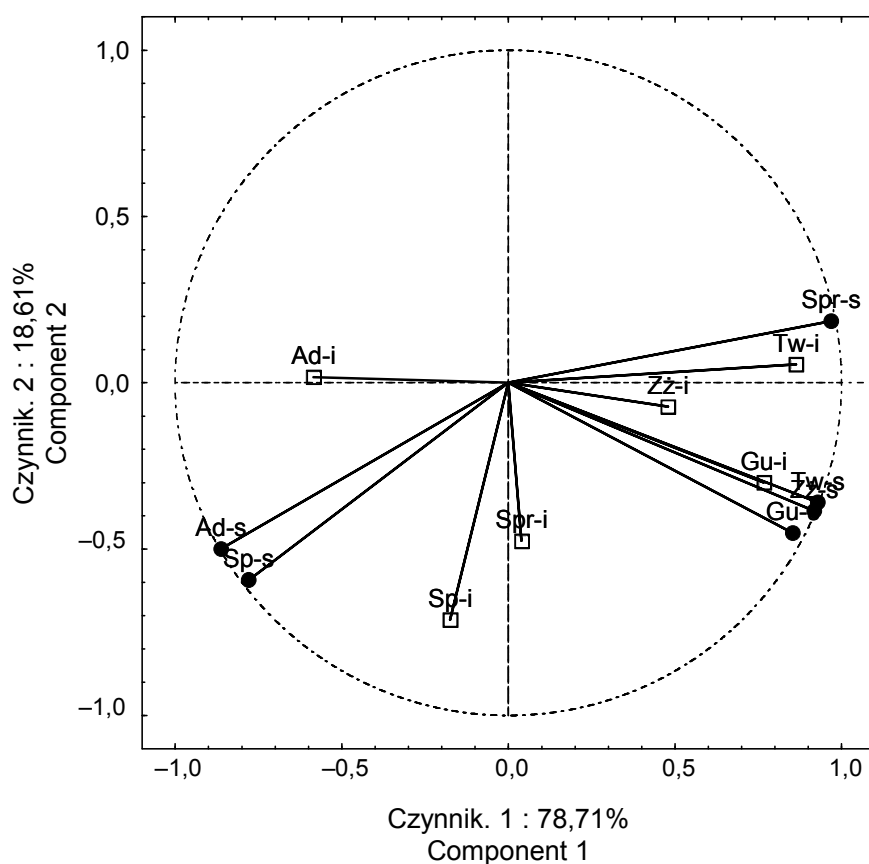


Rys. 5. Wykres normalności reszt dla oszacowanego modelu liniowego

Fig. 5. The normal probability plot of the standardised residuals

Słaba korelacja dodatnia wyników oceny sensorycznej z wynikami oceny instrumentalnej spoistości i adhezyności prawdopodobnie wynika z indywidualnych cech członków zespołu testującego, takich jak:

- różnorodność warunków panujących w ustach osób testujących (skład chemiczny i ilość śliny),
- różne pojęcie natężenia siły potrzebnej do oderwania testowanej próbki od podniebienia lub zębów trzonowych,
- różny stopień rozdrobnienia próbki wynikający z różnej liczby uderzeń zębami trzonowymi potrzebnych do prawidłowego (wg testującego) rozdrobnienia próbki,
- ocena stopnia deformacji próbki przed pęknięciem wewnątrz jej struktury po uderzeniach zębami trzonowymi.



Rys. 6. Wykres analizy składowych głównych wykreślony dla właściwości tekstury określonych sensorycznie i instrumentalnie

Indeks „i” – oznacza pomiar instrumentalny, „s” – parametr oceny sensorycznej.

Tw – twardość, Spr – sprężystość, Ad – adhezyności, Sp – spoistość, Gu – gumowatość, Zz – żuwalność.

Fig. 6. Plot of the principal components analysis plotted for the properties of the texture described by sensory estimation and manipulatively

„i” – index of the manipulative estimation, „s” – index of the sensory estimation.

Tw – hardness, Spr – springiness, Ad – adhesiveness, Sp – cohesiveness, Gu – guminess, Zz – chewiness.

WNIOSKI

1. Analiza statystyczna, potwierdzona analizą składowych głównych, wykazała silną korelację pomiędzy wynikami oceny sensorycznej i wynikami oceny instrumentalnej w przypadku pomiarów twardości, sprężystości, gumowatości i zżuwalności.

2. Porównanie wyników oceny sensorycznej z wynikami oceny instrumentalnej, przeprowadzonej za pomocą metody analizy składowych głównych, wykazało przydatność urządzenia do oceny parametrów tekstury wybranych gatunków serów.

PIŚMIENNICTWO

- Adhikari K., Heymann H., Huff H.E.** 2003. Textural characteristics of lowfat, fullfat and smoked cheeses: Sensory and instrumental approaches. *Food Quality and Preference* 14, 211–218.
- Balejko J.** 2003. Opracowanie dynamicznej metody wyznaczania reologicznych właściwości artykułów żywnościowych. Wydaw. AR w Szczecinie, 99–134.
- Balejko J.** 2006. Sposób wyznaczania parametrów reologicznych materiałów lepkosprężystych lepkosprężystych urządzenie do jego realizacji. Zgłoszenie nr P 380030, [WIPO ST 10/C PL380 030].
- Balejko J.** 2006a. Badanie metodą dynamiczną zmian właściwości lepko-sprężystych mięsa wywołanych ogrzewaniem. *Żywn. Technol. Jakość* 4 (49), 145–15.
- Balejko J.** 2006b. Nowa generacja urządzeń do oceny właściwości reologicznych materiałów lepkosprężystych. *Lab. Apar. Bad.* 6, 28–29.
- Balejko J.** 2007. Stress analysis as a determinant of Salami rennet cheese ripening. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 57 (3), 275–280.
- Balejko J.** 2007a. Reologia żywności. Wydaw. AR w Szczecinie, 95–104.
- Bonczar G., Walczyka M., Kamrat M., Janiec J., Szpak B.** 2001. The influence of some factors on texture of fresh cheese. *Electron. J. Pol. Agric. Univ.*, 4.
- Bourne M.C.** 1977. Compression rate in mouth. *J. Texture Stud.* 8, 373–376.
- Bourne M.C.** 1978. Texture profile analysis. *Food Technol.* 7, 62–66.
- Bożyk Z., Rudzki W.** 1967. Zarys metod statystycznych stosowanych przy badaniu jakości produktów żywnościowych. Wydaw. Przem. Lekkiego i Spoż. Warszawa.
- Brinton R.H., Bourne M.C.** 1972. Deformation testing of foods. Part III. Effect of size and shape of deformation. *J. Texture Stud.* 3, 284–297.
- Brown J.A., Foegeding E.A., Daubert C.R., Drake M.A., and Gumpertz M.** 2003. Relationships among rheological and sensorial properties of young cheeses. *J. Dairy Sci.* 86, 3054–3067.
- Chen A.H., Larkin J.W., Clark C.J., Irwin W.E.** 1979. Textural analysis of cheese. *J. Dairy Sci.* 62, 901–907.
- Chevanan N., Muthukumarappan K., Upreti P. and Metzger L.E.** 2006. Effect of calcium and phosphorus, residual lactose and salt-to-moisture ratio on textural properties of cheddar cheese during ripening. *J. Texture Stud.* 37, 711–730.
- Culioli J., Sherman P.** 1976. Evaluation of Gouda Cheese firmness by compression tests. *J. Texture Stud.* 7, 353–372.
- Dewettinck K., Deroo L., Messens W., Huyghebaert A.** 1999. Dynamic rheological properties of Gouda cheese as influenced by age and position. *Milchwissenschaft* 54, 258–262.
- Dobrzycki J.** 1956. Matematyczne podstawy precyzji oznaczeń analitycznych. *Przem. Spoż.* 7, 265–268.

- Everard C.D., O'Donnell C.P., O'Callaghan D.J., Sheehan E.M., Delahunty C.M., O'Kennedy B.T., Howard V.** 2007. Prediction of sensory textural properties from rheological analysis for process cheeses varying in emulsifying salt, protein and moisture contents. *J. Sci. Food. Agric.* 87, 641–650.
- Heath M.R.** 1991. The basic mechanics of mastication: man's adaptive success [w: *Feeding and the texture of food*]. Red. P.J. Vincent Lillford. Cam. Univ. Press, Cambridge, 143–166.
- Hennelly P.J., Dunne P.G., Sullivan M.O., O'Riordan E.D.** 2006. Textural, rheological and microstructural properties of imitation cheese containing inulin. *J. Food Eng.* 75, 388–395.
- Hort J., Le Grys G.** 2000. Rheological models of cheddar cheese texture and their application to maturation. *J. Texture. Stud.* 31, 1–24.
- Jack F., Paterson A., Piggott J.** 1993. Relationships between rheology and composition of Cheddar cheeses and texture as perceived by consumers. *Int. J. Food Sci. Technol.* 28, 293–302.
- Lebecque, A., Laguet, A., Devaux, M.F., Dufour, E.** 2001. Delineation of the texture of Salers cheese by sensory analysis and physical methods. *Lait.* 81, 609–623.
- Lobato-Calleros C., Vernon-Carter E.J., Guerrero-Legarreta I., Soriano-Santos J., Escalona-Beundia H.** 1997. Use of fat blends in cheese analogs: Influence on sensory and instrumental textural characteristics. *J. Texture Stud.* 28, 619–632.
- Lucas P.W., Luke D.A.** 1984. Chewing it over: basic principles of food breakdown [w: *Food acquisition and processing in primates*]. Chivers, Wood and Bilsborough, 283–301.
- Mailgaard M., Civille G.V., Cerr B.T.** 1999. *Sensory evaluation techniques*. 3rd ed. Boca Ranton. Fl. CRC Press Inc.
- Marsili R.** 1993. Texture and mouthfeel making rheology real. *Food Product Design*, 1993, 8, 54–58.
- Moiny V., Meullenet J.F., Xiong R.** 2002. Uniaxial compression of cheddar cheese at various loading rates and its correlation to sensory texture profiles. *J. Texture Stud.* 33, 237–254.
- Otten E.** 1991. The control of movements and forces during chewing [w: *Feeding and the texture of food*]. Red. J.F.V. Vincent, P.J. Lillford. Cam. Univ. Press, Cambridge, 123–141.
- Peleg M.** 1976. Texture profile analysis parameters obtained by an Instron Universal Testing Machine. *J. Food Sci.* 41, 721–722.
- Peleg M.** 1977. The role of specimen dimensions in the uniaxial compression of food materials. *J. Food Sci.* 42, 649–651.
- Peleg M.** 1978. Some mathematical aspects of mastication and its simulation by machines. *J. Food Sci.* 43, 1093–1095.
- Piątek J.W., Dąbrowski K.J.** 1980. Instrumentalna ocena tekstury żywności. *Przem. Spoż.* 34, 419–421.
- Piggott J.R.** 1988. *Sensory analysis of foods*. Elsevier Sci. Publishers Ltd., London.
- PN-ISO-11036:1999.** Analiza sensoryczna. Metodologia. Profilowanie tekstury.
- PN-ISO-5496:1997.** Analiza sensoryczna. Metodologia. Wprowadzenie i szkolnie oceniających w wykrywaniu i rozpoznawaniu zapachów.
- PN-ISO-3972:1998.** Analiza sensoryczna. Metodologia. Metoda sprawdzenia wrażliwości smakowej.
- PN-ISO-13299:2003.** Analiza sensoryczna. Metodologia. Ogólne wytyczne ustalania profilu sensorycznego.
- Pollard A., Sherkat F., Seuret M.G. and Halmos A.I.** 2003. Textural changes of nature cheddar cheese during the maturation process. *J. Food Sci.* 68, 2011–2016.
- Pons M., Fiszman S.M.** 1996. Instrumental texture profile analysis with particular reference to gelled systems. *J. Texture Stud.* 27, 597–624.
- Raphaelides S.N., Antoniou K.D., Vasiliadou S., Georgaki C., Gravanis A.** 2006. Ripening effects on the rheological behaviour of Halloumi cheese. *J. Food Eng.* 76, 321–326.
- Steffe J.F.** 1996. *Rheological methods in food process engineering*. Freeman Press. East Lansing., USA.

Subramanian R., Gunasekaran S. 1997. Small amplitude oscillatory shear studies on mozzarella cheese. Part I. Region of linear viscoelasticity. *J. Texture Stud.* 28, 633–642.

Subramanian R., Gunasekaran S. 1997a. Small amplitude oscillatory shear studies on mozzarella cheese. Part II. Relaxation spectrum. *J. Texture Stud.* 28, 643–656.

Viñas M.A.G., Ballesteros C., Martín-Alvarez P.J., Cabezas L. 2007. Relationship between sensory and instrumental measurements of texture for artisanal and industrial manchego cheeses. *J. Sens. Stud.* 22, 462–476.

Voisey P.W. 1975. Selecting deformation rates in texture tests. *J. Texture Stud.* 6, 253–257.

www.texturetechnologies.com. 2008.

www.tz.ar.szczecin.pl. 2009.