



STRUČNI RAD / PROFESSIONAL PAPER

# Određivanje teksturnih svojstava Gouda sira

## Determination of Textural Properties of Gouda Cheese

Sven Karlović<sup>\*1</sup>, Marina Šimunek<sup>2</sup>, Damir Ježek<sup>1</sup>, Branko Tripalo<sup>1</sup>, Tomislav Bosiljkov<sup>1</sup>, Mladen Brnčić<sup>1</sup>, Marijana Blažić<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Prehrambeno-biotehnoški fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Pierottijeva 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

<sup>2</sup>Vindija d.o.o., Međimurska 6, 42000 Varaždin, Hrvatska

<sup>3</sup>Veleučilište u Karlovcu, Ivana Meštrovića 10, 47000 Karlovac, Hrvatska

### Sažetak

Textura kao manifestacija nekih reoloških svojstava namirnice jedna je od osnovnih organoleptičkih svojstava, te ima vrlo važnu ulogu pri rukovanju, obradi i ponašanju namirnica. Potrošačima je također tekstura jedan od važnijih parametara kojim se rukovode prilikom odabira proizvoda. Na analizatoru teksture TA.HDPlus izvršena je instrumentalna analiza pet sireva Gouda različitih proizvođača koji su prisutni na hrvatskom tržištu. Od teksturalnih parametara ispitivane su tvrdoća, rad potreban za žvakanje, elastičnost i adhezivnost te njihova ovisnost o udjelu suhe tvari. Najtvrdim (11,88 N ± 1,79) su se pokazali uzorci s najvećim udjelom suhe tvari (55 %). Padom udjela suhe tvari smanjuju se vrijednosti tvrdoće, adhezivnosti i rada potrebnog za prvi zagriz. Elastičnost raste s porastom udjela vode te je najveća elastičnost bila 14,02 mm, uz 50 % udjela vode. Rad potreban za prvi zagriz linearno ovisi o sva tri teksturna parametra gdje je 138,24 mJ najveća dobivena vrijednost pri 55 % suhe tvari.

Ključne riječi: gouda, analiza teksture, tvrdoća, adhezivnost, elastičnost

### Summary

Texture as a manifestation of some rheological properties of foodstuffs is one of the primary organoleptic properties. It has important role in handling, processing and behaviour of the foodstuffs. From consumer aspect, texture is also one of the more important parameters which they use for their buying decisions. Instrumental analysis on TA.HDPlus texture analyzer of five Gouda cheeses from various Croatian producers was conducted. From wide range of textural properties, hardness, work for mastication, elasticity and adhesivity were chosen for testing, as well as for comparing with dry matter content. Hardest (11,88 N ± 1,79) samples have largest share of dry matter (55 %). With decrease of dry matter content, values for hardness, adhesivity and work dropped. Elasticity rise with increase of water content, i.e. largest elasticity was 14,02 mm, with 50 % water content. Work linearly depends on all three measured textural properties. 138,24 mJ was largest measured value for sample, which contain 55 % of dry matter.

Keywords: gouda, texture analysis, hardness, adhesivity, elasticity

### Uvod

Textura prehrambenih namirnica najčešće se ispituje senzorskim i organoleptičkim analizama uz pomoć utreniranog panela. Trenutno ne postoji mehanički test koji bi reproducirao kombinaciju osjetilnih podražaja koji stvaraju percepciju teksture kod ljudi. Pri tome instrumentalna analiza teksture ne imitira u potpunosti senzorsku analizu, već samo mjeri sile i deformacije koje odgovaraju prvom zagrizu prilikom konzumacije (Rosenthal, 1999). Rezultat takvog mjerenja predstavlja odnos fizikalnih svojstava proizvoda prema dinamičkoj percepciji teksture (Foegeding i sur., 2003). Takva analiza pridonijela je objektivnom mjerenju nekih parametara koji utječu na kvalitetu i konzistenciju neke namirnice, te samim time i na prihvaćanje od strane potrošača. Svojstvo teksture je odlučujući faktor identiteta i kvalitete sira, a utječe i na njegova mehanička svojstva među kojima su rezanje, rastezanje, miješanje i svojstvo topljenja (Hort i Le Grys, 2000; Watkinson i sur., 2001). Tekstura proizvedenog sira rezultat je kombinacije većeg broja faktora i ovisi o vrsti sira koji će biti obrađen, emulgirajućim solima, vodi, temperaturi, agitaciji, trajanju obrade, dodatku mliječnih ili nemliječnih sastojaka i sl. (Dimitreli & Thomareis, 2007). Uvjeti čuvanja sira također imaju utjecaj na svojstvo teksture, koja je odlučujući fak-

tor izgleda i prihvatljivosti sira (Juan i sur., 2007). Struktura sira je heterogena s nekoliko sastavnih komponenti kao što su čvrsta faza (parakazein), tekuća faza i ostale poput masti čvrste ili tekuće, ovisno o tehnologiji proizvodnje sira i temperaturi (Karoui & Dufour, 2003). Vjerojatno najvažniji učinak na svojstvo teksture sireva ima pH vrijednost zbog utjecaja na kazein. Sljedeći važan faktor je omjer neoštećenog kazeina i vlage. Kompleksna struktura sira uzrokuje razlike u teksturi, čak i unutar iste vrste sira, koje ovise o sastojcima i njihovoj promjeni tijekom zrenja (Juan i sur., 2007). Tvrdoća sira može se izračunati kao visina najvišeg vrha na dijagramu odnosa sile i vremena, tj. kao najveća sila izmjerena prilikom kompresije, rezanja ili probijanja uzorka. Također se preciznije računa na temelju Magness-Taylor krivulje odnosa sile i deformacije koristeći sljedeću formulu (Bourne, 1972)

$$F_s = K_C \cdot A + K_S \cdot P + C \quad (1)$$

pri čemu je:

$F_s$  – maksimalna sila prodiranja sonde [N]

$K_C$  – koeficijent kompresije [N/mm<sup>2</sup>]

$K_S$  – koeficijent posmika [N/mm]

$A$  – površina poprečnog presjeka [mm<sup>2</sup>]

$P$  – opseg [mm]

$C$  – konstanta [N]

Corresponding author: [skarlovi@pbf.hr](mailto:skarlovi@pbf.hr)

**Tablica 1.** Uobičajeni sastav Gouda sira (Tratnik, 1998).

**Table 1.** Typical composition of Gouda cheese (Tratnik 1998).

Voda [%] Water [%]	Masti [%] Fat [%]	Masti u suhoj tvari [%] Fat in dry matter [%]	Proteini [%] Proteins [%]	Sol [%] Salt [%]
37,7 – 45,0	29,2	45,6 – 48,0	25,3	2,0

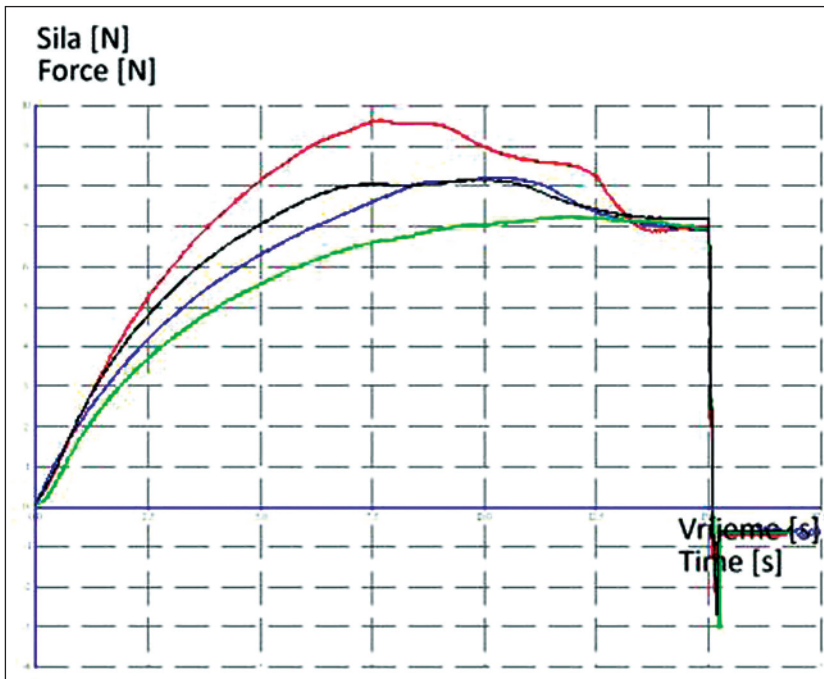
Predviđeno je da ispitivanje teksture simulira prvi zagriz zubima u sir. Takav test zahtijeva sondu koja omogućuje istovremenu kompresiju i posmik uzorka, teorijskog omjera koeficijentata  $K_c/K_s = 2$ . Kod rezanja nožem, Warner-Bratzler ili sličnim sondama koeficijent kompresije je premali, tako da su se najboljim pokazale cilindrične sonde promjera većeg od 5 mm. Dno sonde može u ovisnosti o površini uzorka prehrambenog proizvoda biti ravno ili zaobljeno. Za glatku ravnu površinu presjeka sira koriste se sonde s ravnim dnom.

Adhezivnost uzorka definira se kao površina iznad krivulje odnosa sile i vremena u četvrtom kvadrantu. Predstavlja rad potreban za savladavanje sila adhezije između materijala sonde i uzorka. Prema dosadašnjim istraživanjima, tvrdoća ispitanih Gouda sireva na tržištu izražena preko sile potrebne za prodiranje iznosi između 5 N i 12 N. Vrijednosti za elastičnost izražene preko sile i puta kreću se između 7 i 12 mm (Messens, 2000; Dimitreli i sur., 2007).

**Tablica 2.** Vizualni izgled i sastav ispitivanih sireva.

**Table 2.** Visual appearance and content of the analyzed cheeses.

Sir Cheese	Mliječna mast [%] Milk fat [%]	Suha tvar [%] Dry matter [%]	pH	Vizualni izgled Visual appearance
1	45	55	5,27	zlatno žuta boja nepravilne rupice promjera 0,1 – 0,2 cm golden yellow colour irregular small holes with diameters from 0,1 – 0,2 cm
2	48	50	5,19	blijedo žuta boja bez rupica pale yellow colour without holes
3	45	52	5,21	žuta boja veće rupice, promjera 0,3 – 0,5 cm yellow colour larger holes, sizes from 0,3 – 0,5 cm
4	46	54	5,25	Svijetlo žuta boja mali broj rupica, promjera preko 0,5 mm bright yellow colour small number of holes, diameters over 0,5 cm
5	45	50	5,20	intenzivno žuta boja nepravilne rupice promjera 0,1 – 0,3 cm intensive yellow colour irregular holes with diameter from 0,1 to 0,3 cm



**Slika 1.** Rezultati mjerenja sile u ovisnosti o dubini prodiranja sonde za 4 uzorka istog sira.

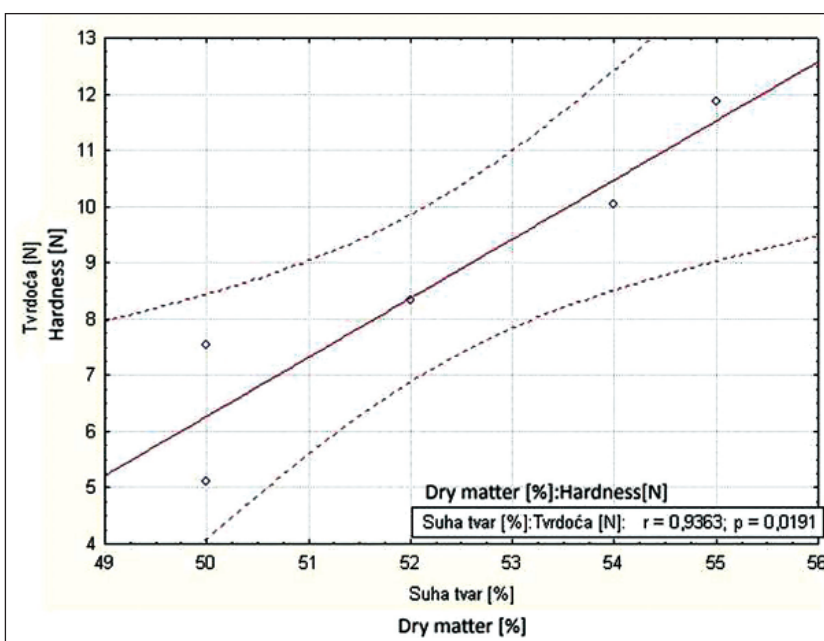
**Figure 1.** Results for measuring of force in dependence with penetration depth of probe for 4 cheese samples.

Gouda sir je polutvrđi sir glatke teksture, velike elastičnosti i adhezivnosti, čiji karakterističan sastav je prikazan u tablici 1. Sirno tijesto je također glatke teksture, prošarano rupicama veličine 0,1 – 0,5 cm. U radu će se prikazati ovisnost teksturnih parametara sira o udjelu suhe tvari. Također se ispituje međusobni odnos analiziranih

**Tablica 3.** Tvrdoća ispitivanih sireva.

**Table 3.** Hardness of analyzed cheeses.

Sir Cheese	Tvrdoća [N] Hardness [N]	Standardna devijacija Standard deviation
1	11,88	1,79
2	5,11	0,34
3	8,34	0,99
4	10,05	1,70
5	7,53	0,88



**Slika 2.** Ovisnost tvrdoće ispitivanih sireva o udjelu suhe tvari

**Figure 2.** Dependency of hardness of analyzed cheeses on dry matter content

rezultata tvrdoće, elastičnosti, adhezivnosti i rada potrebnog za zagriz.

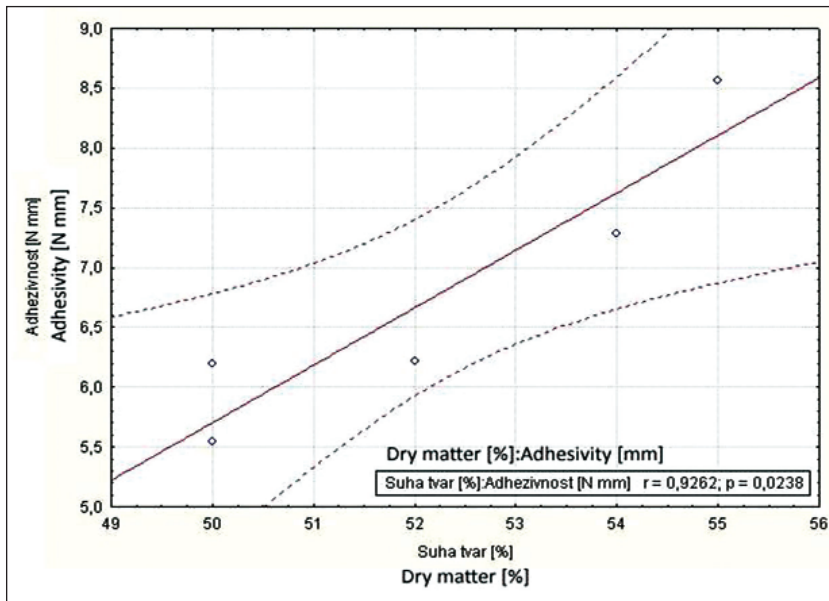
## Eksperimentalni dio

Provedeno je ispitivanje teksturnih svojstava 5 Gouda sireva različitih proizvođača s hrvatskog tržišta. Ispitivani sirevi označeni su brojevima od 1 do 5. Iz svakog sira ohlađenog na temperaturu od  $4 \pm 1$  °C izrezano je pet jednakih uzoraka u obliku kvadra dimenzija 25 x 25 x 20 mm. Prilikom pripreme uzorka uklonjeni su vanjski tvrdi rubovi sira. Uzorci su izuzeti s iste lokacije (središte sira), te je rezanje bilo provedeno uvijek u istom smjeru. Za rezanje korišten je nož s oštricom premazanom mineralnim uljem radi lakšeg i preciznijeg rezanja. pH vrijednost ispitana je koristeći pH330i uređaj sa SenTix SP elektrodom (WTW, SAD). Instrumentalna analiza teksturnih parametara provedena je na TA.HDPlus analizatoru teksture (Stable Micro Systems, Velika Britanija) opremljenim s 25 kg utegom. Prije samog ispitivanja svi uzorci bili su temperirani na 21

$\pm 0,5$  °C. Da bi se postigao maksimalni omjer kompresije i posmika, za probijanje uzoraka korištena je cilindrična čelična sonda P/6 (Stable Micro Systems, Velika Britanija) s ravnim dnom, promjera 6 mm. Dubina prodiranja podešena je na 15 mm, uz brzinu prodiranja od 1 mm/s, pri čemu je analiza trajala maksimalno 15 sekundi (Gunasekaran i sur., 2003). Svaka od 5 vrsta sira bila je ispitana na 5 uzoraka. Dobiveni dijagrami obrađeni su u Texture Exponent programu (Stable Micro Systems, Velika Britanija), nakon čega su izračunate vrijednosti za ispitivane parametre teksture. Provedena je statistička analiza u programu Statistica 9 (Statsoft, SAD), pri čemu su rezultati obrađeni jednosmjernom (one-way) ANOVA metodom.

## Rezultati i rasprava

Uzorci sireva s hrvatskog tržišta po deklaraciji prikazanoj u Tablici 2 su unutar granica zadanih Pravilnikom o sirevima i proizvodima



**Slika 3.** Ovisnost adhezivnosti ispitivanih sireva o udjelu suhe tvari  
**Figure 3.** Dependency of adhesivity of analyzed cheeses on dry matter content

od sireva (NN 20/09) te spadaju u punomasne polutvrde sireve. pH svih uzoraka kretao se između 5,19 i 5,27, pri čemu su vrijednosti značajno korelirane sa sadržajem suhe tvari ( $p < 0,05$ ).

Karakteristična krivulja odnosa sile i dubine prodiranja dobivena za jedan od ispitivanih Gouda sireva prikazana je na Slici 1. Po srednjoj vrijednosti udaljenosti između početka prodiranja i loma uzorka vidljivo je da lomljivost i krtost nisu relevantni kao teksturni parametri koji karakteriziraju reološko ponašanje Goude, te kao takvi nisu dalje obrađivani (Dimitreli & Thomareis, 2007).

Tvrdoća sira, kao najvažniji ispitivani parametar, prikazana je zasebno u Tablici 3. Pokazala se kao jedno od malobrojnih instrumentalno mjerenih svojstava teksture koje se u ovom slučaju može dovesti u korelaciju s organoleptičkom analizom (Chen i sur., 1978).

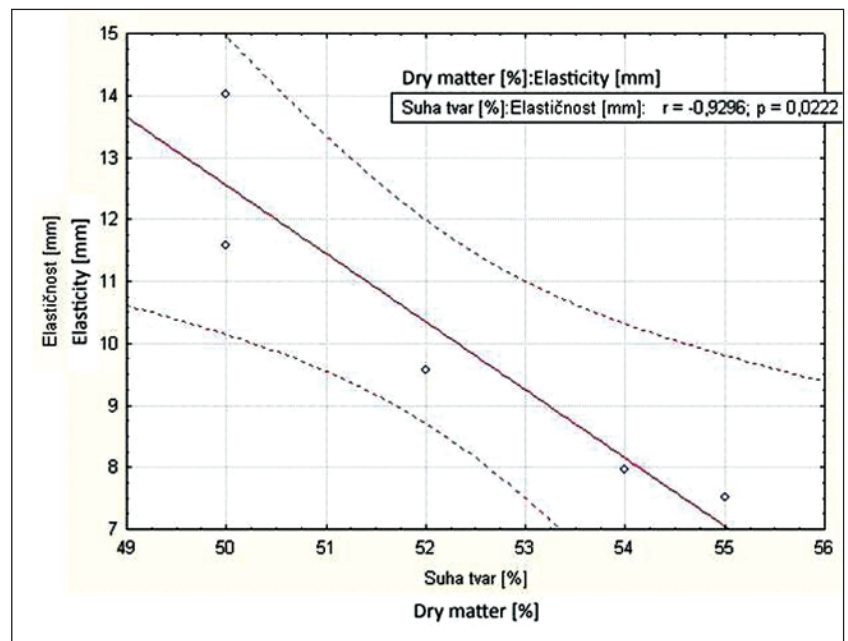
Iz analize ovisnosti tvrdoće o udjelu suhe tvari u siru prikazane na Slici 2, tvrdoća ispitivanih

Gouda sireva linearno raste s porastom udjela suhe tvari, uz  $p < 0,05$ . Uz porast udjela vode u siru od samo 5 %, tvrdoća je porasla 2,32 puta.

Adhezivnost sireva također raste linearno s porastom udjela suhe tvari ( $p < 0,05$ ), što je prikazano na Slici 3.

Elastičnost sira značajno pada s porastom udjela vode (Slika 4), pri čemu se promjena vrijednosti parametara teksture uzrokovana malim promjenama u udjelu suhe tvari može objasniti djelovanjem vode kao plastifikatora u proteinskoj matrici (Fox i sur., 2000).

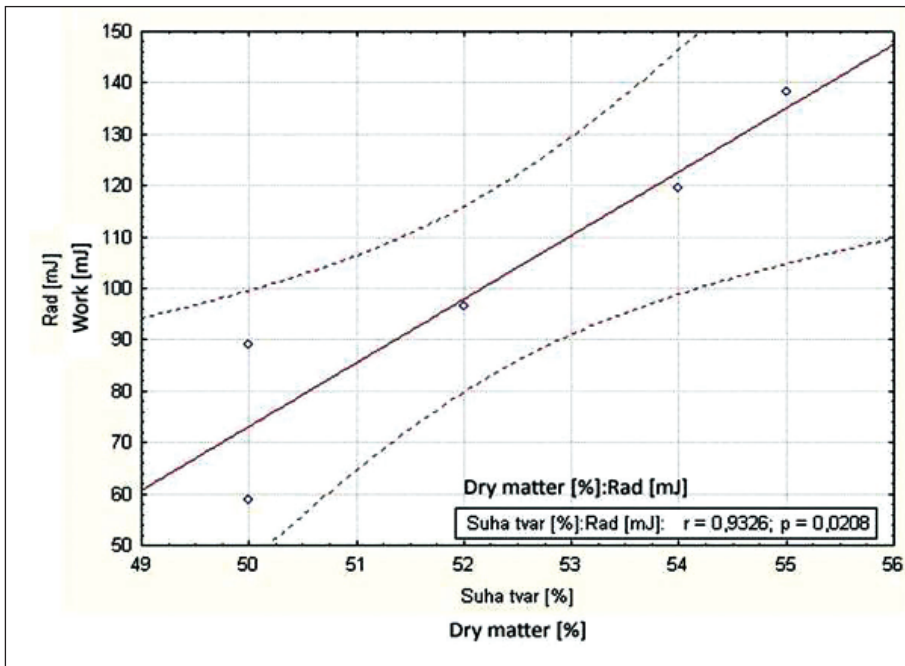
Povećanjem udjela vode dolazi do smanjenja koherentnosti proteinske matrice, što dovodi do rezultata za elastičnost i rad potreban za zagriz prikazanih u Tablici 4. Posljedično tomu odvija se linearni porast površine kod usporedbe rada potrebnog za prvi zagriz i udjela suhe tvari, kao što je prikazano na Slici 5.



**Slika 4.** Ovisnost elastičnosti sira o udjelu suhe tvari.  
**Figure 4.** Dependency of elasticity of cheese on dry matter content.

**Tablica 4.** Ostali analizirani parametri teksture ispitivanih sireva.  
**Table 4.** Rest of the analyzed texture parameters of cheeses.

Sir Cheese	Adhezivnost [mm <sup>2</sup> ] Adhesivity [mm <sup>2</sup> ]	Elastičnost [mm] Elasticity [mm]	Rad [mJ] Work [mJ]
1	8,56 (± 0,21)	7,51 (± 0,78)	138,24 (± 21,62)
2	5,54 (± 0,27)	11,58 (± 1,89)	58,81 (± 4,83)
3	6,22 (± 0,09)	9,57 (± 1,14)	96,50 (± 10,17)
4	7,28 (± 0,12)	7,96 (± 0,70)	119,47 (± 25,49)
5	6,20 (± 0,26)	14,02 (± 2,06)	88,97 (± 10,70)



Slika 5. Ovisnost rada potrebnog za prvi zagriz kod ispitivanih sireva o udjelu suhe tvari.  
Figure 5. Dependency: work - first bite for analyzed cheeses on dry matter content.

Po grafičkoj analizi prikazanoj na Slici 6. vidljivo je da su svi ispitivani parametri teksture u međusobnoj linearnoj ovisnosti te je ustanovljena funkcija po kojoj rad ovisi o tvrdoći i elastičnosti.

(55 %). Kako je adhezivnost sireva također linearno povezana s udjelom suhe tvari, najadhezivniji je bio uzorak 1, što je u skladu s njegovim ostalim ispitivanim teksturnim svojstvima.

$$W_z = 12.54 \cdot x - 1.45 \cdot y + 2.49 \quad (2)$$

gdje su:

$W_z$  – rad utrošen tijekom prvog zagriža

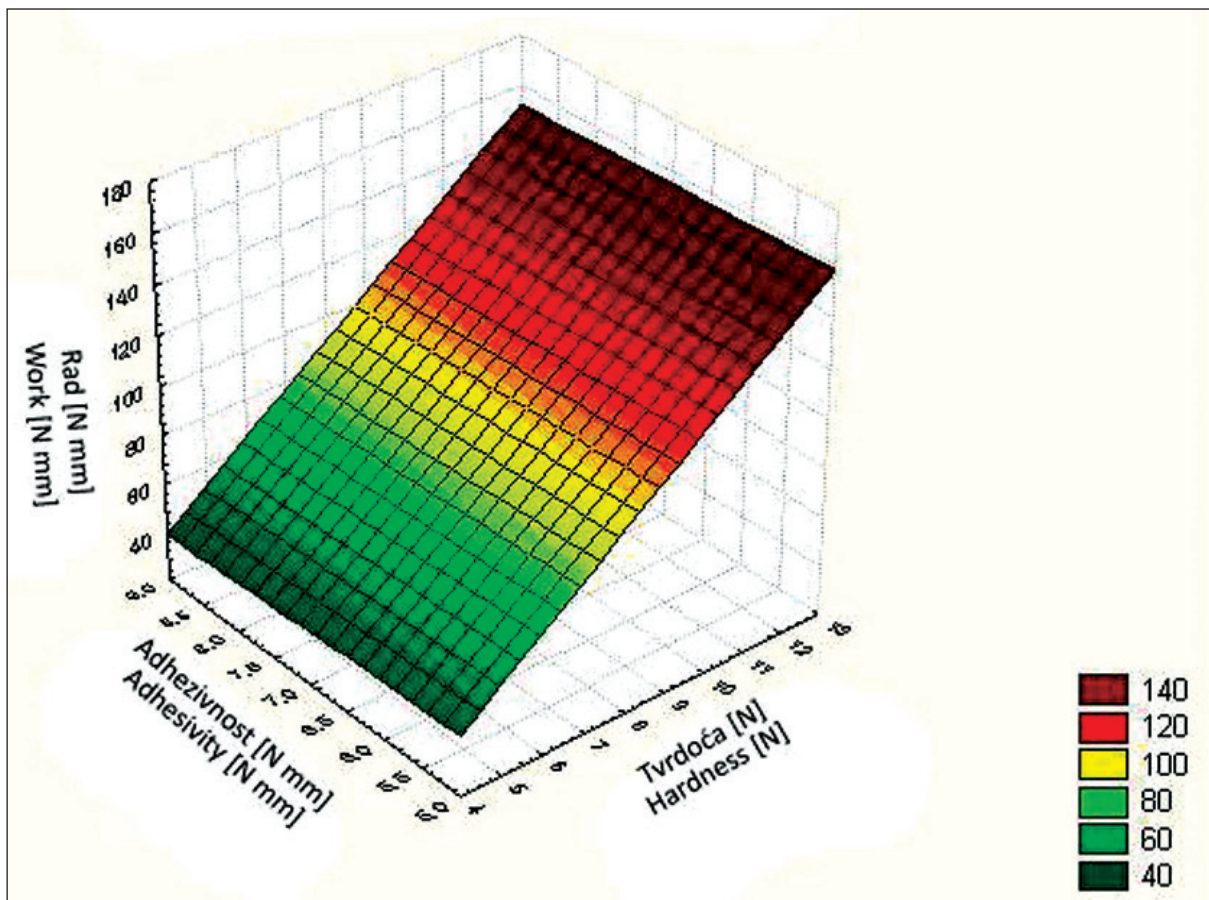
$x$  – Tvrdoća sira

$y$  – Adhezivnost sira

u zagradama su navedene standardne devijacije

### Zaključak

Utvrđena je međusobna linearna ovisnost ispitivanih teksturnih parametara tvrdoće, adhezivnosti i rada potrebnog za zagriz. Elastičnost sira je jedini ispitivani parametar kojemu se vrijednosti smanjuju s porastom udjela vode. Uzorak 5 pokazao se najelastičnijim (14,02 mm), zahvaljujući najmanjem udjelu suhe tvari. Smanjenje udjela suhe tvari do minimalne zakonski dozvoljene granice dovodi do povećanja tvrdoće i rada potrebnog za žvakanje te sirevi postaju i organoleptički tvrdi. Najtvrđim sirom se pokazao uzorak 1 (11,88 N) s najvećim udjelom suhe tvari



Slika 6. Međusobna ovisnost ispitivanih parametara teksture sira.  
Figure 6. Interdependency of analyzed texture parameters of cheese.

Za najmekši sir (uzorak 2, 5, 11 N) potreban je i najmanji rad za žvakanje (88,97 mJ), što je u skladu s njegovim mehaničkim i organoleptičkim svojstvima.

## Literatura

- Bourne, M.C. (1975) Is rheology enough for food texture measurement?, *Journal of Texture Studies* 6, 259-262.
- Chen, A.H., Larkin, J.W., Clark, C.J., Irwin, W.E. (1979) Textural Analysis of Cheese. *Dairy Science* 62, 901-907.
- Dimitreli, G., Thomareis, A.S. (2007) Texture evaluation of block-type processed cheese as a function of chemical composition and in relation to its apparent viscosity. *Journal of Food Engineering* 79, 1364-1373.
- Juan, B., Trujillo, A.J., Guamis, V., Buffa, M., Ferragut, V. (2007) Rheological, textural and sensory characteristics of high-pressure treated semi-hard ewes' milk cheese, *International Dairy Journal* 17, 248-254.
- O'Callaghan, D.J., Guinee, T.P., *Rheology and Texture of Cheese*, U: Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., Timothy, M.C., Guinee, P., Urednici, *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, Academic Press, 2004.
- Foegeding, E.A., Brown, J., Drake, M., Daubert, C. (2003) Sensory and mechanical aspects of cheese texture, *International Dairy Journal*, 13, 585-591.
- Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H., *Fundamentals of cheese science*. Aspen Publishers, 2000.
- Gunasekaran, S., Ak, M. M. *Cheese Rheology and texture*, CRC Press, 2003.
- Hort, J., Le Grys, G. (2000) Rheological models of Cheddar cheese texture and their application to maturation, *Journal of Texture Studies* 31, 1-24.
- Karoui, R., Dufour, É. (2003) Dynamic testing rheology and fluorescence spectroscopy investigations of surface to centre differences in ripened soft cheeses, *International Dairy Journal* 13, 937-985.
- Messens, W., Van de Walle, D., Arvealo, J., Dewettinck, K., Huyghebaert, A. (2000) Rheological properties of high-pressure-treated Gouda cheese. *International Dairy Journal* 10, 359-367.
- Pravilnik o sirevima i proizvodima od sireva, Narodne novine 20/2009.
- Rosenthal, A.J., *Food Texture – Measurement and Perception*, Aspen Publishers, 1999.
- Tratnik, Lj., Mlijeko – tehnologija mlijeka, biokemija i mikrobiologija, Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb (1998).

- Watkinson, P., Coker, C., Crawford, R., Dodds, C., Johnston, K., McKenna, A., White, N. (2001) Effects of cheese pH and ripening time on model cheese textural properties and proteolysis, *International Dairy Journal* 11 (4-7), 455-464.

## Autori/Authors

**Sven Karlović, dipl. ing.**  
Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Pierottijeva 6  
10000 Zagreb, Hrvatska

**Marina Šimunek, dipl. ing.**  
Vindija d.o.o.  
Međimurska 6  
42000 Varaždin, Hrvatska

**Dr. sc. Damir Ježek, red. prof.**  
Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Pierottijeva 6  
10000 Zagreb, Hrvatska

**Dr. sc. Branko Tripalo, red. prof.**  
Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Pierottijeva 6  
10000 Zagreb, Hrvatska

**Tomislav Bosiljkov, dipl. ing.**  
Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Pierottijeva 6  
10000 Zagreb, Hrvatska

**Dr. sc. Mladen Brnčić, doc.**  
Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Pierottijeva 6  
10000 Zagreb, Hrvatska

**Marijana Blažić, dipl. ing.**  
Veleučilište u Karlovcu  
Ivana Meštrovića 10  
47000 Karlovac, Hrvatska