

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**

Željka Marketanović

**ANALIZA TEKSTURE POLUTVRDIH SIREVA RAZLIČITIH
PROIZVOĐAČA NA HRVATSKOM TRŽIŠTU**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, srpanj, 2010.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek

Zavod za prehrambene tehnologije

Katedra za mljekarstvo

Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija
Nastavni predmet: Tehnologija mlijeka i mliječnih proizvoda
Tema rada je prihvaćena na XXI. sjednici Odbora za završne i diplomske ispite održanoj dana 30. lipnja 2010., a temeljen članka 62. Pravilnika o studiranju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera.
Mentor: dr. sc. Jovica Hardi, red. prof.
Pomoć pri izradi: dr. sc. Vedran Slačanac, doc.

ANALIZA TEKSTURE POLUTVRDIH SIREVA RAZLIČITIH PROIZVOĐAČA NA HRVATSKOM TRŽIŠTU

Željka Marketanović, 2360/03

Sažetak: Tekstura sira je jedna od važnijih osobina prema kojoj potrošač procjenjuje kvalitetu proizvoda. Instrumentalnim analizama ispitivana je tekstura 8 uzoraka različitih vrsta kravljih sireva koji se nalaze na hrvatskom tržištu. U tu svrhu određuje se sastav ispitivanih sireva, pH vrijednost, aktivitet vode, boja te svojstva teksture sira pomoću uređaja za analizu profila teksture (TPA) i testa proboda (Puncture test). Instrumentalna analiza obuhvaća mjerenje čvrstoće, kohezivnosti, elastičnosti, odgođene elastičnosti te otpora žvakanju. Svrha rada je utvrditi utjecaj sastava i fizikalno-kemijskih svojstava na teksturu ispitivanih sireva. Od analiziranih sireva najveću vrijednost za čvrstoću, kohezivnost, elastičnost i odgođenu elastičnost je imao sir Cheddar koji ima i najmanji udio vode, najveći udio mliječne masti i najveću pH vrijednost. Statistička analiza mjernih podataka pokazuje da nema značajnih korelacija između udjela proteina i parametara teksture, dok je korelacija između udjela masti i odgođene elastičnosti statistički značajna ($r = -0,81$). Analiza također pokazuje da postoji statistički značajna korelacija između elastičnosti i kohezivnosti, elastičnosti i otpora žvakanju, odgođene elastičnosti i otpora žvakanju, te čvrstoće i testa proboda kroz tijesto sira.

Ključne riječi: Polutvrđi kravljji sir, analiza teksture, čvrstoća, kohezivnost, elastičnost.

Rad sadrži: 42 stranica
3 slika
10 tablica
30 literaturnih referenci

Jezik izvornika: hrvatski

Sastav Povjerenstva za obranu:

1.	dr. sc. Jovica Hardi, red. prof.	predsjednik
2.	dr. sc. Vedran Slačanac, doc.	član-mentor
3.	dr. sc. Daliborka Koceva-Komlenić, doc.	član
4.	dr. sc. Marko Jukić, doc.	zamjena člana

Datum obrane: 16. srpanja 2010.

BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek
Faculty of Food Technology Osijek
Department of food technologies
Subdepartment of dairy
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

Scientific area: Biotechnical sciences
Scientific field: Food technology
Course title: Technology of milk and dairy products
Thesis subject was approved by the Faculty Council of the Faculty of Food Technology at its session no. XXI. held on June 30, 2010.
Mentor: Jovica Hardi, PhD, prof.
Technical assistance: Vedran Slačanac, PhD, assistant prof.

TEXTURE ANALYSIS OF SEMI-HARD CHEESES FROM DIFFERENT PRODUCERS ON CROATIAN MARKET

Željka Marketanović, 2360/03

Summary: Consumer evaluates quality of cheese according to its texture which is one of the most important characteristic of cheese. 8 samples of different cow's cheeses, that can be found on Croatian market, are tested by the instrumental analyses. For that purpose is valuated composition of analysed cheeses, pH, a_w , colour and characteristics of cheese texture that is measured by TPA (texture profile analysis) and Puncture test. Instrumental analyse includes measuring of hardness, cohesiveness, springiness, resilience and chewiness. Intention of this work is to determine effect of composition and physico-chemical characteristics on cheese texture. From analysed cheeses the most value for hardness, resilience, cohesiveness and springiness Cheddar cheese had, which also had the smallest content of water, the highest content of fat and the highest pH value. Statistic analysis shows that there is no meaningful correlation between protein ratio and texture parameters, but correlation between fat content and springiness is statisticly significant ($r=-0,81$). Analysis also shows that significant correlation exist between resilience and cohesiveness, resilience and chewiness, springiness and chewiness, and hardness and punkture test.

Key words: Semi-hard cheese, texture analysis, hardness, cohesiveness, resilience.

Thesis contains: 42 pages
3 figures
10 tables
30 references

Original in: Croatian

Defense committee:

- | | |
|--|--------------|
| 1. Jovica Hardi, PhD, prof. | chair person |
| 2. Vedran Slačanac, PhD, assistant prof. | supervisor |
| 3. Daliborka Koceva-Komlenić, PhD, assistant prof. | member |
| 4. Marko Jukić, PhD, assistant prof. | stand-in |

Defense date: July 16, 2010.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	4
2.1. KEMIJSKI SASTAV MLIJEKA	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
2.1.1. Laktoza	7
2.1.2. Proteini	7
2.1.3. Mliječna mast.....	7
2.1.4. Mineralne tvari	8
2.2. ENZIMSKA KOAGULACIJA MLIJEKA	8
2.3. OSNOVNI POSTUPCI U PROIZVODNJI POLUTVRDIH SIREVA	11
2.3.1. Sirenje mlijeka	11
2.3.2. Rezanje gruša	11
2.3.3. Mljevenje i soljenje	11
2.3.4. Kalupljenje i prešanje.....	11
2.3.5. Sušenje na zraku i premazivanje sireva	12
2.3.6. Zrenje sira	12
2.4. ANALIZA TEKSTURE SIRA	13
3. EKSPERIMENTALNI DIO	13
3.1. ZADATAK	14
3.2. MATERIJAL I METODE	17
3.2.1. Uzorci sira	17
3.2.2. Određivanje sastava i fizikalno-kemijskih svojstava sira	17
3.2.3. Analiza boje sireva	17
3.2.4. Određivanje svojstava teksture sireva	18
3.2.4.1. TPA analiza teksture sira.....	18
3.2.4.2. Test proboda	21
3.2.4.3. Statistička analiza.....	21

4. REZULTATI.....	21
5. RASPRAVA.....	29
6. ZAKLJUČCI	33
7. LITERATURA.....	35

1. UVOD

„Sir“ je opći naziv za grupu fermentiranih mliječnih proizvoda koji se proizvode diljem svijeta, a međusobno se razlikuju po okusu, teksturi i obliku (Fox, Guinee, Cogan, McSweeney: Fundamentals of cheese science).

Prema Sandine i Elliker-u (1970) postoji više od 1000 vrsta sireva.

Vjeruje se da je prvi sir napravljen na području između rijeka Tigris i Eufrat, u Iraku, još prije 8000 godina. Prvi mliječni proizvodi su dobiveni slučajnim slijedom događaja; rast mliječno-kiselih bakterija u mlijeku rezultirao je padom pH vrijednosti mlijeka na izoelektričnu točku kazeina, što uzrokuje njegovu koagulaciju.

Proizvodnja svih vrsta sireva uključuje slične postupke, uz izmjenu nekih koraka kako bi se dobio proizvod željenih karakteristika (Fox, Guinee, Cogan, McSweeney: Fundamentals of cheese science).

Proizvodnja sira je oblik produžavanja trajnosti mlijeka, koji uključuje nekoliko tehnika u svrhu ograničavanja neželjenog mikrobiološkog rasta. Te tehnike su pasterizacija, naciepljivanje, direktno zakiseljavanje, dehidracija, hlađenje i pakiranje. Postoje dvije glavne grupe sireva; sirevi dobiveni enzimskom koagulacijom i sirevi dobiveni dodatkom kiseline. Sirevi dobiveni pomoću enzima obično imaju veći pH i manji sadržaj vode nego „kisel“ sir, te duže zriju, dok sirevi dobiveni zakiseljavanjem mlijeka većinom se konzumiraju svježi ili nakon kraćeg zrenja. (Tamime: Structure of Dairy Products).

Tekstura sira je jedno od osnovnih organoleptičkih svojstava koja igra bitnu ulogu prilikom rukovanja, obradi i ponašanja namirnica, a najčešće se ispituje senzorskim i organoleptičkim analizama. Potrošači također smatraju teksturu važnim parametrom prilikom odabira proizvoda. (Foegeding, Brown, Drake & Daubert: Sensory and mechanical aspects of cheese texture, 2003).

Instrumentalna analiza teksture ne može u potpunosti imitirati senzorsku analizu, već mjeri deformacije i sile koje odgovaraju prvom zagrizu tijekom konzumacije (Rosenthal, 1999). Rezultat takvog mjerenja predstavlja odnos fizikalnih svojstava proizvoda prema dinamičkoj percepciji teksture (Foegeding i sur., 2003). Ovom analizom se dobiju objektivni rezultati mjerenja određenih parametara koji imaju utjecaj na kvalitetu i konzistenciju neke namirnice. Odlučujući faktor kvalitete i identiteta sira je njegova tekstura, ona utječe i na mehanička svojstva poput rezanja, rastezanja, miješanja i topljenja (Hort i Le Grys, 2000; Watkinson i sur., 2001).

Na svojstvo teksture sireva smatra se da najvažniji učinak ima pH vrijednost zbog utjecaja na kazein. Važnu ulogu ima i omjer vode i neoštećenog kazeina (Juan i sur., 2007). Razlike u teksturi, čak i unutar iste vrste sira, posljedica je kompleksne strukture, koja ovisi 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.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. KEMIJSKI SASTAV MLIJEKA

Tablica 1 Prosječni sastav [%] kravljeg mlijeka (Tratnik, 1998)

Komponenta	Suha tvar u mlijeku					
	voda	suha tvar	laktoza	mliječna mast	bjelančevine	minerali (soli, pepeo)
Udio [%]	87,4	12,6	4,7	3,9	3,3	0,7

Tablica 2 Tipični kemijski sastav i neke značajke tvrdih, polutvrđih i mekih sireva (Tratnik, 1998)

Vrsta sira	Značajke	Voda [%]	Mast [%]	M/s.t. [%]	Proteini [%]	Sol [%]
Cheddar	Tvrđi,NDG	35,0	36,5	56,2	24,0	1,6
Ementaler	Tvrđi,VDG	37,0	29,2	48,1	27,1	1,2
Gouda	Polutvrđi,NDG	37,7	29,2	45,6	25,3	2,0
Edam	Polutvrđi,NDG	39,0	25,4	40,9	27,1	2,0
Trapist	Polutvrđi,NDG	45,9	26,1	46,0	25,1	1,8
Feta	Zreli meki, BDG	58,0	21,0	50,0	20,0	4,0

VDG- dogrijavanje gruša pri visokim temperaturama

NDG- dogrijavanje gruša pri niskim temperaturama

BDG- bez dogrijavanja gruša

M/s.t.-mast u suhoj tvari

2.1.1. Laktoza

Laktoza je disaharid ($C_{12}H_{22}O_{11}$) koji se nalazi u mlijeku. Ona u mlijeku utječe na točku ledišta, osmotski tlak i vrelište mlijeka. Zbog njene fermentacijske sposobnosti, koristi se u proizvodnji fermentiranih mliječnih napitaka i nekih sireva. Tvrdi i polutvrdi sirevi sadrže malo ili uopće ne sadrže laktozu, jer većina laktoze iz mlijeka prelazi u sirutku koja se u procesu obrade odvaja od sira, a preostala se količina laktoze tijekom procesa proizvodnje i zrenja razgradi do mliječne kiseline (Tratnik, 1998).

2.1.2. Proteini

U mlijeku se nalaze dva tipa proteina: kazein (80%) i proteini sirutke (20%). Kazein je količinski najzastupljeniji protein u mlijeku, a sastoji se od kazeinskih frakcija (α_{S1} -, α_{S2} -, β , γ i κ -kazein). Prisutnost koloidnog Ca-fosfata dovodi do agregacije submicela stvarajući mostove između fosfoserinskih ostataka, α_{S1} , α_{S2} i β -kazeina. Stabilnost kazeina se smanjuje povećanjem kiselosti mlijeka i povišenjem temperature. Veća koncentracija Ca^{2+} u mlijeku također slabi stabilnost kazeina. Koagulacija kazeina se provodi zakiseljavanjem (pH=4,6) ili dodatkom enzima (pripravaka za sirenje) (Tratnik, 1998).

2.1.3. Mliječna mast

Mliječna mast je izvor sastojaka odgovornih za okus i aromu kao i za tijesto zrelog sira. Sir proizveden bez masti ili s malo masti je suh i ima tvrdo tijesto, a kada je mlad veoma je blaga okusa i ne razvija tipičnu aromu sira. Mast je važna i kao čimbenik mekoće i topivosti sira (Popović-Vranješ i sur., 2009). U mlijeku se nalazi u obliku kuglica (globula) (Tratnik, 1998).

2.1.4. Mineralne tvari

U proizvodnji sira mineralne tvari u mlijeku imaju primarni značaj. Magnezij sudjeluje u stvaranju micela i pridonosi stanju ekvilibrija u mlijeku, dok kalcij (kao i fosfati) ulazi u strukturu kazeinskog kompleksa (Popović-Vranješ i sur., 2009). Količina kalcija u mlijeku utječe na veličinu kazeinskih micela, stabilnost proteina, brzinu koagulacije kazeina djelovanjem enzima, čvrstoću nastalog gruša, osobine sirnog tijesta te na sposobnost spajanja masnih globula u mlijeku (Tratnik, 1998).

2.2. ENZIMSKA KOAGULACIJA MLIJEKA

Koagulacija mlijeka proteolitičkim enzimima je jedan od najstarijih postupaka u prehrambenoj tehnologiji, koji se primjenjuje u proizvodnji polutvrdih i tvrdih sireva. U tu svrhu najčešće se koristi pripravak himozina. Himozinski pripravak (ili sirilo) je ekstrakt probavnih enzima, a sastoji se od himozina i pepsina.

Enzimi koji se koriste u proizvodnji sireva su:

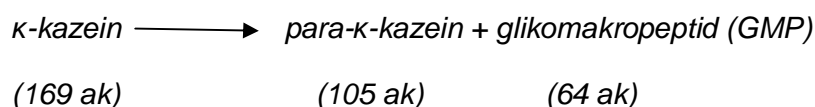
1. Himozinski pripravak koji je izoliran iz četvrtog dijela želuca teladi i janjadi;
2. Mikrobne proteinaze predstavljaju rekombinantni himozinski pripravak kojeg proizvode mikroorganizmi: *Kluyveromyces marxianus* var. *lactis*, *Escherichia coli* K-12, *Aspergillus niger* (Maxiren, Chimogen Chy-Max) (Tratnik, 1998).

Postoji i pripravak sirila s lipolitičkim enzimima što se može upotrijebiti u proizvodnji sireva koji trebaju imati jače izražen miris ili okus i da se postigne aroma sira kao da su proizvedeni od ovčjeg ili kozjeg mlijeka (Tratnik, 1998).

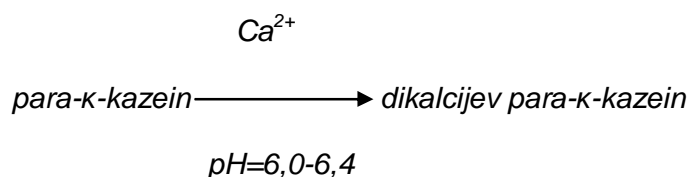
Proces grušanja mlijeka enzimskim putem dijeli se na primarnu, sekundarnu i tercijarnu fazu. Tijekom primarne faze destabiliziraju se kazeinske micelle uslijed hidrolize κ -kazeina, djelovanjem proteinaza. U sekundarnoj fazi dolazi do agregacije promijenjenih micela uz prisutnost kalcijevih iona. Tercijarna faza obuhvaća proces sinereze, tj. otpuštanje sirutke, i daljnju nespecifičnu proteolizu kazeinskog gruša (Tratnik, 1998).

Primarna faza

Usljed djelovanja proteinaze dolazi do hidrolize peptidne veze između aminokiseline fenilalanina i metionina u molekuli κ -kazeina koje se nalaze na 105. i 106. mjestu u peptidnom lancu te molekule. Rezultat cijepanja peptidne veze Phe₁₀₅-Met₁₀₆ je odvajanje peptidnog lanca iz molekule κ -kazeina između 106. i 169. aminokiselinskog ostatka (gubitak „kose“ kazeina). „Kosa kazeina“ je C- terminalni dio molekule, iznosi oko 4% ukupne mase kazeina). Slijedi sniženje elektrostatskog potencijala micela kazeina i tako se poništava sterički stabilizirajući sloj micela. Odvaja se hidrofilni dio κ -kazeina, a hidrofobni dio postaje osjetljiv na prisutnost dvovalentnih kationa, osobito kalcija pa je nazvan para- κ -kazein. GMP (glikomakropeptid) odnosi hidrofilne ugljikohidratne ostatke iz molekule kazeina. U trenutku koagulacije i formiranja grušća nespecifična proteoliza kazeina nije od velike važnosti jer ne utječe na strukturu grušća mlijeka, ali postaje bitna u procesu zrenja sira (Tratnik, 1998).

*Sekundarna faza*

To je neenzimska faza. Odcjepljenjem 80-90 % hidrofilnog dijela κ -kazeina („kose“) stvaraju se uvjeti za početak agregacije micela, ali u prisutnosti kritične količine Ca²⁺ iona i pri temperaturi od 20 °C.



Prvo dolazi do agregacije micela manjeg promjera, koje oblikuju ne razgranate lance. Destabilizirane veće micelle oblikuju čvrste točke buduće trodimenzionalne mreže gela. Manje micelle više doprinose čvrstoći gela, pa se tako može manipulacijom raspodjele i veličine utjecati na fizičke osobine grušća (Tratnik, 1998).

Tercijarna faza

U tercijarnu fazu se ubraja vrijeme grušanja, čvrstoća gela i stupanj sinereze, te daljnja proteoliza kazeina. Tercijarna faza je posljedica prethodne dvije faze (Tratnik, 1998).

Uvjeti grušanja i kakvoća gruša

Grušanje mlijeka ovisi o pH-vrijednosti mlijeka, temperaturi, ionskoj jakosti, koncentraciji dodanog enzima i dr.

Smanjenjem pH mlijeka utječemo na trajanje ne samo primarne već i sekundarne faze, čije se vrijeme skraćuje u većoj mjeri nego u primarnoj. Pri pH-vrijednosti od 5,6 započinje aktivna agregacija micela. Prevelika kiselost mlijeka (pH < 5,8) može uzrokovati meki i rastresiti gruš.

Pri temperaturi od 18 °C ne dolazi do agregacije, dok se povišenjem temperature ubrzava grušanje. Temperature više od 40 °C mogu uzrokovati prečvrsti i gumasti gruš, stoga se grušanje najčešće provodi pri 30 °C.

Za proces grušanja mlijeka neophodna je i određena količina ioniziranog kalcija. Najčešće se tijekom sirenja u mlijeko dodaje CaCl₂ (maksimalno dozvoljena količina iznosi do 0,07 %, a preporučena količina je 0,02-0,03 %) (Tratnik, 1998).

Usporavanje grušanja i smanjenje sinereze gruša uzrokuje prethodna obrada mlijeka, tj. prethodna homogenizacija, dulje hladno skladištenje mlijeka te visoka temperatura pasterizacije. Ako mlijeko sadrži poveću količinu proteina ono kao takvo ima smanjeni stupanj sirenja. Ukoliko je koncentriranje proteina mlijeka provedeno ultrafiltracijom (UF) povećava se brzina grušanja i čvrstoća gela.

Soljenje mlijeka se provodi kod proizvodnje sira u salamuri (tipa Domiati). Prosječno se dodaje oko 10% NaCl što dovodi do otapanja koloidnog Ca-fosfata iz micela. Dolazi do razgradnje površinskog sloja micela, oslobađanja manjih kazeinskih podjedinica i povećava disperzija nastalih manjih koloidnih čestica što uzrokuje smanjenje stupnja agregacije micela (Tratnik, 1998).

2.3. OSNOVNI POSTUPCI U PROIZVODNJI POLUTVRDIH SIREVA

2.3.1. Sirenje mlijeka

Sirenje mlijeka se provodi djelovanjem enzima sirila (životinjskog ili mikrobnog porijekla). Prije dodavanja sirila, mlijeko je potrebno ohladiti do temperature sirenja. Da bi stvorili optimalne uvjete za rad enzima sirila potrebno je provesti zakiseljavanje mlijeka izravnim zakiseljavanjem ili provođenjem zrenja mlijeka. Slijedi dodatak otopljenog sirila. Sirilo koagulira proteine mlijeka u čvrstu masu – gruš. Sirutka i mliječna mast ostaju „zarobljeni“ unutar tako zgrušane mase. Posuda s grušem se nakon intenzivnog miješanja ostavlja pokrivena da miruje određeno vrijeme na temperaturi sirenja (najčešće na 30° C), kako bi se mlijeko u potpunosti zgrušalo (Tratnik 1998; Slačanac : brošura za proizvođače, 2008).

2.3.2. Rezanje gruša

Svrha rezanja gruša na sitne kockice je pospješivanje odvajanja sirutke i proizvodnja sira željene kakvoće. Kockice gruša trebaju biti jednolične po veličini i obliku. Ukoliko se želi proizvesti što tvrdi sir, gruš se reže na manje kockice jer se tada odvaja više sirutke. Nakon rezanja slijedi miješanje gruša, kako se nastale kockice ne bi slijepile (Tratnik, 1998; Slačanac : brošura za proizvođače, 2008).

2.3.3. Mljevenje i soljenje

Kako bi se povećala aktivna površina i omogućio lakši i ravnomjerniji prodor soli u čestice gruša, gruš se usitnjava na male komadiće (Slačanac : brošura za proizvođače, 2008).

2.3.4. Kalupljenje i prešanje

Kalupljenje i prešanje se provodi kako bi se dobio kompaktna gruša. Prešanjem se ujedno odvaja i preostala sirutka iz mase, a sir dobiva konačnu teksturu i oblik. Prešanje se mora provoditi tako da se primijenjeni tlak postupno povećava kako se ne bi kora sira naglo

stvorila, jer ona sprječava daljnje otjecanje sirutke (Tratnik, 1998; Slačanac : brošura za proizvođače, 2008).

2.3.5. Sušenje na zraku i premazivanje sireva

Sušenje na zraku se provodi da bi se stvorila kora, koja ima zaštitnu ulogu mase unutar kore, ali je ujedno i osobina koja daje siru privlačan i lijep izgled. Kora osim što štiti od štetnih utjecaja iz okoline (vlaga, plijesni, mehaničke i mikrobne nečistoće), sprječava gubitak organoleptičkih svojstava tijekom čuvanja. Daljnji postupci u proizvodnji sira ovise o tome koju vrstu sira želimo dobiti. Sirevi se mogu premazati parafinom ili sintetičnim premazima ili pak zamatati u folije, a mogu biti ostavljeni da se na njihovoj kori stvori plijesan. Na primjeru sira Trapista uočeno je da su sirevi s korom zaštićenom premazom u odnosu na sireve koji su zapakirani u foliju pokazali se boljim rješenjem s aspekta senzorske ocjene. Uglavnom, cilj je stvoriti takvu površinu sira koja će u što većoj mjeri spriječiti gubitak preostale vlage iz unutarnje mase sira tijekom zrenja i čuvanja. Svi ovi postupci određuju okus, izgled i veličinu sira. (Tratnik, 1998; Slačanac : brošura za proizvođače, 2008; Popović-Vranješ i sur., 2009).

2.3.6. Zrenje sira

Smatra se najosjetljivijim postupkom tijekom proizvodnje tvrdog sira, o uvjetima i trajanju zrenja ovisi karakteristični okus, miris i tekstura sira. Sirevi se u zrionici slažu na police s određenim razmakom iznad i između sireva. Zrenjem se stvara puna aroma i razvija se konačni oblik sira. Prostorije u kojima se provodi zrenje sira moraju imati povoljnu temperaturu i relativnu vlažnost, stoga se i komore za zrenje projektiraju tako da postoji mogućnost regulacije i kontrole navedenih parametara. Većina raznih tvrdih sireva zrije na temperaturi 10-20 °C. Dužim zrenjem se stvaraju sirevi snažnije i bogatije arome (Tratnik, 1998; Slačanac : brošura za proizvođače, 2008).

2.4. ANALIZA TEKSTURE SIRA

Tekstura sira je bitna jer je to svojstvo prema kojem potrošač prosuđuje i određuje o kojoj vrsti sira se radi. Pored izgleda, prisutnost ili odsutnost rupica, te osjećaj u ustima se primjećuju prije nego se utvrdi okus.

Faktori koji određuju promjene u teksturi u svim sirevima su uglavnom isti. To je zbog toga jer komponente sira (gruš, prirodni mliječni enzimi, kazein, voda, mliječna kiselina, natrijev klorid, mliječna mast, kalcij) su iste u svim vrstama sira i razlikuju se prema udjelu tih komponenata.

Analiza teksture deskriptivnim senzorskim metodama koristi termine koji se odnose na osjećaj dobiven nakon prvog ugriza tijekom žvakanja i gutanja.

Ukoliko želimo shvatiti molekularnu bazu teksture, tada su potrebni temeljiti testovi. Osnovna reološka svojstva su povezana sa oblikom proteinske mreže. Ti oblici određuju kako će interakcije unutar mreže utjecati na promjenu reoloških svojstava.

Senzorski i reološki termini koji se odnose na čvrstoću i elastičnost sira su jako povezani, dok senzorski termini koji se odnose na otpor pri žvakanju, adhezivnost i kohezivnost sira, su jedva povezani ili nisu povezani sa reološkim svojstvima (Foegeding, Brown, Drake & Daubert, 2003).

Tekstura se značajno mijenja u prvom do drugog tjedna zrenja zbog hidrolize malih frakcija α_{S1} -kazeina na peptide α_{S1} -I, što rezultira slabljenju kazeinske mreže. Relativno spora promjena teksture je uvjetovana uglavnom udjelom proteolize, koja se kontrolira sadržajem preostalog sirila i plazmina u siru, sadržajem soli i udjelom vlage, te temperaturom tijekom skladištenja. Tijekom zrenja sira dolazi do porasta pH vrijednosti što je jako važno kod mnogih vrsta sireva.

Tekstura sira se može znatno izmijeniti korištenjem drugih koagulanata osim kimozina, dodatkom neutralne proteaze i uključivanjem proteina sirutke.

Rastezanje gruša ovisi i o pH i o količini uklonjenog topivog kalcijevog fosfata (Lawrence, Creamer, and Gilles, 1987).

Tekstura sira je određena prvenstveno njegovom pH vrijednosti i omjerom neoštećenog kazeina i vlage. Utjecaj pH je bitan jer promjene pH vrijednosti su povezane direktno sa kemijskim promjenama u proteinskoj mreži sirnog gruša. Snižavanje pH sirnog gruša prati gubitak koloidnog kalcijevog fosfata iz kazeinskim submicela i ispod pH 5,5 dolazi do

postupnog odvajanja submicela u manje kazeinske skupine (de Jong, L.1978.2, Hall, and Creamer.1972.; Roefs, S.P.F.M., Walstra, Dalgleish, and Horne 1985).

Kako se pH gruša približava izoelektričnoj točki kazeina, protein sve više preuzima kompaktnu konformaciju i tekstura sira postaje kraća. (Creamer, L.K., and N.F.Olson.1982)

Između pH 5,5 i 5,1 mnogo koloidnog fosfata i značajan dio kazeina izdvaja se iz submicela (Roefs, S.P.F.M., Walstra, Dalgleish, and Horne.1985.). Takva promjena u veličini i karakteristikama submicela bitno povećava njihovu sposobnost da apsorbiraju vodu. Bubrenje kazeinskih submicela u mlijeku se znatno povećava uz prisustvo soli, ali se izrazito usporava ako slana otopina sadrži kalcijeve ione (Creamer, L.K.1985.; Geurts, Walstra, and H.Mulder. 1972.). Povećavanje bubrenja submicela povećava se kako udio vode naprama kazeina raste. Što je više vlage prisutno pri bilo kojem pH, to je mekša tekstura sira.

Tvrđi i polutvrđi sirevi ne omekšavaju tijekom zrenja na isti način kao i sirevi s većim udjelom vlage, ali se pojavljuju iste promjene u strukturi (de Jong, L.1978.2), što je i očekivano, pošto je brzina konverzije α_{S1} -kazeina u α_{S1} -I ista kod različitih vrsta sireva čiji udio vlage iznosi od 40% do 60% (de Jong, L.1978.).

Reološka svojstva sira sa sličnim pH i koncentracijom natrijevih iona i sa sličnim degradacijskim stupnjem α_{S1} -kazeina, su regulirana sadržajem vlage.

Na čvrstoću sira Emmental (Mou, Sullivan, and Jago 1975.), Gouda (de Jong, L.1978.1) i Cheddar (Creamer, and Olson.1982.) značajno utječu relativno male promjene u količini vode.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Zadatak rada bio je analizirati svojstva teksture polutvrdih kravljih sireva na hrvatskom tržištu, te utvrditi utjecaj sastava i fizikalno kemijskih svojstava na teksturu sireva. U tu svrhu određivani su:

- sastav sireva (suha tvar, udio mliječne masti, udio proteina, udio vode, udio NaCl),
- pH vrijednost analiziranih sireva,
- aktivitet vode u analiziranim sirevima,
- boja analiziranih sireva,
- svojstva teksture (čvrstoća, adhezivnost, elastičnost, kohezivnost, otpor žvakanju, žilavost).

Na osnovi dobivenih rezultata cilj je usporediti teksture polutvrdih kravljih sireva na hrvatskom tržištu, te utvrditi korelacije određenih parametara svojstava teksture s fizikalno kemijskim svojstvima sireva.

3.2. MATERIJAL I METODE

3.2.1. Uzorci sira

Uzeto je 8 vrsta uzoraka mekih i polutvrdih kravljih sireva s hrvatskog tržišta, domaćih i inozemnih proizvođača. Uzeti su uzorci sljedećih sireva:

- Trapist (A1)
- Edamac (A2)
- Edamac 2 (A3)
- Gouda (A4)
- Ementaler (A5)
- Ementaler 2 (A6)
- Cheddar (A7)
- Feta (A8)

3.2.2. Određivanje sastava i fizikalno kemijskih svojstava sira

Sastav sireva određivan je prema metodi predloženoj od Webb i sur. (1974), a koja je danas uobičajena za određivanje sastava polutvrdih i tvrdih sireva. Uzorci sira rezani su na male kockice (cca 1x1 cm) te homogenizirani u mikseru. Sastav sireva određivan je uređajem FoodScan Analyser (Foss, Švedska). Mjerno tijelo uređaja napuni se do vrha sa 100 – 150 g sira i umetne u posebnu komoru za uzorke. Komora se nakon toga zatvara i pokrene mjerenje. U sirevima je određivan udio vode, proteina, mliječne masti i NaCl.

pH vrijednost ispitivanih sireva određivana je pH metrom (MA 235, pH/Ion Analyzer, METTLER TOLEDO), prema službenoj metodi AOAC 962.19. Sirevi su usitnjeni i homogenizirani mikserom. 10 g sira razrijeđeno je u 100 ml destilirane vode, homogenizirano na magnetnoj miješalici te je potom određena pH vrijednost.

Aktivitet vode (a_w) određen je uređajem Rotronic Hygrolab 3 (Rotronic AG, Bassersdorf, Switzerland). Sir je narezan na kockice, usitnjen mikserom, a a_w je određen pri sobnoj temperaturi. Aktivitet vode u siru definiran je sljedećim izrazom (Law, 1999):

$$a_w = p/p_0;$$

gdje je p = tlak para vode u siru, a p_0 = tlak para čiste vode. Aktivitet vode često se povezuje s udjelom vode u siru, pa je stoga dobar pokazatelj režima soljenja gruša, a moguće ga je preračunavati iz izraza:

$$a_w = 1 - 0,033(\text{NaCl}_m); \text{ ili}$$

$$a_w = 1 - 0,00565(\text{NaCl});$$

gdje je NaCl_m = broj mola NaCl po litri vode u siru dok je (NaCl) = maseni udio NaCl izražen u %-tcima na ukupni udio vode u siru.

Sva mjerenja rađena su u 4 ponavljanja.

3.2.3. Analiza boje sireva

Mjerenje boje provedeno je pomoću uređaja Hunter-Lab Mini ScanXE (A60-1010-615 Model Colorimeter, Hunter-Lab, Reston, VA, USA). Određivana su tri parametra boje: L, a i b. Prije svakog mjerenja instrument je standardiziran s bijelom i crnom keramičkom pločom ($L^*_0 = 93,01$, $a^*_0 = -1,11$ i $b^*_0 = 1,30$). Hunter-ove L, a i b vrijednosti podudaraju se sa sljedećim rasponima boja:

a^* - zeleno ($-a^*$) ili crveno ($+a^*$)

b^* - plavo ($-b^*$) ili žuto ($+b^*$)

L^* - svjetlo ($L^* = 100$) ili tamno ($L^* = 0$)

Određivanja svojstava boje rađeno je na sobnoj temperaturi (20 ± 2 °C). Sva mjerenja rađena su u 4 ponavljanja.

Boja se mjeri na presjeku sira oko središta, jer tijekom zrenja boja migrira od površine prema sredini, a intenzivnija žuta boja središta je odraz duljeg zrenja.

3.2.4. Određivanja svojstava teksture sireva

3.2.4.1. TPA (Texture Profile Analysis) analiza teksture sireva

Razvijene su metode koje simuliraju žvakanje, tzv. analiza teksturalnog profila (engl. Texture Profile Analysis, TPA) ili metoda dvostrukog zagrizava. Ova metoda ima dobru korelaciju sa senzorskim podacima, a obuhvaća primjenjivanje dva kompresijska ciklusa na hranu na taj način da se simulira početna faza žvakanja (Muir i sur., 1997; Drake i sur., 1999).

Da bi se simulirao dvostruki zagriz, odnosno žvakanje, uzorak se stavlja na bazu analizatora teksture i podvrgava dvostrukoj kompresiji (uz određeno zadržavanje kompresijske sonde

između dva ciklusa), a računalni program zapisuje krivulju promjene sile potrebne za kompresiju uzorka u vremenu podešenom prije eksperimenta. Iz dobivenih rezultata očitavaju se određeni parametri koji uglavnom vrlo dobro koreliraju sa senzorskim ispitivanjima uzorka. Tipični primarni parametri u ispitivanju teksture kruha su čvrstoća, kohezivnost, elastičnost i tzv. odgođena elastičnost, a i iz njih se dalje izračunavaju sekundarni parametri kao što je npr. otpor žvakanju (Foegeding i sur., 2003).

Za određivanje teksturalnog profila sira uzoraka koristio se uređaj TA.XT2i Plus (SMS Stable Micro Systems Texture Analyzer, Surrey, England), opremljen cilindričnim probnim tijelom P/20. Dobiveni podaci su analizirani s Texture Exponent 32 softverom (verzija 3.0.5.0.). Sirevi su rezani na kockice 15x15 mm, te kao takvi postavljeni na mjernu plohu instrumenta. Mjerenja su obavljena pri sobnoj temperaturi. ($20 \pm 2^\circ\text{C}$). Uzorci se podvrgavaju dvostrukoj kompresiji cilindričnim nastavkom TA-25, 50 mm dijametra, prema sljedećim parametrima:

- kalibracija visine: 25 mm,
- brzina prije mjerenja: 0,4 mm/s,
- brzina mjerenja: 0,4 mm/s,
- brzina nakon mjerenja: 0,4 mm/s,
- kompresija 80%,
- vrijeme zadržavanja između dvije kompresije: 5 s.

Računalni program zapisuje krivulju promjene sile potrebne za kompresiju uzorka u određenom vremenu prema parametrima podešenim prije eksperimenta (slika 1).

Iz dobivenih rezultata mogu se očitati:

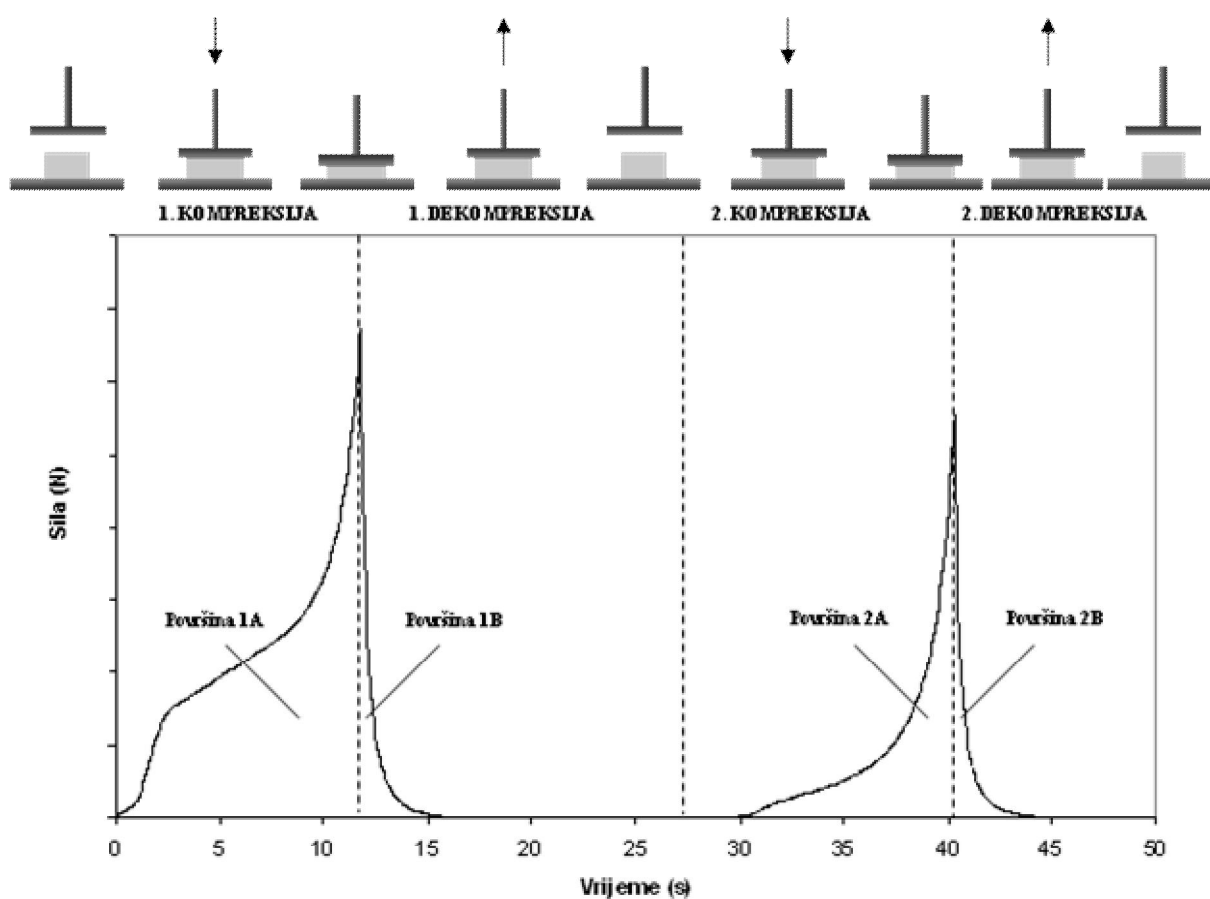
Čvrstoća (hardness) – visina prvog pika izražena u jedinicama sile (N) ili mase (g),

Kohezivnost (cohesiveness) – predstavlja snagu unutrašnjih veza materijala potrebnih da zadrže uzorak koherentnim pri deformaciji, a definirana je omjerom površina ispod drugog i prvog pika (Površina 2AiB/Površina 1AiB),

Elastičnost (resilience) – predstavlja tzv. trenutnu elastičnost, odnosno mjeru oporavka uzorka od deformacije pri prvoj kompresiji, a definirana je omjerom površine ispod krivulje tijekom prve dekompresije i površine ispod krivulje tijekom prve kompresije (Površina 1B/Površina 1A).

Odgođena elastičnost (springiness) – omjer visina uzorka do koje se on vraća tijekom vremena koje prođe između kraja prve kompresije i početka druge kompresije i početne visine uzorka,

Otpor žvakanju (*chewiness*) – predstavlja energiju koju je potrebno utrošiti za žvakanje uzorka, odnosno otpor uzorka žvakanju, a izračunava se kao umnožak čvrstoće, kohezivnosti i odgođene elastičnosti i izražava u jedinicama sile (N) ili mase (g).



Slika 1 Krivulja ispitivanja teksturalnog profila metodom dvostruke kompresije

3.2.4.2. Test proboda (Puncture test)

Test proboda sira također je obavljen uređajem TA.XT2i Plus (SMS Stable Micro Systems Texture Analyzer, Surrey, England). Za probod je korištena igla TT-43, dijametra 0.64 cm. Brzina proboda je bila 2.5 cm/min, i u silaznom i u uzlaznom toku. Ovim testom mjere se dva osnovna parametra:

Sila proboda u tijesto sira [N],

Sila proboda kore sira [N] (Muir i sur., 1997).

Kao uzorak uzima se komad sira, a igla probija koru i prodire 50mm u tijesto. Rezultati sile prodiranja u tijesto i sile proboda kore nalaze se u tablici 7.

3.2.5. Statistička analiza

Dobiveni rezultati statistički su analizirani primjenom deskriptivne analize (Descriptive statistic). Međusobno su podaci uspoređeni primjenom analize varijance (ANOVA) i Fisherovim testom najmanjih značajnih razlika (Least Significance Differences, LSD) na nivou značajnosti $p \leq 0.05$. Izračunate su korelacijske matrice između fizikalno kemijskih svojstava sira i njihovih teksturalnih osobina. Cjelokupna statistička analiza rađena je u programu Statistica ver. 7.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA).

4. REZULTATI

**Željka Marketanović: Analiza teksture polutvrdih sireva različitih proizvođača na
hrvatskom tržištu**

Tablica 3 Udio vode, proteina, mliječne masti i NaCl u uzorcima polutvrdih sireva

(%, g/100 g)

Uzorak	Voda*	Mliječna mast*	Proteini*	NaCl*
Trapist	39,45±2,7	31,05±1,5	23,32±1,25	1,70±0,15
Edamac 1	42,22±2,6	27,21±1,61	27,6±1,7	3,31±0,41
Edamac 2	40,65±2,4	27,85±1,11	27,05±1,1	3,05±0,52
Gouda	39,83±2,05	29,14±1,55	28,78±1,4	2,95±0,40
Ementaler 1	38,50±3,4	30,15±2,2	29,21±0,91	2,31±0,28
Ementaler 2	42,15±2,6	27,04±1,75	28,8±0,8	2,56±0,19
Cheddar	36,21±1,9	33,22±1,5	28,05±1,2	4,75±0,62
Feta	54,25±2,2	26,61±3,05	19,5±0,8	6,45±2,15

* - srednja vrijednost ± SD

Tablica 4 Aktivitet vode (a_w) i pH vrijednost polutvrdih sireva *

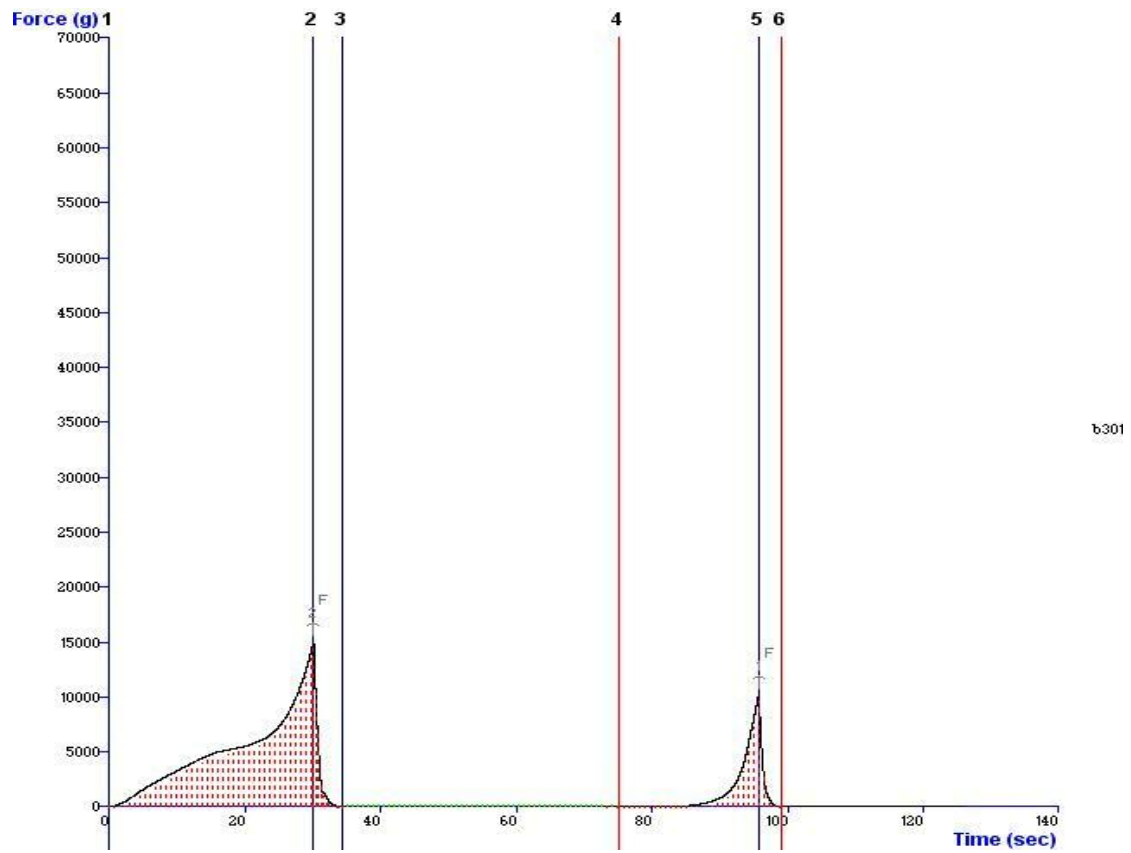
Uzorak	a_w	pH
Trapist	0,951±0,07	5,51±0,1
Edamac 1	0,949±0,15	5,10±0,05
Edamac 2	0,955±0,12	5,05±0,1
Gouda	0,909±0,09	5,20±0,1
Ementaler 1	0,970±0,11	5,55±0,05
Ementaler 2	0,966±0,11	5,60±0,15
Cheddar	0,953±0,09	6,15±0,25
Feta	0,961±0,10	5,20±0,10

* - srednja vrijednost ± SD

Tablica 5 Izmjerene vrijednosti parametara boje analiziranih polutvrdih sireva

Uzorak	L*	a*	b*
Trapist	83,15	-0,30	14,75
Edamac 1	79,73	-0,55	24,86
Edamac 2	78,25	-1,10	16,51
Gouda	78,56	2,15	27,71
Ementaler 1	75,55	2,85	28,03
Ementaler 2	73,50	3,25	22,15
Cheddar	74,29	0,57	24,31
Feta	85,72	-5,51	2,27

L* (0= tamno; 100 = potpuno svijetlo), a* (+ crveno, - zeleno), b* (+ žuto, - plavo)



Slika 2 Prikaz TPA krivulje za Cheddar sir

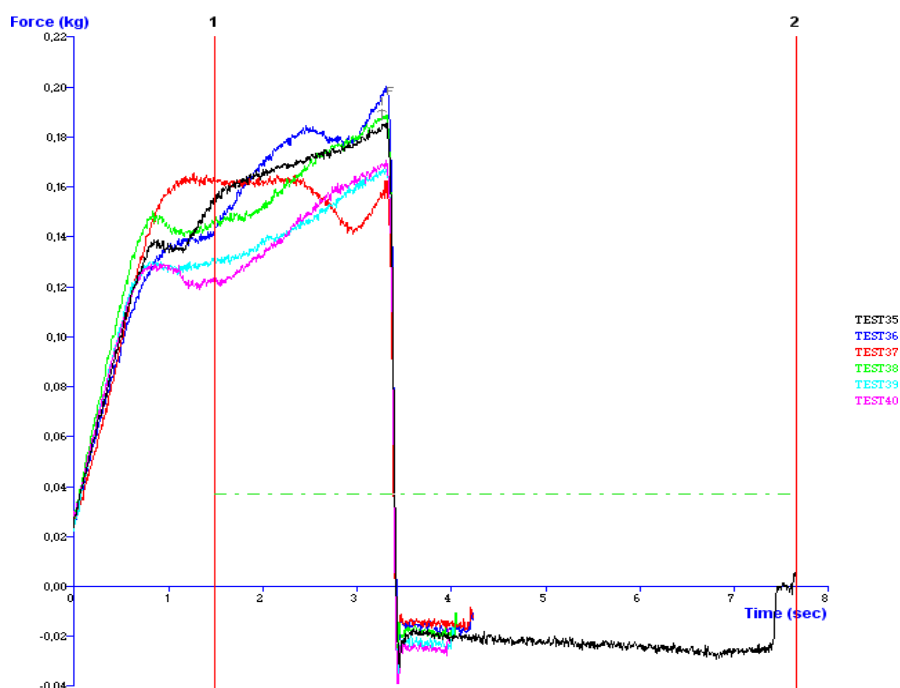
Tablica 6 Rezultati analize profila teksture polutvrdih sireva

Uzorak	Čvrstoća *	Kohezivnost ***	Elastičnost **	Odgođena elastičnost **	Otpor žvakanju *
Trapist	6710,621	0,354	0,07	0,363	574,045
Edamac 1	6657,333	0,348	0,065	0,272	230,184
Edamac 2	6835,317	0,361	0,071	0,425	413,661
Gouda	7245,056	0,359	0,048	0,370	334,701
Ementaler 1	6823,793	0,358	0,056	0,395	316,552
Ementaler 2	7275,952	0,365	0,051	0,448	332,350
Cheddar	7934,275	0,389	0,072	0,51	449,008
Feta	3356,779	0,147	0,009	0,075	97,116

* - [N] ili [g]

** - [mm]

*** - izvedena veličina [N/m^2]



Slika 3 Prikaz krivulje testa proboda za Ementaler sir

Tablica 7 Rezultati analize testa proboda ("Puncture" test) polutvrđih sireva

Uzorak	Sila prodiranja (kg/s) [*]	Sila probode kore (kg/s)
Trapist	212,228 ^c	122,594 ^b
Edamac 1	141,995 ^f	97,369 ^d
Edamac 2	244,318 ^b	62,005 ^a
Gouda	163,551 ^d	94,950 ^{de}
Ementaler 1	158,837 ^{de}	96,298 ^d
Ementaler 2	137,991 ^{fg}	115,623 ^c
Cheddar	321,649 ^a	181,319 ^a
Feta	75,448 ^h	31,706 ^f

^{*} - vrijednosti u istom stupcu obilježene istim slovom statistički se ne razlikuju na nivou značajnost $p \leq 0.05$

Tablica 8 Korelacija parametara teksture s udjelom proteina i masti u siru

Uzorak	r_1^*	r_2^*
Čvrstoća	0,16	-0,18
Kohezivnost	-0,31	-0,65
Elastičnost	-0,25	-0,41
Odgođena elastičnost	-0,11	-0,81
Otpor žvakanju	-0,24	-0,56

* - r_1 = koeficijent korelacije za udio proteina

** - r_2 = koeficijent korelacije za udio masti

Vrijednost korelacije koja je ukošena i podebljana je statistički značajna.

Statistički značajno na nivou značajnosti $P \leq 0.05$.

Tablica 9 Korelacijska matrica TPA parametara

	Čvrstoća	Kohezivnost	Elastičnost	Odgođena elastičnost	Otpor žvakanju
Čvrstoća	1,00	0,34	-0,36	0,53	0,61
Kohezivnost	0,34	1,00	0,81	0,28	0,56
Elastičnost	-0,36	0,81	1,00	0,21	0,79
Odg. elastičnost	0,53	0,32	0,17	1,00	0,74
Otpor žvakanju	0,61	0,69	0,79	0,74	1,00

Statistički značajno na nivou značajnosti $P \leq 0.05$

Vrijednost korelacije koja je ukošena i podebljana je statistički značajna.

Tablica 10 Korelacija vrijednosti parametara TPA analize s rezultatima testa prodora kroz tijesto sira ("Puncture" test)

TPA parametar	Test proboda
Čvrstoća	0,72
Kohezivnost	0,49
Elastičnost	-0,20
Odgođena elastičnost	0,18
Otpor žvakanju	0,53

Statistički značajno na nivou značajnosti $P \leq 0.05$

Vrijednost korelacije koja je ukošena i podebljana je statistički značajna.

5. RASPRAVA

Tekstura je jedan od najvažnijih parametara kakvoće tvrdih i polutvrđih sireva (Marshall, 1990). Uz okus i miris, konzumenti odabiru pojedinu vrstu sira na osnovi njene teksture, kao bitnog "vidljivog" činioca (Tamime & Marshall, 1997). U širokoj paleti polutvrđih kravljih sireva različiti su režimi i trajanja zrenja, a tekstura je jedan pokazatelj stadija i kakvoće procesa zrenja (Tratnik, 1998). Sastav polutvrđih kravljih sireva sa hrvatskog tržišta koji su analizirani u ovom radu prikazan je u Tablici 3. Osim polutvrđih sireva, analiziran je i jedan netipični meki sir, kompaktne teksture, Feta. Udio vode, mliječne masti i proteina varirao je između pojedinih vrsta sireva, ali i u okviru pojedine vrste, ovisno o proizvođaču (posebno za sir tipa Ementaler). Nadalje, zabilježene su i varijacije kod istih proizvođača, za istu vrstu sira, ali uzete s police u vremenskim razmacima od tjedan dana. Najveći udio vode, a najniži udio proteina i mliječne masti logično je imao sir Feta. Najveći udio mliječne masti imao je sir Cheddar, potom Trapist, ali najveći udio proteina imali su sirevi švicarskog tipa, Ementaler i Gouda. Vidljivo je i da statistički značajno najniži udio proteina je zabilježen u siru Trapist jednog domaćeg proizvođača. Iz podataka za udio soli u siru vidljivo je da su Feta i Cheddar izrazito slane vrste sira (osobito Feta), dok su od analiziranih vrsta najblaži po slanoći bili Ementaler i Trapist.

pH vrijednosti polutvrđih kravljih sireva s hrvatskog tržišta prikazane u Tablici 4. Konačna kiselost sireva odlika je vrste, procesa pripreme i režima zrenja sira. Stoga je i logično da se pH vrijednosti statistički značajno razlikuju, ovisno o vrsti sira (Lucey & Fox, 1993). Najviše pH vrijednosti imali su Cheddar sir, te sirevi tipa Ementaler. Visoka pH vrijednost (niska kiselost) Cheddar sira uvjetovana je standardnim postupkom procesuiranja (cheddarizacija) grude sira, dok se kod sireva tipa Ementaler višak kiseline odvodi ispiranjem gruš, pa su takvi sirevi švicarskog tipa (Swiss cheeses) redovito slatkasti i niske kiselosti (Marchessau i sur., 1997; Bertola i sur., 2000). Za razliku od pH vrijednosti, vrijednosti a_w bile su ujednačene za sve vrste sireva, a jedino su uzorci sira tipa Gouda imali statistički značajno niži aktivitet vode od ostalih vrsta sireva.

Od analiziranih sireva s hrvatskog tržišta neki se odlikuju prirodnom bojom, dok je nekima dodana prirodna boja, što je dopušteno Pravilnikom, ali mora se deklarirati na proizvodu. Prema istraživanjima nekih autora (Jurić i sur., 2003), kupci cijene ujednačenu žutu boju cijele površine sira, koja je tijekom čuvanja na policama podložna promjenama. Rezultati mjerenja parametara boje, prikazani u Tablici 5 pokazuju da je najizraženiju žutu nijansu imao sir Ementaler 1, dok je Ementaler 2, drugog proizvođača imao značajno manje izraženu žutu nijansu. Logično je da je sir Feta bio najsvjetliji i s najmanje izraženom žutom

nijansom boje. Vrlo izraženu svijetlu nijansu imao je sir Trapist, dok su ujednačeno svijetli bili uzorci sireva Gouda i Edamac. Trapist je imao također značajno manje izraženu žutu nijansu, a sir Edamac 2 razlikovao se značajno u žutoj nijansi od sireva Edamac 1 i Gouda. Ovakvi podaci pokazuju značajnu varijabilnost u boji polutvrdih kravljih sireva na hrvatskom tržištu, kako između pojedinih vrsta, tako i unutar jedne vrste, ovisno o proizvođaču.

Ukupna analiza profila teksture sireva daje nam detaljan uvid u osnovne parametre teksture sira, jednostavnija je i preciznija od senzorskih analiza, metode se lako standardiziraju, a rezultati su lakše usporedljivi (Marshall, 1990). Čvrstoća je važan parametar, jer ukazuje na tehnološki postupak proizvodnje sira kao i na stadij zrenja sira. Od analiziranih sireva najveću čvrstoću, ali i ostale analizirane parametre teksture, imao je Cheddar sir (Tablica 6). Posljedica je to tehnološkog postupka proizvodnje Cheddar sira (cheddarizacija), ali vjerojatno i dugotrajnijeg zrenja od ostalih analiziranih sireva. Iz podataka u Tablici 6 da su sirevi tipa Ementaler imali statistički značajno veću čvrstoću od ostali sireva (osim Cheddar-a), ali je sir Edamac 2 imao statistički značajno veću elastičnost od svih sireva osim Cheddara. Najveće vrijednosti za otpor žvakanju izmjerene su za sir Trapist, a potom Cheddar i Edamac 2. Vrijednosti za kohezivnost svih ispitivanih sireva bile su u korelaciji s vrijednostima za elastičnost, kako je vidljivo iz korelacijske matrice prikazane u Tablici 9. Osim toga u korelaciji su bile i vrijednosti za otpor žvakanju i elastičnost, kao i vrijednostima za odgođenu elastičnost. Također je vidljivo da vrijednosti za elastičnost i odgođenu elastičnost nisu u nikakvoj korelaciji ($r = 0,17$), što jasno govori da su to potpuno različiti parametri teksture sira. Feta je logično, imala najniže vrijednosti svih parametara teksture, jer Feta i jest na granici mekog i polu tvrdog sira, a deklarira se kao meki sir iz salamure. Ako se pogleda sveukupno analiza profila teksture za sve sireve, očigledno je da čvrstoća (tvrdoća) sira ne uvjetuje nužno i optimalne vrijednosti ostalih parametara teksture. Sirevi s manjom čvrstoćom teksture imali su visoke vrijednosti elastičnosti i odgođene elastičnosti. To znači da su određeni uzorci sireva unatoč nešto manjoj čvrstoći i kohezivnosti spremni oporaviti teksturu (vratiti je što bliže prvobitnom stanju prije kompresije) nakon dvije uzastopne deformacije.

Rezultati analize proboda sira sugeriraju otpor prodiranju igle u tijesto sira, kao i otpor kore probodu iglom. Rezultati za test proboda prikazani su u Tablici 7. Kod sira Cheddar izmjerena je najveća sila proboda kore, ali i najveća sila potrebna za prodiranje u sir. Rezultati testa proboda sugeriraju i varijabilnost u senzorskim svojstvima. Tako je sir Ementaler 2 imao formiranu koru, a sir Ementaler 1 ne. Stoga je i sila proboda kore sira Ementaler 2 bila statistički značajno veća nego kod sira Ementaler 1, ali je sila prodiranja bila

značajno veća kod sira Ementaler 1. Nakon Cheddara, najveća sila prodiranja izmjerena je kod sira Edamac 2, te kod sira Trapist. Iz vrijednosti za silu proboda kore, očigledno je da je sir Trapist imao najviše formiranu koru (i najdeblju), dok je sir Edamac 2 bio bez kore. Bez formirane kore bili su i sirevi Edamac 1 i Gouda, ali je bila potrebna nešto veće sila proboda površine kore. Svi ovi rezultati pokazuju da se na osnovi testa proboda mogu donijeti važni zaključci ne samo o teksturi, nego i o izgledu sira.

Rezultati statističke analize podataka mjerenja pokazuju da nije bilo značajnijih korelacija između sastava sira i mjerenih TPA parametara, osim korelacije između odgođene elastičnosti i udjela masti koja je značajna i iznosi -0,81 (Tablica 8). Rezultati testa proboda bili su u korelaciji s TPA rezultatima za čvrstoću.

6. ZAKLJUČCI

Na osnovi rezultata istraživanja provedenih u ovom radu, mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Čvrstoća je najveća kod sira s najmanjim udjelom vode (Cheddar), dok kod sireva s većim udjelom vode vrijednost za čvrstoću je manja,
- Vrijednosti za kohezivnost su podjednake, osim kod Feta sira koji ima visok udio vode u odnosu na druge sireve, pa je ta vrijednost dosta manja. Također, Feta ima najmanje vrijednosti za kohezivnost, elastičnost, odgođenu elastičnost, te najmanji otpor žvakanja,
- Kod sira Cheddar koji ima najviši udio mliječne masti i najviši pH, najveće su i vrijednosti za čvrstoću, kohezivnost, elastičnost, silu proboda kore i prodiranja,
- Ementaler 1 je sir koji ima najizraženiju žutu boju, a najmanji udio vode (pored Cheddar sira) i najveći a_w ,
- Promjena sadržaja proteina nema statistički značajan utjecaj na parametre teksture,
- Statistički značajna korelacija između TPA parametara bila je ona između elastičnosti i kohezije, između otpora pri žvakanju i elastičnosti, te između otpora pri žvakanju i odgođene elastičnosti,
- Čvrstoća sira je u statistički značajnoj korelaciji sa testom proboda (ona iznosi 0,72), dok je udio masti u korelaciji sa odgođenom elastičnošću.

7. LITERATURA

Vedran Slačanac : Proizvodnja sira na obiteljskim gospodarstvima Osječko-baranjske županije, brošura za proizvođače, (HZPSS) Osječko-baranjske županije, 2008.

A. POPOVIĆ-VRANJEŠ i sur.: Kemijski sastav i senzorna svojstva sira, Mljekarstvo 59 (1), 70-77 (2009)

Hort, J., Le Grys, G.(2000) Rheological models of Cheddar cheese texture and their application to maturation, Journal of Texture Studies 31, 1-24

Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H., Fundamentals of cheese science. Aspen Publishers, 2000.

S. KARLOVIĆ i sur.: Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam 4 (3-4), 98-103 (2009)

R.C.Lawrence, L.K.Creamer, and J.Gilles, New Zealand Dairy Research Institute: Texture Development During Cheese Ripening, Journal of Dairy Science Vol.70, No. 8, 1987.

Creamer, L.K.1985. Water absorption by renneted casein micelles. Milchwissenschaft 40:589

Creamer, L.K., R.C.Lawrence, and J.Gilles.1985. Effect of acidification of cheese milk on the resultant Cheddar cheese. N.Z.J.Dairy Sci. Technol. 20:185

Creamer, L.K., and N.F.Olson.1982. Rheological evaluation of maturing Cheddar cheese. J.Food Sci.47:631

de Jong, L.1978.1 The influence of the moisture content on the consistency and protein breakdown of cheese. Neth.Milk Dairy J.32:1

de Jong, L.1978.2 Protein breakdown in soft cheese and its relation to consistency. 3.The micellar structure of Meshanger cheese. Neth.Milk Dairy J.32:15

Geurts, T.J., P.Walstra, and H.Mulder. 1972. Brine composition and the prevention of the defect „soft rind“in cheese. Neth.Milk Dairy J.26:168

Hall, D.M., and L.K.Creamer.1972. A study of the sub-microscopic structure of Cheddar, Cheshire and Gouda cheese by electron microscopy. N.Z.J.Dairy Sci.Technol.7:95

Mou, L., J.J.Sullivan, and G.R.Jago.1975. Peptidase activities in group N streptococci. J.Dairy Res.42:147

Roefs, S.P.F.M., P.Walstra, D.G.Dalgleish, and D.S.Home.1985. Preliminary note on the change in casein micelles caused by acidification. Neth.Milk Dairy J. 39:119

- Sandine, W.E., & Elliker, P.R. (1970): Microbially induced flavors and fermented foods: flavor in fermented dairy products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 18, 557-566
- Bertola, N. C., Califano, A. N., Bevilacqua, A. E., Zaritsky, N. E. (2000): Effects of ripening conditions on the texture of Gouda cheese. *Int. J. Food Technol.*, 35, 207-214.
- Drake, M. A., Gerard, P. D., Truong, V. D., Daubert, C. A. (1999): Relationship between instrumental and sensory measurements of cheese texture. *J. Texture Stud.*, 30, 451-476.
- Everett, D. W. (2007): Microstructure of natural cheeses. U: *Structure of Dairy Products*, A. Y. Tamime (ur.), Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK, pp. 170-201.
- Foegeding, E. A., Brown, J., Drake, M-A., Daubert, C. R. (2003): Sensory and mechanical aspects of cheese texture. *Int. Dairy J.*, 13, 585-591.
- Jurić, M., Bertelsen, G., Mortensen, G., Petersen, M. A. (2003): Light-induced colour and aroma changes in sliced, modified atmosphere packaged semi-hard cheeses. *Int. Dairy J.*, 13, 239-249.
- Lawrence, R. C., Gilles, J., Creamer, L. K. (1987): Symposium: Cheese ripening technology. *J. Dairy Sci.*, 70, 1748-1760.
- Lucey, J.A. & Fox, P. F. (1993): Importance of calcium and phosphate in cheese manufacture: a review. *J. Dairy Sci.*, 76, 1714-1724.
- Marchessau, S., Gastaldi, E., Lagaude., A., Cuq, J. -L. (1997): Influence of pH on protein interactions and microstructure of processed cheese. *J. Dairy Sci.*, 80, 1483-1489.
- Marshall, R. J. (1990): Composition, structure, rheological properties and sensory texture of processed cheese analogues. *J. Sci. Food Agricult.*, 50, 237-252.
- Michalski, M. S., Gassi, Y. G., Famelart, M. H., Leconte, N., Camier, B., Michel, F., Briard, V. (2003): The size of native milk fat globules affects physico-chemical and sensory properties of Camembert cheese. *Lait*, 83, 343-358.
- Muir, D. D., Williams, S. A. R., Tamime, A. Y., Shenana, M. E. (1997): Comparison of sensory profiles of regular and reduced fat commercial processed cheese spreads. *J. Food Sci. Technol.*, 32, 279-287.
- Tamime A. Y. and Marshall V. M. E. (1997): Microbiology and technology of fermented milks. Ch. 2. U: *Microbiology and Biochemisry of Cheese and Fermented milk*, B. A. Law (ur.), Chapman & Hall, London, pp. 57 -95..

Tratnik Lj. (1998): Mlijeko - Tehnologija, biokemija i mikrobiologija, Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb.