

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

Ivana Vranić

**REOLOŠKA I SENZORSKA SVOJSTVA KISELE SIRUTKE S
DODACIMA**

Diplomski rad

Osijek, rujan 2009.

BIBLIOGRAFSKI PODACI:

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Institucija u kojoj je rad izrađen: Prehrambeno – tehnološki fakultet

Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku

Nastavni predmet: Poznavanje sirovina prehrambene industrije (animalni dio)

Mentor: Dr. sc. Vedran Slačanac, doc.

Broj stranica: 44

Broj slika: 11

Broj tablica: 17

Broj priloga: 2

Broj literaturnih referenci: 23

Datum obrane: 29. 09. 2009.

Sastav povjerenstva za obranu:

1. Dr. sc. Tihomir Moslavac, doc. - predsjednik
2. Dr. sc. Vedran Slačanac, doc. - mentor
3. Dr. sc. Antonija Perl Pirički, izv. prof., član
4. Dr. sc. Jurislav Babić, doc. - zamjenik člana

Rad je pohranjen u knjižnici Prehrambeno - tehnološkog fakulteta Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku, Kuhačeva 20.

*Tema rada je prihvaćena na VI. sjednici Odbora za završne i diplomske ispite
Prehrambeno – tehnološkog fakulteta u Osijeku, održanoj 7. 11. 2008. g.*

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1. SIRUTKA	2
2.1.1. Sastav, svojstva i uporaba sirutke	2
2.1.2. Postupci prerade sirutke	6
2.1.3. Proizvodnja sirutke u prahu	7
2.2. DODATCI	8
2.2.1. Koncentrirani voćni sokovi	8
2.2.2. Ugljikohidrati	8
2.2.3. Mliječne komponente	9
2.3. NAPITCI NA BAZI SIRUTKE	10
2.4. REOLOŠKA SVOJSTVA	12
2.4.1. Deformacije	13
2.4.2. Viskoznost	14
2.4.3. Reološka svojstva tekućih namirnica	15
2.4.3.1. Newtonski sustavi	15
2.4.3.2. Ne-Newtonski sustavi	16
2.4.3.2. Visokoelastični sustavi	19
2.4.4. Utjecaj temperature na viskoznost	20
2.4.5. Uređaji za mjerenje reoloških svojstava	20
2.5. SENZORSKA ANALIZA	22
2.5.1. Parametri senzorske kakvoće	22
2.5.1.1. Izgled	22
2.5.1.2. Miris	23
2.5.1.3. Okus	23
2.5.1.4. Tekstura	24
2.5.2. Provođenje senzorske analize	24
2.5.3. Testovi u senzorskoj analizi	24
3. EKSPERIMENTALNI DIO	26
3.1. ZADATAK	26
3.2. MATERIJALI I METODE	27
3.2.1. Materijali	27

3.2.2. Metode	28
3.2.2.1. Priprema kisele sirutke s dodatcima	28
3.2.2.2. Mjerenje reoloških svojstava	31
3.2.2.3. Određivanje senzorskih svojstava	32
3.3. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA	32
4. REZULTATI	33
5. RASPRAVA	39
6. ZAKLJUČCI	42
7. LITERATURA	43
8. PRILOZI	44

Reološka i senzorska svojstva kisele sirutke s dodacima

Sažetak

U ovom radu istraživana su reološka svojstva kisele sirutke (od kravljeg mlijeka) s dodacima: ugljikohidrati 5% (glukoza, fruktoza, saharoza, maltoza, laktoza, trehaloza, inulin TEX, inulin HD, javorov sirup, med-bagrem), mliječne komponente 8% (sojino mlijeko u prahu, Ca-kazeinat, sirutka u prahu) i voćni sirupi jagoda, ananas, limun i dinja u udjelima (7%, 10%, 13%). Mjerenje reoloških svojstava provedeno je na rotacijskom viskozimetru „Rheomat 15T“ kod temperature 23 °C i 10 °C.

Senzorska analiza provedena je na odabranim uzorcima pripremljenima s: glukozom 5%, sirutkom u prahu 8%, različitim voćnim sirupima 10% (jagoda, ananas, limun i dinja) i sirupima limuna i dinje u različitim koncentracijama (7%, 10%, 13%). Panel je ocjenjivao sljedeća svojstva: intenzitet mirisa, miris na kiselo, voćni miris, prisutnost stranog mirisa, slatko, kiselo, naknadni okus te ukupnu prihvatljivost uzoraka ohađenih na 23 °C.

Rezultati istraživanja reoloških svojstava pokazali su da kisela sirutka s dodacima predstavlja Newtonsku vrstu tekućine, te da najveći utjecaj na viskoznost pokazuje uzorak kisele sirutke s sirupom jagode, sirutkom u prahu i inulinom TEX.

Ispitivanjem senzorskih svojstava kisele sirutke s dodacima, iako nije bilo značajne statističke razlike osim u svojstvu slatkoće, pokazalo se da najintenzivniji miris, prisutnost voćnog mirisa, kao i najslabiji miris na kiselo, te slatkoću osrednje jako izraženu ima uzorak sa sirupom jagode (10%), koji je i ukupno ocijenjen kao najprihvatljiviji.

Ključne riječi: kisela sirutka, reološka svojstva, senzorska svojstva, voćni sirupi

Rheological and sensory properties of whey with different additives

Abstract

In this research rheological properties of whey (produced from cow milk) with addition of: carbohydrates 5% (glucose, fructose, sucrose, maltose, lactose, trehalose, inulin TEX, inulin HD, maple syrup, acacia honey), milk components 8% (soy powder milk, Ca-caseinate, whey powder) and different fruit syrups: strawberry, pineapple, lemon and cantaloupe in 7%, 10% and 13% content were investigated. Rheological properties were measured by rotational viscometer “Rheomat 15T” at 23°C and 10°C.

Sensory properties were analyzed for selected samples prepared with: glucose 5%, whey powder 8%, different fruit syrups 10% (strawberry, pineapple, lemon and cantaloupe) and lemon and cantaloupe syrups in different concentrations (7%, 10%, 13%), respectively. Sensory panel evaluated following properties: odour intensity, acid odour, fruit odour, foreign odour, sweetness, acidity, aftertaste and overall acceptability of samples cooled to 23°C.

Results of rheological measurements showed that whey with additives was Newtonian fluid, where highest viscosity had sample with addition of strawberry, whey powder and inulin TEX.

In sensory evaluation of whey with additives there was no statistically significant difference between sample properties, with exception of sweetness. Most intensive odour, fruit smell and weakest acid odour with medium sweetness had sample with addition of strawberry syrup (10%), which was, overall, graded as most acceptable.

Key words: whey, rheological properties, sensory properties, fruit syrups

1. UVOD

Sirutka predstavlja sporedni proizvod koji nastaje u tehnološkom procesu proizvodnje sira, čiji sastav i svojstva ovise o tehnologiji proizvodnje osnovnog proizvoda, te o kakvoći mlijeka [1]. Prema prosječnom sastavu sirutka sadrži oko 93% vode, a u nju prelazi i oko 50% suhe tvari mlijeka. Najveći dio sirutke čini laktoza, manje od 1% proteini sirutke, a u manjim količinama prisutne su mineralne tvari i vitamini topljivi u vodi. Sirutka je nutritivno visoko vrijedan proizvod a posjeduje i terapijska svojstva pa se koristi u prevenciji raznih bolesti.

Prerada sirutke u napitke počela je još 70-tih godina prošlog stoljeća, a do danas je razvijena čitava paleta sirutkinih napitaka, proizvedenih od slatke ili kisele sirutke [2].

Poznavanje reoloških svojstava važno je zbog definiranja uvjeta procesa proizvodnje, praćenja i mogućnosti povećanja stabilnosti procesa, za skladištenje i transport.

Veliku ulogu u kreiranju novih prehrambenih proizvoda ima senzorska analiza, kojom trenirani panel procjenjuje organoleptička svojstva hrane poput vanjskog izgleda, boje, okusa, mirisa, teksture. Također su značajna i ispitivanja preferencije i/ili prihvatljivosti proizvoda, koja se provode na ciljanim skupinama potrošača [3].

Zadatak ovog rada bio je ispitati reološka i senzorska svojstva kisele sirutke s dodatcima.

2. EKSPERIMENTALNI DIO

2.1. SIRUTKA

Sirutka je sporedni proizvod u tehnološkom procesu proizvodnje sira ili kazeina pa je vrlo promjenjivog sastava [4]. Mora sadržavati najmanje 6% suhe tvari. Može se proizvoditi sa ili bez dodatka starter kulture [5]. Ovisno o načinu koagulacije kazeina, nastaje kisela (djelovanjem kiseline) ili slatka sirutka (djelovanjem enzima).

U sirutku prelazi oko 50% od suhe tvari mlijeka: uglavnom laktoza i proteini sirutke, topljive mineralne tvari i vitamini B skupine, dok se vitamin C razgradi već tijekom proizvodnje sira [1].

Švicarska, Njemačka i Austrija su danas najveći proizvođači napitaka od sirutke [4].

Smatra se da jedna litra sirutke može zadovoljiti dnevnu potrebu organizma za vitaminom B₂, (riboflavinom) od kojeg potječe žuto zelena boja sirutke [1].

2.1.1. Sastav, svojstva i uporaba sirutke

Sastav i svojstva izdvojene sirutke (Tablica 1.) ovise o tehnologiji proizvodnje osnovnog proizvoda (sira) te o kakvoći uporabljenog mlijeka.

Tablica 1. Sastav i svojstva sirutke* [1]

Sastav i svojstva sirutke	Slatka sirutka		Kisela sirutka		Kazeinska sirutka	
	od-do	$\bar{x}$	od-do	$\bar{x}$	od-do	$\bar{x}$
Suha tvar (%)	4,5-7,2	6,5	4,2-7,4	6,0	4,5-7,5	6,8
Laktoza (%)	3,9-4,9	4,5	3,2-5,1	4,2	3,5-5,2	4,5
Proteini (%)	0,5-1,1	0,7	0,5-1,4	0,8	0,5-1,5	1,0
Pepeo (%)	0,3-0,8	0,5	0,5-0,8	0,6	0,3-0,9	0,7
Mast (%)	0,3-0,5	0,4	0,05-0,4	0,2	0,02-0,2	0,1
Kiselost (°T)	10-25	20	50-85	70	50-120	70
Gustoća (kg/m ³)	1018-1027	1023	1019-1026	1029	1020-1025	102

*sirutka od proizvodnje slatkih (1), kiselih (2) sireva i od kiselog kazeina (3).

$\bar{x}$ - srednja vrijednost

Prema kiselosti, sirutka se može svrstati u tri skupine [1]:

- slatka sirutka: titracijska kiselost od 0,10% do 0,20%, pH vrijednost 5,8-6,6
- srednje kisela: titracijska kiselost od 0,20% do 0,40%, pH vrijednost 5,0-5,8
- kisela sirutka: titracijska kiselost veća od 0,40% , pH vrijednost < 5,0.

Titracijska kiselost izražena je u postocima mliječne kiseline.

Najveći postotak suhe tvari čini laktoza (oko 70%), ovisno o kiselosti sirutke, slijede sirutkini proteini, mineralne tvari, te mast. U sirutku prelaze i ugljikohidrati, koji zaostaju nakon proizvodnje sira od kojih čak 90% čini laktoza, zatim glukoza i galaktoza, te oligosaharidi i aminošećeri (Tablica 2.).

Proteini sirutke su najvrjedniji sastojak sirutke, a neosjetljivi su na djelovanje kiseline ili enzima i tijekom koagulacije ostaju nepromijenjeni. Nakon izdvajanja gruš u potpunosti prelaze u sirutku, pa se tako i razlikuju od kazeina (veća molekula) proteina mlijeka) [1]. Puno su manje molekule od kazeina i jednostavnije su građe, posjeduju izvrsna funkcionalna svojstva: topljivost, viskoznost, sposobnost emulgiranja, želiranja, apsorpcije vode te inkorporacije zraka. Odlikuju se većim udjelom esencijalnih aminokiselina.

Tablica 2. Sastojci suhe tvari i udjela proteina u sirutki [1]

Sastojci suhe tvari	(g/100ml)	od ukupnih (%)	Proteini sirutke	od ukupnih (%)
Laktoza	4,66	71,7	β -laktoglobulin	50
Proteini sirutke	0,91	14,0	α -laktoalbumin	22
Mineralne tvari	0,50	7,7	imunoglobulini	12
Mliječna mast	0,37	5,7	proteoza-peptoni	10
Ostalo	0,06	0,9	albumin seruma	5
Ukupno	6,50	100,0	ostalo	1

Za iskoristivost proteina sirutke u organizmu, bitan je omjer aminokiselina cistein/metionin. (cistein utječe na razvoj mozga i ima antikancerogena svojstva) [1,4]. Udjel slobodnih aminokiselina ovisi o stupnju hidrolize kazeina, kod proizvodnje sireva.

Kod slatke sirutke, udjel slobodnih aminokiselina je četiri puta veći nego u početnom mlijeku, a u kiseloj sirutki čak 10 puta veći. Hranjiva vrijednost sirutke pripisuje se velikom udjelu cisteina, metionina i lizina (Tablica 3.).

Tablica 3. Udio aminokiselina (mg/l) u sirutki [1]

Sirutka	Slobodne aminokiseline		U proteinima	
	Ukupne	Esencijalne	Ukupne	Esencijalne
Slatka	132,7	51,0	6,450	3,326
Kisela	450,0	356,0	5,590	2,849

Sastav mineralnih tvari koje se nalaze u sastavu kisele ili slatke sirutke je najviše promjenjiv, zbog različitih biokemijskih procesa u proizvodnji sireva.

U sirutku prelaze gotovo sve topljive soli koje se nalaze u sastavu mlijeka kao i one koje su naknadno dodane tijekom proizvodnje. Mineralne tvari u sirutki su približno istog udjela kao što se nalaze u mlijeku, osim kalcija i fosfora koji zaostaju kao kazein i daju bijelu boju siru, a preostaje sirutka žućkaste boje od riboflavina.

Kisela sirutka sadrži veću količinu mineralnih tvari od slatke, jer je pri većoj kiselosti sredine veća i topljivost soli i Ca-fosfata (Tablica 4.) [1].

Tablica 4. Količina kalcija i fosfora (mg/100g) u sirutki [1]

Sirutka	Kalcij	Fosfor
Slatka	56	51
Kisela	63	58
Kazeinska	120	65

Vitamini topljivi u vodi, u sirutku prelaze iz mlijeka, dok vitamini topljivi u masti samo djelomično, ovisno o količini masti koja zaostaje u proizvodnji sira. Kobalamin (vitamin B12) i folna kiselina nalaze se u vezanom obliku s proteinima sirutke [1,4].

Mliječna mast se uglavnom zadrži u siru. Kisela sirutka sadrži manje masti, jer se kiseli svježi sirevi proizvode uglavnom od obranog mlijeka. Mliječna mast koja prelazi u sirutku bolje je dispergirana i sadrži veći postotak manjih globula (Tablica 5.).

Tablica 5. Postotak i veličina masnih globula u mlijeku i sirutki [1]

Globule masti	< 2 μ	2,5-4,7 μ	> 4,7 μ
Mlijeko	51,9	47,9	0,2
Sirutka	72,6	25,5	1,9

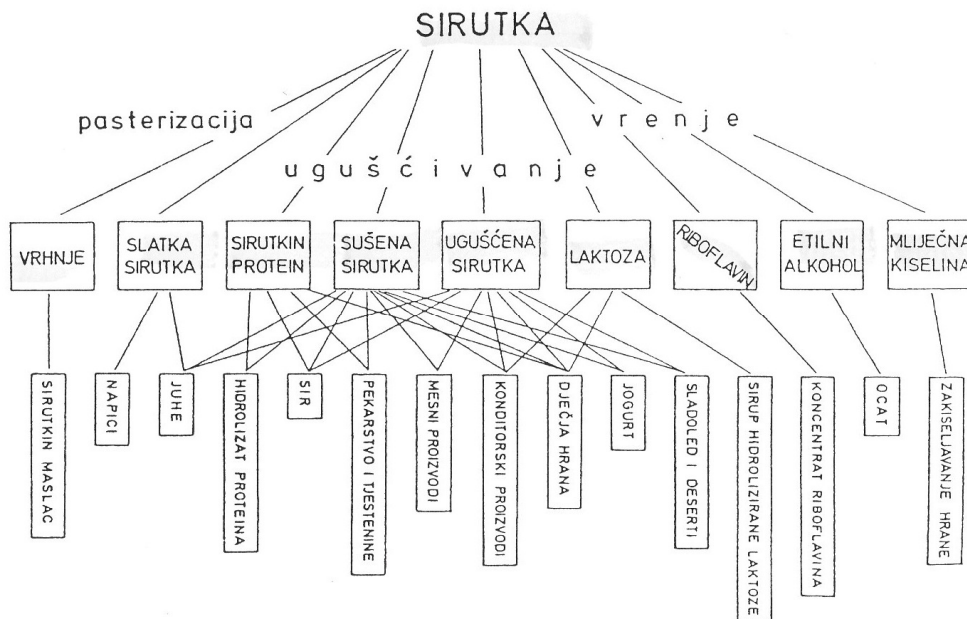
Sadržaj mliječne kiseline je promjenjiv i ovisi o postupcima proizvodnje sira, mikroflori ali i načinu čuvanja sirutke.

Tablica 6. Količina mliječne kiseline (%) u sirutki [1]

Sirutka	Slobodna		Vezana kao laktat		Ukupno	
	Od-do	$\bar{x}$	Od-do	$\bar{x}$	Od-do	$\bar{x}$
Slatka	0,11-0,14	0,12	0,62-0,65	0,64	0,73-0,70	0,76
Kisela	0,19-0,15	0,14	0,77-1,11	0,94	0,92-1,24	1,08

$\bar{x}$ - srednja vrijednost

Zbog svojeg sastava sirutka predstavlja vrlo pogodan supstrat za rast i razvoj mikroorganizama koji potječu od mikrobne kulture sireva ili od mlijeka, pa je treba u što kraćem roku preraditi u željeni proizvod (Slika 1.).



Slika 1. Mogućnosti uporabe sirutke [4]

Glavni je nedostatak sirutke što sadrži veliku količinu vode, dok je u suhoj tvari sadržan velik postotak mineralnih tvari, Ca-fosfata, laktata i mliječne kiseline, koji su glavni uzročnici tehnoloških problema, pa se rijetko prerađuje [1,4].

Sirutka se najviše koristi za proizvodnju koncentrata proteina sirutke, laktoze, kombinacijom različitih membranskih postupaka ali i za dobivanje sirutke u prahu primjenom metoda sušenja [4].

2.1.2. Postupci prerade sirutke

Zbog velikog sadržaja vode, sirutka je idealna sredina za razvoj mikroorganizama, čemu doprinosi temperatura i kemijski sastav, stoga ju je potrebno brzo ohladiti. Nedostatak sirutke je i veliki sadržaj mineralnih tvari, koje mogu uzrokovati pjeskovitost te slano trpki okus.

Voda se uklanja postupcima koncentriranja, uparavanjem u isparnim stanicama, primjenom membranskih postupaka (reverzna osmoza i ultrafiltracija) [1].

Postupci demineralizacije sirutke

Najviše se koriste kod proizvodnje dječje hrane.

Sirutka se demineralizira postupcima: ionske izmjene, elektrodijalize, nanofiltracije [1].

Postupci koncentriranja sirutke

Primjenjuju se postupci: klasično uparavanje (za koncentriranje ukupne suhe tvari sirutke do željenog udjela), membranski postupci (reverzna osmoza za koncentriranje ukupne suhe tvari do 30%), ultrafiltracija i dijafiltracija te kombinacija koncentriranja sirutke i reverznom osmozom i klasičnim uparavanjem [1].

2.1.3. Proizvodnja sirutke u prahu

Sirutka u prahu dobiva se sušenjem koncentrirane sirutke (40-60% suhe tvari). Ako se sušenje provodi na valjcima dobiva se prah slabije kakvoće. Za bolju kvalitetu sirutke koristi se postupak sušenja raspršivanjem (sprej postupak) [1].

Sušenje raspršivanjem je ekonomičan postupak i velikog kapaciteta primjene, a sastoji se od četiri osnovna stupnja:

- raspršivanje tekuće sirutke
- kontakt sirutke sa zrakom, kojim se provodi dehidratacija
- isparavanje vode iz raspršenih kapljica,
- odvajanje osušenog praha sirutke od izlazećeg zraka [6].

Sušenje na valjcima je vrlo raširen postupak, a koristi se za sušenje tekućih, polutekućih, a najčešće kašastih proizvoda. Sušenje se može provoditi na atmosferskom tlaku ili u vakumu na jednom ili više šupljih valjaka, unutar kojih cirkulira ogrjevni medij (para ili vruća voda). Proizvod u prahu se mora ohladiti još na valjku kako bi imao dobra fizikalna svojstva, tj. da se može dobro rekonstituirati [6].

2.2. DODATCI

2.2.1. Koncentrirani voćni sokovi

Koncentrirani voćni sok proizvodi se od voćnog soka jedne ili više vrsta voća izdvajanjem određene količine vode fizikalnim postupcima. Ako je proizvod namijenjen krajnjem potrošaču, količina izdvojene vode treba iznositi najmanje 50% [8].

2.2.2. Ugljikohidrati

Inulin je snažan prebiotik, služi kao hrana probiotskim kulturama u ljudskom organizmu. Poboljšava teksturu i voluminoznost prehrambenih proizvoda, a može poslužiti i kao zamjena za mast i šećer [10].

Trehaloza je disaharid, građena od dvije molekule glukoze. Izuzetno je termostabilan šećer, sa pH djelovanjem od 3.5 do 10. Zbog ovih fizičkih karakteristika, trehaloza predstavlja zanimljivu sirovinu za industriju. Budući da pokazuje slatkoću kao saharoza, koristi se u industriji hrane kao zaslađivač [11].

Maltoza je disaharid, sastoji od dvije glukoze, a dobiva se iz biljnih i životinjskih polisaharida, škroba iz krumpira ili žitarica [11].

Saharoza je konzumni šećer, najvažniji disaharid, sastoji se od glukoze i fruktoze, dobiva se iz šećerne repe i šećerne trske.

Laktoza je mliječni šećer, sastoji se od glukoze i galaktoze, a nalazi se u mlijeku i mliječnim proizvodima [9].

Glukoza, dekstroza je monosaharid, nalazi se u voću i medu, a industrijski se dobiva djelovanjem razrijeđene kiseline na škrob [11].

Fruktoza je monosaharid, nalazi u zrelom voću i medu, slađa je od saharoze, lakše se topi u vodi i brže resorbira od glukoze [11].

Bagremov med je viskozan, svijetle boje, gotovo proziran, ugodnog mirisa i blagog okusa. Ubraja se u najcjenjenije vrste meda. Pomaže kod nesanice, umiruje nadraženi živčani sustav i otklanja posljedice stresa. Ostaje u tekućem stanju i jedan je od vrsti meda koji vrlo sporo kristalizira zbog toga što u sastavu sadrži više fruktoze od glukoze [12].

Javorov sirup je aromatični koncentrirani sok izvorno porijeklom iz Kanade. Dobiva se zarezivanjem stabla javora u vremenskom periodu od 4 do 6 tjedana u ožujku i travnju. Razlikujemo dvije vrste: A-stupnja i C-stupnja. Javorov sirup C-stupnja dobiva se tijekom kraja perioda zarezivanja stabala i ima puniji okus i tamniju boju. Javorov sirup sadrži velik udio minerala [13].

2.2.3. Mliječne komponente

Sirutka u prahu

Sirutka u prahu dobivena iz kravljeg mlijeka koristi se kao važna sirovina u prehrambenoj industriji, a također i u proizvodnji stočne hrane.

Nutritivnu vrijednost sirutke u prahu karakterizira sadržaj visoko vrijednih mliječnih proteina, odnosno esencijalnih aminokislina, vitamina A, vitamina grupe B, te mikroelemenata.

Prosječni kemijski sastav:

- ukupna suha tvar 96%,
- sadržaj masti 1%,
- sadržaj proteina 12-14%,
- sadržaj laktoze 73-75%,
- sadržaj minerala 8%.

Energetska vrijednost 100 g sirutke u prahu je 360 kcal [7].

Sojino mlijeko

Sojino mlijeko je vodeni ekstrakt sojinog zrna ili fina emulzija sojinog brašna odnosno izoliranih sojinih proteina u vodi s dodatkom vitamina, mineralnih tvari i arome. Sadrži visokovrijedne proteine, nezasićene masne kiseline, topljiva i netopljiva vlakna, izoflavone. Sojini proteini pomažu pri smanjenju razine kolesterola, ublažavaju simptome menopauze, smanjuju rizik oboljenja od karcinoma, osteoporoze i žučnih kamenaca [14].

Nedostaci soje su neprobavljivi oligosaharidi, neugodan okus koji potječe od nekih aldehida i ketona.

Kemijski sastav:

- proteini 3,6 g,
- masti 2,2 g,

- ugljikohidrati 3,4 g,
- dijetalna vlakna 1,3 g,
- kolesterol 0 g.

Energetska vrijednost 100 g sojinog mlijeka je 52 kcal [14].

Ca-kazeinat

Kazein se stvara samo u mliječnim stanicama, pa je najvažniji protein, a čini oko 83% ukupnih proteina mlijeka. Kazein je najkompletniji zbog sastava aminokiselina koje su potrebne za ljudsko zdravlje. Koloidno je dispergiran kao Ca-kazeinat i daje plavkasto-bijelu boju mlijeku. Dodatkom kiseline kalcij se veže za kiselinu, a kazein se gruša tj. koagulira.

Nedostatak sekundarne i tercijarne strukture čini kazein stabilnim na denaturaciju i pridonosi njegovoj površinskoj aktivnosti dajući mu dobra pjenasta i emulgacijska svojstva koja su poželjna u proizvodnji [15].

2.3. NAPITCI NA BAZI SIRUTKE

Već u davna vremena stari Grci su primijetili da sirutka ima terapijsko djelovanje te su je primjenjivali u medicini, pa tako zdravstvenu vrijednost sirutke ističe još Hipokrat (460. godine p.n.e.) i preporuča je u terapijama za liječenje tuberkuloze, kožnih bolesti, žutice, probavnih smetnji [4].

70-ih godina prošlog stoljeća, u prehrambenoj industriji počeo je razvoj napitaka na bazi sirutke, jer sirutka obzirom na svoja organoleptička svojstva nije baš poželjan napitak za konzumiranje. Međutim, danas se uz primjenu novih tehnologija i raznih dodataka mogu dobiti zdravi proizvodi prihvatljivi svim dobnim skupinama. Razvijanjem novih tehnoloških metoda sirutka se sve rjeđe baca, već se uspješno prerađuje i koristi u proizvodnji različitih zdravstveno visoko vrijednih proizvoda [1,2,16,21].

Danas su poznate brojne zdravstvene, funkcionalne i terapijske vrijednosti sirutke. Napitci na bazi sirutke potiču peristaltiku crijeva, olakšavaju apsorpciju kalcija i fosfora, uspostavljaju blago kiselu reakciju u crijevima i time sprečavaju rast i razmnožavanje štetnih bakterija. Terapijsko djelovanje pripisuje se i zbog sadržaja esencijalnih aminokiselina lizina, cisteina i cistina [2].

Proteini sirutke, zbog svojih izvrsnih funkcionalnih svojstava najviše se koriste kao želirajuća sredstva, emulgatori, modifikatori teksture, sredstva za zgrušavanje, sredstva za pjenjenje i kao dodatci prehrambenim proizvodima. Dodatci prehrambenim proizvodima na bazi sirutke, pojavljuju se kao izolati i koncentracije proteina sirutke, a imaju široku primjenu kod proizvodnje dijetalnih proizvoda, farmaceutskih i kozmetičkih proizvoda.

Napitci od sirutke mogu biti:

- Fermentirani napitci koji se pripremaju dodatkom probiotičkih bakterija, pa se tako dodatno povećava njena zdravstvena i nutritivna vrijednost [17].

- Alkoholni napitci koji imaju mali udio alkohola (do 1,5%) a primjeri takvih napitaka su sirutkino vino i pivo. Sirutka je zbog velikog sadržaja laktoze (70% u s.t.) dobra sirovina za proizvodnju alkoholnih napitaka [17].

- Bezalkoholni napitci koji mogu biti s dodatkom: voća, voćnih sokova (naranča, limun, jabuka, kruška, breskva), raznih šećera, žitarica, izolata proteina biljnog porijekla, CO₂, čokolade, kakaoa, vanilije i drugih aromatiziranih dodataka [18].

U Republici Hrvatskoj napitci na bazi sirutke se deklariraju pod nazivom: „Osvježavajuće bezalkoholno piće od sirutke“ a udio sirutke mora iznositi najmanje 40% u gotovom proizvodu [22].

U svijetu je razvijena čitava paleta proizvoda od sirutke, no u Republici Hrvatskoj napitci na bazi sirutke još uvijek predstavljaju izazov, kako u proizvodnji tako i u konzumaciji.

2.4. REOLOŠKA SVOJSTVA

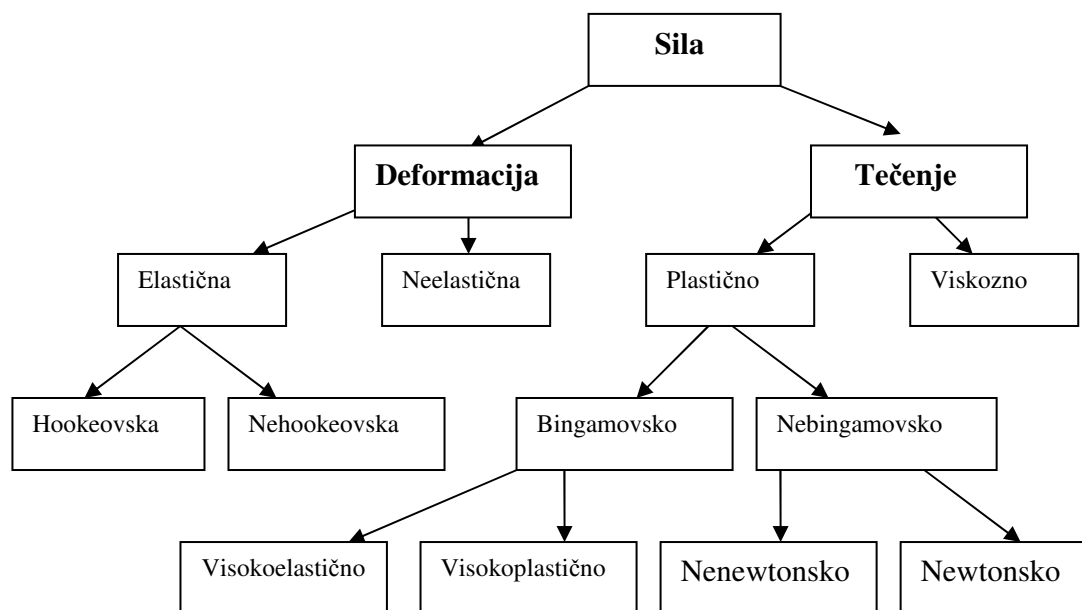
Reologija je grana fizike koja se bavi proučavanjem deformacija i tečenja krutih i tekućih materijala podvrgnutih djelovanju sile. Nastala promjena oblika (deformacija) odnosno svojstva tečenja određuju reološka svojstva ispitivanog materijala [19].

Pod deformacijom se smatraju promjene oblika i dimenzija nekog tijela djelovanjem sile, a pod tečenjem se smatra kontinuirana promjena deformacije s vremenom [6].

Poznavanje reoloških svojstava nužno je za pravilno vođenje tehnoloških procesa i određivanje osnovnih značajki proizvoda u prehrambenoj, kemijskoj i farmaceutskoj industriji. Praćenjem reoloških svojstava sirovine, poluproizvoda i gotovih proizvoda moguće je utjecati na pojedine tehnološke parametre u smislu dobivanja proizvoda optimalne kvalitete [19].

Osnovna reološka svojstva krutih materijala su elastičnost i plastičnost, a tekućih viskoznost. Namirnice rijetko pokazuju samo jedno od ovih svojstava, jer su to uglavnom sustavi složenog sastava. Osim sastava, na reološka svojstva namirnica utječe niz čimbenika: temperatura, udio suhe tvari, mikrobiološke i kemijske reakcije, koncentracija otopine, pH, brzina smicanja, vrijeme smicanja (kod sustava ovisnih o vremenu) i uvjeti pripreme i skladištenja uzorka.

Prema Monhseinu materijali se ovisno o ponašanju prema djelovanju naprezanja dijele u nekoliko skupina (Slika 2.) [6,19].



Slika 2. Ponašanje materijala prema djelovanju sile naprezanja

2.4.1. Deformacije

Elastičnost

Elastičnost može biti idealna (hookeova) i nehookeova.

Materijal je idealno elastičan kada je sila direktno proporcionalna nastaloj deformaciji. Deformacija se pojavi trenutačno s djelovanjem sile. Ovaj odnos je poznat kao Hookeov zakon:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

E – modul elastičnosti ili Youngov modul

ε – deformacija

σ - naprezanje

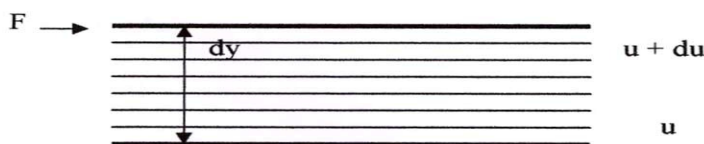
Plastičnost

Materijal je plastičan ako podliježe trajnoj deformaciji u momentu kada se postigne određeni prag naprezanja. Pri malim naprezanjima ne dolazi do deformacije. Postizanjem

određenog praga naprezanja dolazi do deformacije koja se povećava, kod istog naprezanja, sve dok ono traje. Prestankom djelovanja sile naprezanja materijal zadržava nastalu deformaciju [19].

2.4.2. Viskoznost

Većina tekućina pokazuje svojstva idealne viskoznosti. Newtonsku viskoznost posjeduju oni sustavi kod kojih prilikom mirovanja nema jačih privlačnih sila kod kojih dolazi do elastičnih sudara. Sile otpora ili međudjelovanja javljaju se tek pri protjecanju. Može se objasniti promatranjem ponašanja tekućine između dvije paralelne ploče.



Slika 3. Prikaz viskoznog ponašanja tekućina

Na tekućinu na udaljenosti dy od donje plohe djeluje sila F . Kada se gornja ploha kreće brzinom $(u + du)$, a donja brzinom (u) , unutar tekućine će doći do naprezanja koje se može definirati kao sila na jedinicu površine, F/A (N/m^2). Nastala deformacija se izražava kao gradijent brzine između dviju ploha $-du/dy$ (s^{-1}), izraz koji to opisuje je poznat kao Newtonov zakon:

$$\tau = \mu \cdot (-du/dy) = \mu \cdot D$$

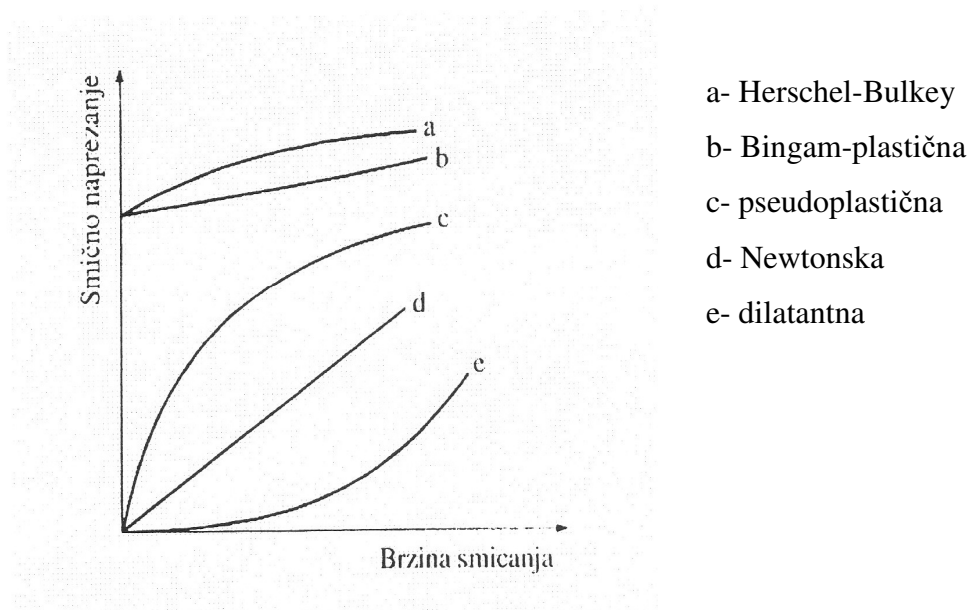
τ - smično naprezanje ili sila po jedinici površine (Pa) ili (N/m^2)

μ - koeficijent viskoznosti (Pas) ili (Ns/m^2)

$-du/dy = D$ –gradijent brzine između dvije plohe, brzina smicanja (s^{-1}) [19].

2.4.3. Reološka svojstva tekućih namirnica

Za razliku od Newtonskih tekućina, čija je viskoznost kod određene temperatura i tlaka stalna veličina (određena Newtonovim zakonom), viskoznost gustih viskoznih (ne-Newtonskih) tekućina nije stalna i mijenja se promjenom brzine smicanja.



Slika 4. Odnos između smičnog naprezanja i brzine smicanja za Newtonske i ne-Newtonske tekućine.

2.4.3.1. Newtonski sustavi

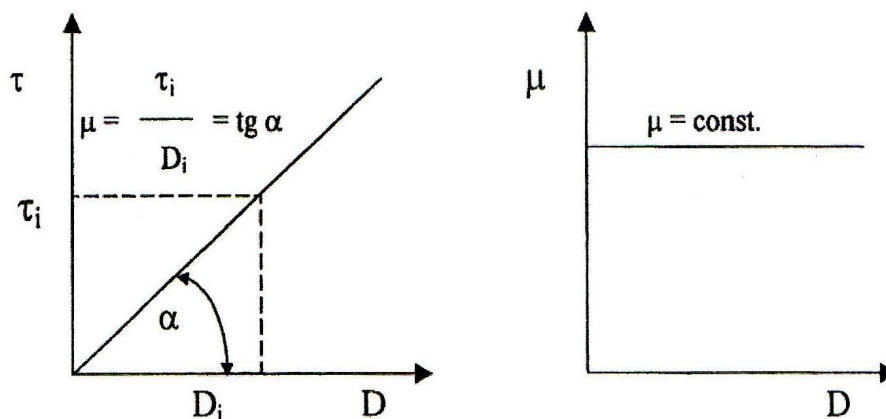
Newtonske tekućine su one za koje vrijedi Newtonov zakon, a viskoznost je definirana izrazom:

$$\mu = \tau / D_i$$

μ – viskoznost (Pa s)

τ – smično naprezanje (Pa)

D – brzina smicanja (s^{-1})



Slika 5. Ovisnost smičnog naprezanja i viskoznosti o brzini smicanja kod Newtonskih tekućina [19].

Kod Newtonskih tekućina postoji linearan odnos između smičnog naprezanja i brzine smicanja, pri čemu nagib krivulje predstavlja viskoznost tekućina [6,19].

2.4.3.2. Ne-Newtonski sustavi

Ne-Newtonske tekućine su one koje odstupaju od zakonitosti opisanih Newtonovim zakonom. To odstupanje se može objasniti različitim utjecajima, kao što je međumolekularno djelovanje (mijenja se sa protjecanjem tekućine), utjecaj koncentracije, veličine i oblika čestica.

Kao rezultat utjecaja tih čimbenika dolazi do porasta ili pada viskoznosti sa promjenom brzine smicanja (D). Iz tog razloga se kod ne-Newtonskih tekućina govori o prividnom viskozitetu. Razlika u tečenju Newtonskih i ne-Newtonskih tekućina uočava se samo pri dovoljno malim brzinama, pri laminarnom tečenju, dok se kod turbulentnog tečenja i ne-Newtonske tekućine ponašaju kao Newtonske.

Reološki parametri koji se koriste za opisivanje reoloških svojstava ne-Newtonskih tekućina su koeficijent konzistencije (k) i indeks tečenja (n) .

Svojstva ne-Newtonskih tekućina se mogu svrstati u dvije skupine ovisno o vremenu smicanja:

- Stacionarne ili vremenski nezavisne: pseudoplastične, dilatantne, plastične ili Binghamove, kvaziplastične,
- Nestacionarne ili vremenski zavisne: tiksotropne i reopektične [19].

Vremenski nezavisne tekućine

Kod ovih sustava brzina smicanja ovisi samo o lokalnom smičnom naprezanju

$$du / dy = f(\tau)$$

Dilatantne tekućine

Dilatantni sustavi su sustavi kod kojih povećanjem brzine smicanja naglo raste smično naprezanje, odnosno viskoznost. Iz toga proizlazi da je otpor sustava mnogo veći pri većim brzinama nego pri manjim. Dilatantni sustavi opisuju se istim izrazom kao i pseudoplastični s time da je indeks tečenja (n) veći od 1 ($n > 1$).

Tu pojavu pokazuju neke koncentrirane suspenzije, pri čemu je bitna volumna koncentracija suspendirane faze, veličina i oblik suspendiranih čestica, starost suspenzije i ostalo. Primjer za ove sustave su koncentrirane suspenzije, kao što je 60% suspenzija škroba u vodi [6].

Pseudoplastične tekućine

Kod ovih sustava smično naprezanje puno brže raste pri nižim brzinama smicanja nego kod većih, taj odnos se opisuje Oswald-Reinerov-im zakonom potencije:

$$\tau = k \cdot D^n$$

τ – smično naprezanje (Pa),

k – koeficijent konzistencije (Pa·s ^{n}),

n – indeks tečenja (vrijednost varira od 0 do 1).

D – gradijent brzine između dvije plohe, odnosno brzina smicanja (s⁻¹)

Viskoznost pseudoplastičnih tekućina određuje se izrazom:

$$\mu = k \cdot D^{(n-1)}$$

Ponašanje ovog tipa ne-Newtonskih fluida se pripisuje prisustvu visokomolekularnih tvari u otopini ili dispergiranih čvrstih čestica u tekućoj fazi. Primjer za ove tekućine su: kondenzirano mlijeko, pire od jabuke, pire od banane, majoneza, senf, juhe od povrća [6].

Plastične tekućine

Za ove sustave je karakteristično da tečenje počinje tek kada je postignut određeni prag naprezanja τ_0 , odnosno potrebno je postići minimalno smično naprezanje. Ispod vrijednosti tog naprezanja plastični sustavi se ne dovode u gibanje, tečenje, već se deformiraju, odnosno promijene oblik poput čvrste plastične tvari, a nakon prestanka djelovanja sile ponovno poprime prvobitni oblik.

Nakon što se postigne određeni prag naprezanja (u laminarnom području) razlikujemo dva tipa tečenja:

1. Binghamovsko plastično tečenje ili idealno tečenje
2. Ne-Binghamovsko plastično tečenje ili ne-idealno tečenje

Idealno plastično tečenje ili binghamovsko tečenje dano je izrazom:

$$\tau = k \cdot D + \tau_0$$

Tekućine koje podliježu tom izrazu nazivaju se binghamovske tekućine. One se ponašaju kao krute plastične tvari sve do postizanja praga naprezanja, kasnije poprimaju viskozni karakter.

Neidealno plastično ponašanje ili ne-Binghamovsko tečenje dano je izrazom:

$$\tau = k \cdot D^n + \tau_0$$

Svojstva plastičnih materijala pokazuju razne vrste masti, kreme, paste, otopljene čokoladne mase i dr. [6].

Vremenski ovisne tekućine

Kod ovih sustava smično naprezanje ne ovisi samo o brzini smicanja (D) nego i o vremenu trajanja vanjskog djelovanja:

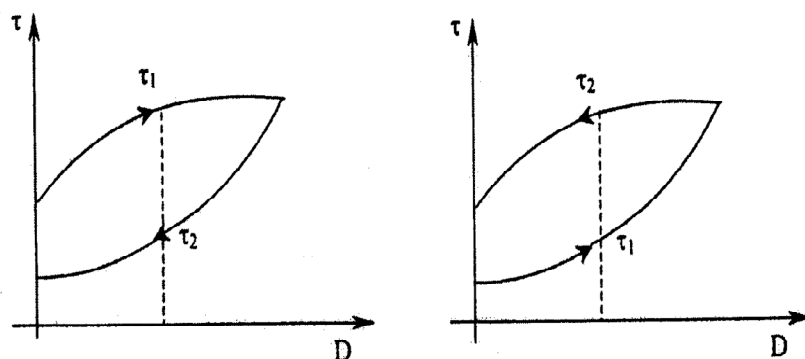
$$du / dy = f(t, \tau)$$

Ne-Newtonske tekućine čija svojstva ovise o vremenu smicanja zovu se:

- tiksotropne i
- reopektične tekućine.

Viskoznost ovih tekućina se mijenja s vremenom, znači da određenoj brzini smicanja (D) na početku mjerenja reoloških svojstava odgovara jedna vrijednost za smično naprezanje (uzlazno mjerenje), a nakon nekog vremena druga vrijednost kod povratnog mjerenja.

Uzrok ovakvog ponašanja sustava je uspostavljanje određene unutarnje strukture vezama koje se oslobađaju tijekom smicanja tj. zbog razaranja strukture [6].



Slika 6. Odnos smičnog naprezanja (τ) i brzine smicanja (D) kod tiksotropne tekućine i reopektičke tekućine [6].

2.4.3.3. Visokoelastični sustavi

Kod primjene smičnog naprezanja sustavi ovakvog tipa pokazuju i plastično i elastično naprezanje. Deformacija ovisi o smičnom naprezanju i vremenu djelovanja naprezanja. Karakteristika ovih sustava je da prilikom djelovanja sile naprezanja ne dolazi do potpunog razaranja strukture. Ovakva svojstva pokazuju namirnice koje su polutekuće poput tijesta i želiranih proizvoda.

2.4.4. Utjecaj temperature na viskoznost

Na reološka svojstva (viskoznost), osim kemijskog sastava, utječu mnogobrojni čimbenici od kojih najznačajniji utjecaj ima temperatura zbog čega je važno pri mjerenju viskoznosti veliku pažnju posvetiti temperaturnim uvjetima pri kojima se provodi mjerenje. Promjena viskoznosti kod ne-Newtonskih tekućina je mnogo izraženija nego li je to kod Newtonskih, gdje se viskozitet mijenja za 2% za svaki °C [19].

2.4.5. Uređaji za mjerenje reoloških svojstava

U današnje vrijeme postoji veliki broj komercijalnih instrumenata, viskozimetara koji se koriste za mjerenje i proučavanje reoloških svojstava namirnica. Mnoge instrumente općenito zovemo reometrima, jer osim viskoznosti mjere i neka druga reološka svojstva.

Novijim razvojem instrumenata za određivanje reoloških svojstava hrane uvedena je mikrokompjuterska tehnologija u reometrima, čime je olakšano izračunavanje eksperimentalnih podataka i proračuna dobivenih mjerenjem na uređajima, te se ujedno omogućava napredak u izvođenju eksperimenata. Postoje različite metode za mjerenje viskoznosti, od kojih su dvije najčešće prilagođene za komercijalnu uporabu, a to su metoda rotacijskog i cijevnog protoka tekućine. Za prehrambene svrhe češće se koristi rotacijski nego cijevni viskozimetar [19].

Određivanje reoloških svojstava se najčešće provodi na dva načina:

1. Kapilarnim viskozimetrima (reometrima)
2. Rotacijskim viskozimetrima (reometrima)

Kapilarni viskozimetri (reometri) su instrumenti kod kojih tekućina čija se svojstva žele odrediti, prolazi kroz kapilaru poznatih dimenzija. Odnos između smičnog naprezanja i brzine smicanja dobiva se mjerenjem tlaka koji tjera tekućinu kroz cijevi i protoka tekućine u cijevi. Mjerenje reoloških svojstava primjenom ovih parametara temelji se na Poiseuilleovom zakonu koji kaže da je volumen tekućine koji istječe iz neke posude kroz kapilaru polumjera (r) proporcionalan vremenu istjecanja (t) i razlici tlakova (Δp) na krajevima kapilare, a obrnuto proporcionalan duljini kapilare (l) i viskoznosti tekućine (μ) pri konstantnoj temperaturi.

Tečenje tekućine kroz kapilaru reometra se može opisati Poiseuille-ovom jednačinom:

$$\frac{r \times \Delta p}{2 \times l} = \frac{32 \times Q}{\pi \times d^3}$$

Q – protok tekućine (m³/s)

μ – viskoznost (Ns/m²)

d – promjer kapilare (m)

Mjerenja viskoznosti otopina koje pokazuju Newtonski tip tečenja provodi se pomoću staklenih kapilarnih viskozimetara različitih konstrukcija [10].

Rotacijski viskozimetri (reometri) se koriste za mjerenje reoloških svojstava hrane. Postoje u obliku više geometrijskih tijela, a najčešće su izvedena iz jedne ili tri osnovne izvedbe. Rotacijski viskozimetri se sastoje od dva različita tijela, od kojih jedno rotira i međusobno su u vezi preko sloja tekućine kojoj se određuje viskoznost.

Ovisno o viskoznosti tekućine, sa površine jednog mjernog tijela na površinu drugog mjernog tijela prenosi se određeni obrtni moment.

Mjerenjem tog obrtnog momenta dobivaju se podaci za izračunavanje viskoznosti uzorka..

Obzirom na izvedbu rotacijske reometre možemo podijeliti u tri skupine:

1. Reometri sa stošcem i pločom
2. Reometri s koncentričnim cilindrima
3. Reometri s paralelnim pločama [19].

2.5. SENZORSKA ANALIZA

Senzorska analiza je znanstvena disciplina koja se koristi za ispitivanje proizvoda kroz ocjenu organoleptičkih svojstava hrane.

Ona mjeri, analizira i interpretira reakcije dobivene ispitivanjem senzorskih svojstava proizvoda osjetilnim organima. Bazira se na primarnom ljudskom opažanju: osjetilom vida (očima), mirisa (udisanjem kroz nos), okusa, sluha, dodira (prstima) kroz dvije ili više percepcija istovremeno.

Obuhvaća kvalitativni i kvantitativni pristup kontroli kvalitete proizvoda i jedan je od pokazatelja kakvoće. Pomoću nje se uklanjaju ili primjećuju izvori grešaka, pa se primjenjuje kada se želi utvrditi najbolji postupak prerade, izbor sirovina, ispitati utjecaj zamjene jednog sastojka drugim ili ustanoviti najbolji postupak skladištenja, sa ciljem bolje prihvatljivosti proizvoda kod potrošača, zadobivanja povjerenja ali i očuvanja povjerenja potrošača [3].

Provođenje senzorske analize je strogo kontroliran postupak, a obuhvaća:

- kontrolu prostora, kabine, svjetla, temperature, zraka,
- kontrolu proizvoda, izbor uzoraka, pripremu, kodiranje, serviranje,
- kontrolu ispitivača, količinu uzorka, način kušanja, zadržavanja u ustima, izbacivanje ili gutanje, formulare [23].

2.5.1. Parametri senzorske kakvoće

Za definiranje senzorskih svojstava koriste se parametri kakvoće:

izgled, okus, miris, tekstura i zvuk [3].

2.5.1.1. Izgled

Izgled se zasniva na osjetu vida, pomoću kojeg čovjek vizualno procjenjuje, zapaža: bistroću, veličinu, oblik, površinu (npr. sjaj, hrapavost ili glatkoću), teksturu (npr. tvrdoća, mekoća), boju proizvoda.

Osjetilo vida percipira svjetlosne dojmove koje izazivaju zrake svjetlosti, kad padnu na mrežicu oka, u kojoj su osjetne stanice čunjići i štapići. Optimalno osvjetljenje tokom ocjenjivanja mora biti konstantno i u rasponu od 10-10000 luksa [13].

Boja sirutke varira od žute do žuto zelene, a potječe od riboflavina [1].

Kod proizvodnje napitaka na bazi sirutke koriste se različiti dodatci koji utječu na boju proizvoda (čokolada, voćni sirupi

Sirutka nije bistra, prozirna tekućina (zbog svog kemijskog sastava), a koliko će biti mutna ovisi o primjeni dodataka tijekom proizvodnje napitaka (što je veća konc. šećera i voćnih sokova sirutka će biti mutnija.

Sirutka ima svojstvo pjenjenja uslijed prisutnih proteina, koji imaju sposobnost stvaranja pjene [1].

2.5.1.2. Miris

Osjet njuha, nastaje uvlačenjem zasićenog zraka hlapljivom tvari, kroz osjetilo nosa. Optimalan osjet mirisa dobije se umjerenim udisanjem u trajanju od 1 do 2 sekunde, zatim se treba odmoriti 5 do 20 sekundi ili duže, jer u protivnom dolazi do adaptacije na miris i zamora [3]. Mirisi mogu biti međusobno u interakciji pa se tako mogu zamaskirati, što ovisi o njihovom intenzitetu i koncentraciji.

Miris sirutke je blago mliječni, prema kiselom, što nije svima prihvatljivo. Dodatak voća utječe na miris tako da se više ne osjeti miris na kiselo, već prevlada miris karakterističan dodanom voću [18]. Stoga se kod proizvodnje proizvoda na bazi sirutke dodaju različiti dodatci kako bi se ublažio i/ili zanemario nekima neugodan miris sirove sirutke.

2.5.1.3. Okus

Okus je vrsta osjeta koji obuhvaća: slatko, slano, gorko, kiselo i umami okus. Receptori za okus su okusni pupoljci. Osjetljivost za razne okuse varira na različitim dijelovima jezika, a jačina okusa zavisi o koncentraciji otopljenih tvari, o mjestu koje se podražuje i o temperaturi [3].

Sirutka je neutralnog, blago slanog okusa zbog mineralnih tvari [17]. Stoga se u proizvodnji napitaka primjenjuju dodatci (voćni sokovi) kako bi okus bio što prihvatljiviji potrošačima.

Tako se pokazalo da sirutka u kombinaciji sa sokom jabuke ima loš okus i izgled, sa sokom kruške ima nepoželjnu boju ali ugodan okus, dok se sirutka sa sokom breskve pokazala kao proizvod najpoželjnijeg okusa i mirisa [18].

2.5.1.4. Tekstura

Kod tekućih namirnica se ocjenjuje konzistencija, a za krute i polutekuće tekstura. Ispituje se kušanjem, tj. žvakanjem, pri čemu se ocjenjuju: žilavost, elastičnost, tvrdoća, mekanost i nježnost proizvoda [3].

2.5.2. Provođenje senzorske analize

Da bi se uspješno mogla provesti senzorska analiza, potrebno je formirati skupinu treniranih ispitivača- senzorski panel.

Senzorski panel

Panel je skupina ocjenjivača, izabranih posebnim testovima i uvježbanih, kako bi njihova osjetila funkcionirala na način da primjećuju i najmanje razlike u ispitivanom uzorku. Broj članova ovisi o metodi, može sudjelovati najmanje 5, a najčešće je to 10 ocjenjivača [3, 20, 23].

2.5.3. Testovi u senzorskoj analizi

Testovi koji se primjenjuju dijele se na dva osnovna tipa: analitički testovi i testiranje potrošača.

U analitičke testove se ubrajaju: diskriminativni, deskriptivni i bodovanje, a provode ih senzorski analitičari, panel. Testiranja potrošača određuju preferenciju i koliko se proizvod sviđa potrošaču [23].

Diskriminativni testovi

Diskriminativni testovi se koriste kada se želi utvrditi da li postoji razlika između uzoraka te koliko se razlikuju pojedina svojstva dva ili više uzoraka (npr. slatkoća), za utvrđivanje da li se proizvodi percipiraju različito zbog sastava i/ili promjene sastojaka, procesa, pakovanja ili skladištenja.

U diskriminativne testove ubrajaju se: komparacija u paru, duo-trio test, test trokuta, test dva od pet, „A“ ne „A“, test razlike od kontrolnog uzorka, rangiranje, test razlike više uzoraka i testovi sličnosti [23].

Deskriptivni testovi

U deskriptivne testove ubrajaju se: profil okusa, profil teksture, kvantitativna deskriptivna analiza, vremenska analiza intenziteta. Služe za kvantifikaciju i identifikaciju svojstva po kojima se proizvodi međusobno razlikuju, a pouzdanost mjerenja postiže se odabirom odgovarajuće skale ocjenjivanja [23].

Testiranje potrošača

Dva su glavna pristupa testiranja potrošača:

- testiranje preferencije, gdje potrošač bira koji mu se proizvod najviše sviđa između ponuđenih (npr. kod testa u paru mora se odlučiti za bolji proizvod),
- testiranje prihvatljivosti, kojom se određuje koliko se proizvod sviđa potrošaču, a ne uspoređuje se s drugim.

Testiranje potrošača se provodi radi: održavanja već postojećeg proizvoda na tržištu, poboljšanja i optimizacije proizvodnje, razvoja novih proizvoda te procjene potencijala tržišta, a primjenjuje se na određenoj populaciji kojoj je proizvod namijenjen. Može uključivati 100 do 500 potrošača a može se provoditi i na raznim lokacijama [23].

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Zadatak istraživanja u ovom radu je ispitati utjecaj dodataka na reološka i senzorska svojstva kisele sirutke.

U tu svrhu potrebno je provesti:

1. Ispitivanje utjecaja voćnog sirupa (jagoda, ananas, limun, dinja; udjela 10%) i vrste ugljikohidrata (glukoza, fruktoza, maltoza, laktoza, saharoza, trehaloza, inulin TEX, inulin HD, javorov sirup, med-bagrem; udjela 5%) na reološka svojstva kisele sirutke sa dodatkom sirutke u prahu (8%).
2. Ispitivanje utjecaja udjela voćnog sirupa (7%, 10%, 13%) na reološka svojstva kisele sirutke sa dodatkom sirutke u prahu (8%) i glukoze (5%).
3. Određivanje utjecaja vrste voćnog sirupa (10%) na reološka svojstva kisele sirutke sa dodatkom sojinog mlijeka u prahu (8%) i saharoze (5%).
4. Određivanje utjecaja ugljikohidrata (fruktoza, saharoza, javorov sirup; udjela 5%) i Ca-kazeinata (8%) na reološka svojstva kisele sirutke sa dodatkom sirupa jagode (10%).

Mjerenje reoloških svojstava kisele sirutke s dodacima provedena su odmah nakon pripreme uzoraka, pri temperaturama 23°C i 10°C.

5. Ispitivanje utjecaja vrste voćnog sirupa (jagoda, ananas, limun, dinja; udjela 10%) i utjecaja različitog udjela voćnog sirupa (limun, dinja; 7%, 10%, 13%) na senzorska svojstva (tablica 17.) kisele sirutke sa dodatkom sirutke u prahu (8%) i glukoze (5%).

Ispitivanje senzorskih svojstava kisele sirutke s dodacima provedena su odmah nakon pripreme uzoraka pri sobnoj temperaturi 23°C.

3.2. MATERIJALI I METODE

3.2.1. Materijali

Materijali koji su korišteni za pripremanje kisele sirutke s dodacima su:

1. Svježa kisela sirutka od kravljeg mlijeka
2. Sirutka u prahu (od kravljeg mlijeka), proizvođač: Zdenka Veliki Zdenci, (sastav: ukupna suha tvar 96%, mliječna mast u suhoj tvari 1%, masti 1%, proteini 12-14 %, sadržaj šećera (laktoza) 73-75%, mineralne tvari 8%).
3. Voćni sirup jagoda, proizvođač: Dona (sastojci: šećer, voda, koncentrirani voćni sok jagode 4,6%, regulator kiselosti-limunska kiselina, suha tvar min.65%).
4. Voćni sirup ananas, proizvođač: Dona (sastojci: šećer, voda, koncentrirani voćni sok ananasa 7,7%, regulator kiselosti-limunska kiselina, suha tvar min.65%).
5. Voćni sirup dinja, proizvođač: Dona (sastojci: šećer, voda, koncentrirani voćni sok dinje baza dinja, regulator kiselosti –limunska kiselina, suha tvar min. 65%).
6. Voćni sirup limun, proizvođač: Dona (sastojci: šećer, voda, koncentrirani voćni sok limuna 9,4%, regulator kiselosti – limunska kiselina, suha tvar min. 65%).
7. Sojino mlijeko u prahu, proizvođač: Granovita GMBH, Lüneburg (sastav: proteini 25 g, ugljikohidrati 47,9 g, masti 25,5 g, minerali; Ca 420 mg, F 192 mg, vitamini; E 11 mg, B₂ 5,5 mg, B₁ 2,1 mg, B₁₂ 5 µg).
8. Kalcijev kazeinat (u obliku praha)
9. Glukoza, proizvođač: Claro-prom d.d.o, RH; Zagreb.
10. Fruktaza, proizvođač: Sensus, The Netherlands
11. Laktoza, proizvođač: Carlo Erba reagenti
12. Saharoza, Županja
13. Maltoza, Acros organics
14. Trehaloza, Acros organics
15. Inulin TEX, Frutafit
16. Inulin HD, Frutafit
17. Med-bagrem, Luka Vlašić, Sesvete
18. Javorov sirup, proizvođač: Alnatura, Njemačka (sastav: ugljikohidrati 66,4%)
19. Destilirana voda

3.2.2. Metode

3.2.2.1. Priprema kisele sirutke s dodacima

Prilikom pripreve uzoraka kisele sirutke (dobivene od kravljeg mlijeka) s dodacima koristila se svježa sirutka (pH=4,62), pasterizirana na 72 °C, u trajanju 5 minuta i ohlađenu na 40 °C (pH=4,63).

Prema prethodno određenoj recepturi, uzorci su pripravljeni tako da su svi sastojci izvagani u zasebnim čašicama, tako da su mliječne komponente (sirutka u prahu, Ca-kazeinat, sojino mlijeko u prahu) udjela 8% vagane u čaše od 400 ml u kojima će se pripremati uzorak (Prilog I.).

Najprije su pripremani uzorci sa svim voćnim sirupima (jagoda, ananas, dinja i limun; 10%), svim šećerima (glukoza, fruktoza, saharoza, laktoza, maltoza, trehaloza, inulin TEX, inulin HD, javorov sirup, med bagrem; udjela 5%), sirutkom u prahu (8%) i tekućom pasteriziranom sirutkom 77%, ukupno 40 uzoraka.

Na sirutku u prahu (8%) doda se šećer (5%), malo tekuće pasterizirane sirutke uz miješanje, a zatim se dodaje koncentrirani voćni sirup (10%) tako da se čašica ispere s pasteriziranom tekućom sirutkom i na kraju se doda preostala količina pasterizirane sirutke (77%) uz intenzivno miješanje staklenim štapićem. Receptura je prikazana u tablici 7.

Tablica 7. Receptura za pripremu uzoraka kisele sirutke s dodacima: voćnih sirupa, šećera i sirutke u prahu

Sastojci	Kisela sirutka	Voćni sirupi	Šećeri	Sirutka u prahu
%	77	10	5	8

Zatim su pripremani uzorci koji se razlikuju u koncentracijama voćnih sirupa (jagode, ananasa, dinje i limuna) 7%, 10%, 13% uz dodatak sirutke u prahu (8%) i šećera glukoze (5%), pripremljeno je 12 uzoraka, a receptura je prikazana u tablici 8. Izmjerena pH vrijednost uzoraka sa sirutkom u prahu je 3,53.

Tablica 8. Receptura za pripravu kisele sirutke s dodatkom različitih koncentracija voćnih sirupa, sirutke u prahu i šećera glukoze

Voćni sirup (%)	Glukoza (%)	Sirutka u prahu (%)	Kisela sirutka (%)
7	5	8	80
10	5	8	77
13	5	8	74

Pripremanje 4 uzorka s promijenjenom mliječnom komponentom - sojinim mlijekom u prahu koje je dodano umjesto istog udjela (8%) sirutke u prahu zahtijevalo je drugačiju pripremu i recepturu (tablica 9.).

U sojino mlijeko u prahu (8%) koje je prethodno otopljeno u (15%) destilirane vode, zagrijane na 60°C, te ohlađeno na 40°C, dodaju se ostali sastojci: voćni sirupi (10%, jagoda, ananas, limun, dinja), šećer saharoza (5%) i kisela pasterizirana sirutka (62%). pH uzoraka sa (8%) sojinog mlijeka u prahu je 4,76.

Tablica 9. Receptura za pripravu kisele sirutke s dodatkom sojinog mlijeka u prahu, destilirane vode, voćnih sirupa i saharoze

Sastojci	Sojino mlijeko u prahu	Destilirana voda	Saharoza	Voćni sirup	Kisela sirutka
%	8	15	5	10	62

Također su pripremljena 3 uzorka kisele sirutke s dodatkom Ca-kazeinata (8%) umjesto sirutke u prahu, uz dodatak šećera; saharoze, fruktoze, javorovog sirupa (5%) svi sa voćnim sirupom jagode (10%), prema recepturi u tablici 10. Izmjerena pH vrijednost uzoraka s (8%) Ca-kazeinatom je 5,32.

Tablica 10. Receptura za pripravu kisele sirutke s Ca-kazeinatom, voćnim sirupom jagode i šećerima: saharozom, fruktozom, javorovim sirupom.

Sastojci	Ca-kazeinat	Šećeri	Voćni sirup jagoda	Kisela sirutka
%	8	5	10	77

Svi su uzorci pripremljeni prema gore navedenim recepturama i ohlađeni na sobnu temperaturu 23°C, te su provedena mjerenja reoloških svojstava, a zatim su navedeni uzorci ohlađeni u ledenoj kupelji na 10°C i ponovno su mjerena reološka svojstva.

Senzorska analiza provela se na 10 odabranih uzoraka, koji su pripremani na isti način kao i za reološka mjerenja, a kodovi i receptura prikazani su u tablicama 11 i 12.

Tablica 11. Kodovi i receptura 4 uzorka za određivanje senzorskih svojstava, kisele sirutke s dodatkom glukoze, sirutke u prahu i voćnih sirupa; jagode, ananasa, dinje i limuna.

KOD	Voćni sirup 10(%)	Glukoza (%)	Sirutka u prahu (%)	Kisela sirutka (%)
A ₁	Limun	5	8	77
A ₂	Jagoda	5	8	77
A ₃	Dinja	5	8	77
A ₄	Ananas	5	8	77

Tablica 12. Kodovi i receptura uzoraka za određivanje senzorskih svojstava, kisele sirutke s dodatkom glukoze, sirutke u prahu i različitih koncentracija voćnih sirupa limuna i dinje.

KOD	Voćni sirup (%)	Glukoza (%)	Sirutka u prahu (%)	Kisela sirutka (%)
A ₅	limun 7	5	8	80
A ₆	limun 10	5	8	77
A ₇	limun 13	5	8	74
A ₈	dinje 7	5	8	80
A ₉	dinje 10	5	8	77
A ₁₀	dinje 13	5	8	74

3.2.2.2. Mjerenje reoloških svojstava

Uzorci kisele sirutke s dodatcima su pripremljeni na gore navedene načine, a zatim ohlađeni na sobnu temperaturu 23°C, te su provedena mjerenja reoloških svojstava. Zatim su navedeni uzorci ohlađeni u ledenoj kupelji na 10°C i ponovno su mjerena reološka svojstva.

U svrhu određivanja reoloških svojstava kisele sirutke s dodatcima i određivanja vrste tekućina, obzirom da su to Newtonske tekućine, potrebno je odrediti smično naprezanje (τ) kod različitih brzina smicanja (D) kod uzlaznog i silaznog mjerenja ($67,18 \text{ s}^{-1}$ do $702,3 \text{ s}^{-1}$) na rotacijskom viskozimetru.

Mjerenje reoloških svojstava svježe pripremljenih uzoraka provedeno je primjenom rotacijskog viskozimetra sa konusnim mjernim tijelom i cilindričnom posudom model „REOMAT 15T“, korišten je mjerni sistem „A“ (cilindrična posuda „A“ i rotacijsko tijelo „A“).

3.2.2.3. Određivanje senzorskih svojstava

Senzorsku analizu proveo je senzorski panel, koji se sastojao od 7 ocjenjivača. Ocjenjivanje je provedeno u laboratoriju pri sobnoj temperaturi 23°C, u vremenu od 10 do 12h. Uzorci su servirani u troznamenasto kodiranim, prozirnim plastičnim posudicama sa poklopcem, (Prilog I.). Za neutralizaciju okusa između uzoraka ocjenjivači su imali ponuđenu vodu.

Ocjenjivači su ispitivali miris (intenzitet mirisa, miris na kiselo, prisutnost voćnog mirisa, prisutnost stranog mirisa), okus (slatko, kiselo, naknadni okus) i ukupnu prihvatljivost (Prilog II.).

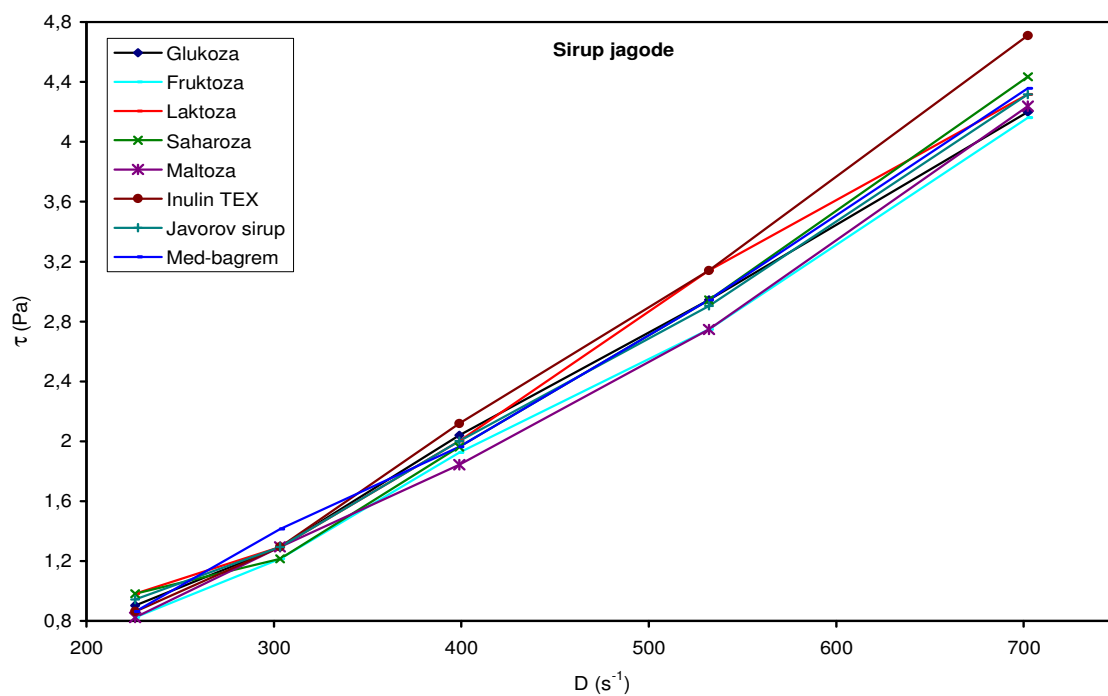
Intenzitet svojstava mirisa i okusa izraženi su skalom od 0 (ništa) do 9 (ekstremno jako izražen), a ukupna prihvatljivost ocjenama od 1 (vrlo loše) do 5 (izvrsno).

Obrazac za gore navedeno ocjenjivanje priložen je u prilogu II.

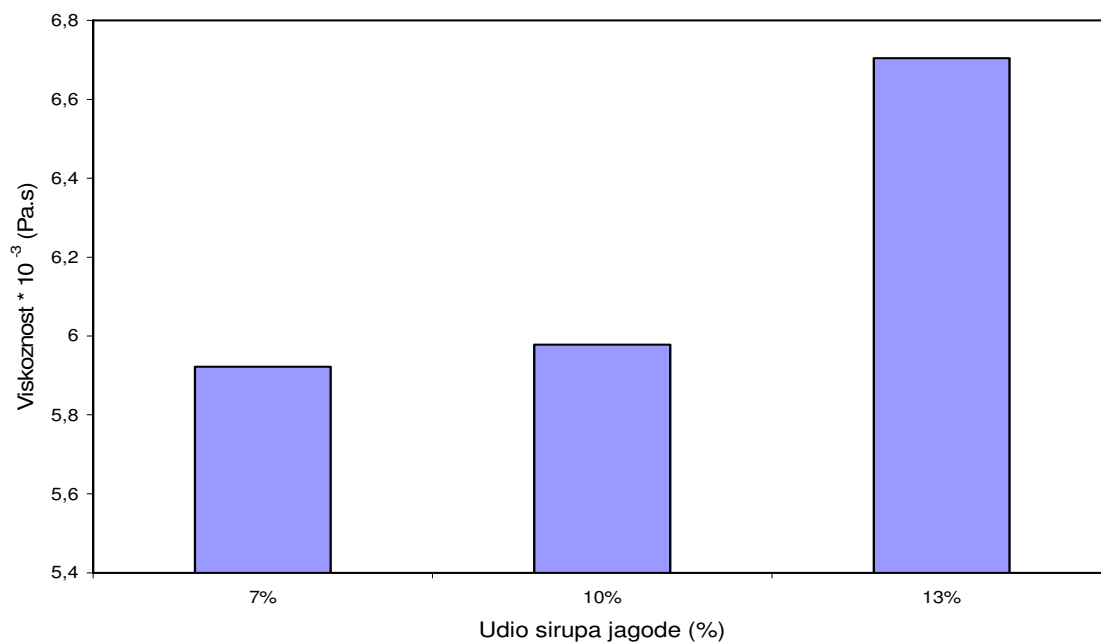
3.3. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA

Obrada podataka senzorskog ocjenjivanja uključila je računanje prosječne ocjene svih ocjenjivača za sva senzorska svojstva. Značajnost razlika između uzoraka ispitana je analizom varijance, nakon što su utvrđene statistički značajne razlike ($p < 0,05$) aritmetičke sredine su komparirane Tukey HSD testom u programu statistika 8,0. Tablični i grafički prikazi rezultata izrađeni su u programu Microsoft Office Excel 2003.

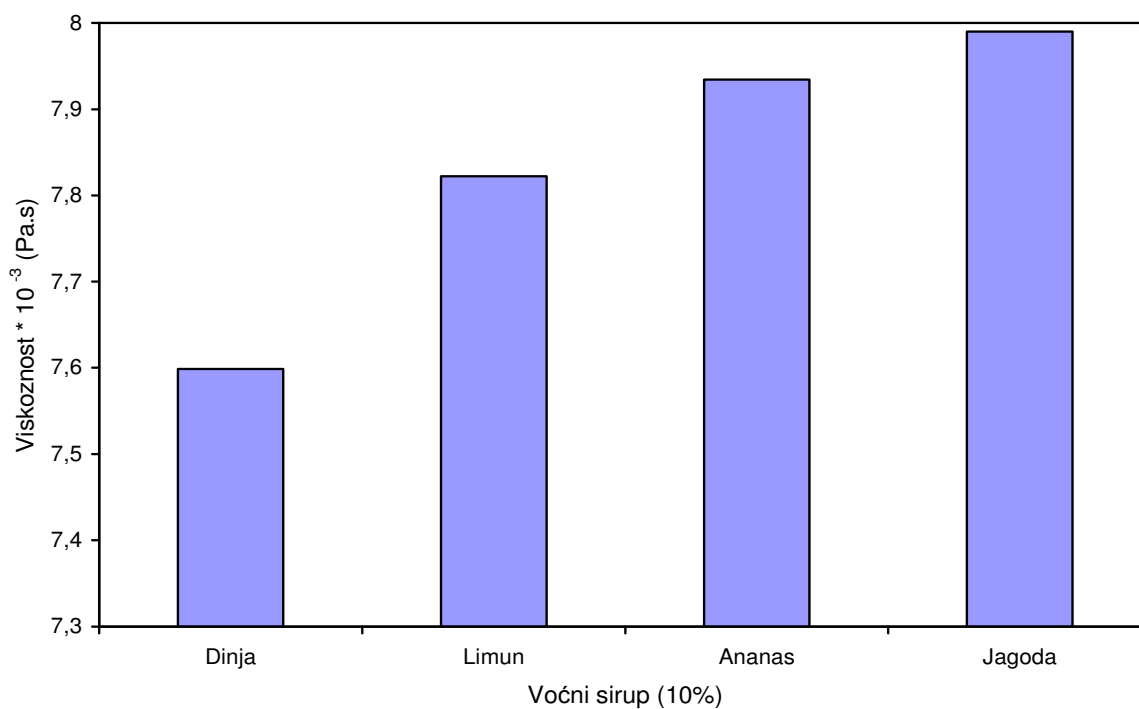
4. REZULTATI



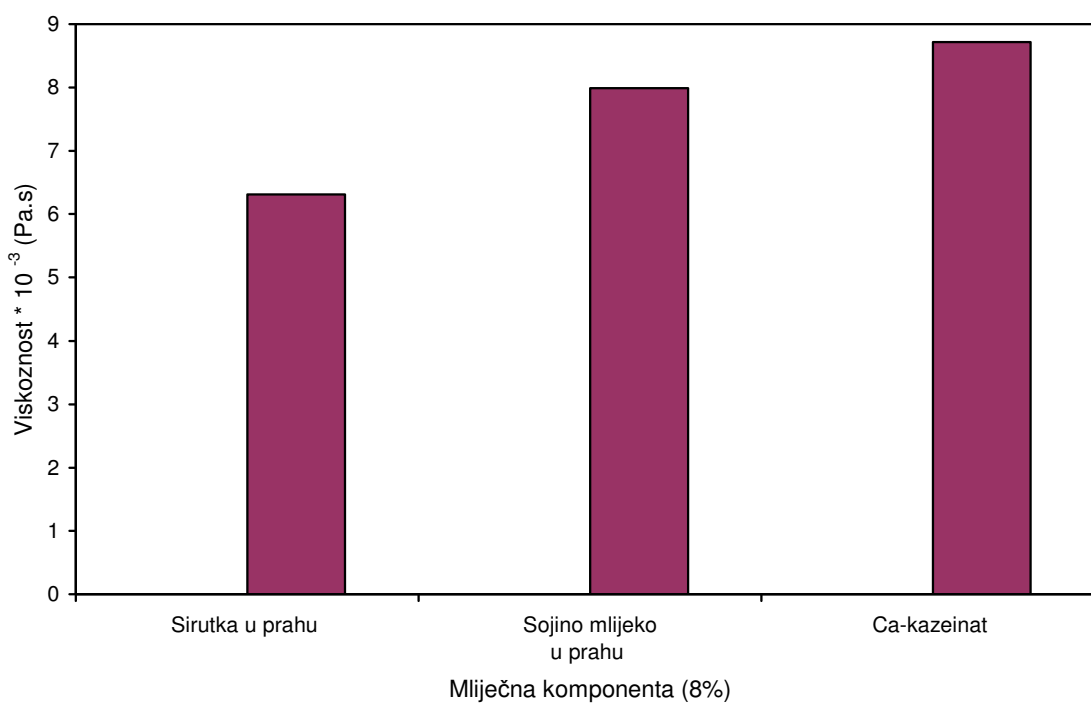
Slika 7. Utjecaj vrste ugljikohidrata (udjela 5%) na reološka svojstva kisele sirutke sa sirupom jagode uz dodatak sirutke u prahu (8%), pri 23 °C



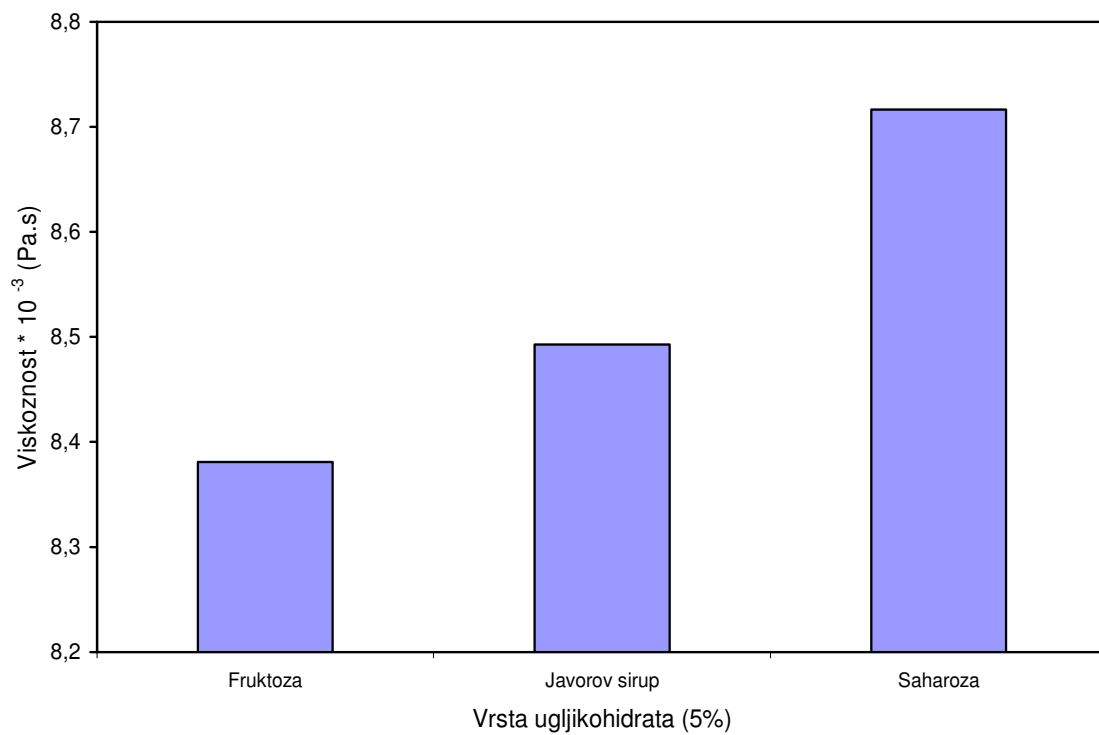
Slika 8. Utjecaj udjela sirupa jagode na viskoznost kisele sirutke sa glukozom (5%), pri 23 °C



Slika 9. Utjecaj vrste voćnog sirupa na viskoznost kisele sirutke, uz dodatak sojinog mlijeka u prahu (8%) i saharoze (5%), pri 23 °C



Slika 10. Utjecaj udjela mliječne komponente (8%) na viskoznost kisele sirutke sa sirupom jagode i saharozom (5%), pri 23 °C



Slika 11. Utjecaj vrste ugljikohidrata (5%) na viskoznost kisele sirutke sa sirupom jagode uz dodatak Ca-kazeinata (8%), pri 23 °C

Tablica 13. Utjecaj vrste ugljikohidrata (5%) na reološka svojstva kisele sirutke sa dodatkom sirupa jagode, ananasa, limuna i dinje (10%) i sirutke u prahu (8%), mjereno pri 23 °C i 10 °C

Vrsta ugljikohidrata (5%)	τ (Pa)	$\mu \cdot 10^{-3}$ (Pa.s)	τ (Pa)	$\mu \cdot 10^{-3}$ (Pa.s)
	pri 702,3 s-1	pri 702,3 s-1	pri 702,3 s-1	pri 702,3 s-1
	23 °C		10 °C	
	JAGODA			
1. Fruktaza	4,1594	5,9226	4,7088	6,7048
2. Glukoza	4,1986	5,9784	4,7480	6,7607
3. Maltoza	4,2379	6,0343	4,9050	6,9841
4. Laktoza	4,3164	6,1461	4,8265	6,8724
5. Saharoza	4,4340	6,3137	4,8265	6,8724
6. Trehaloza	4,5518	6,4813	5,1012	7,2635
7. Inulin TEX	4,7088	6,7048	5,2582	7,4871
8. Inulin HD	4,3556	6,2019	4,7088	6,7048
9. Javorov sirup	4,3164	6,1461	4,9442	7,0401
10. Med (bagrem)	4,3556	6,2019	4,9834	7,0959
	ANANAS			
1. Fruktaza	4,3164	6,1461	4,8658	6,9283
2. Glukoza	4,3556	6,2019	4,9050	6,9842
3. Maltoza	4,5126	6,4255	4,9442	7,0401
4. Laktoza	4,2379	6,0343	4,8658	6,9283
5. Saharoza	4,4341	6,3137	4,9050	6,9842
6. Trehaloza	4,6696	6,6489	5,1797	7,3753
7. Inulin TEX	4,8265	6,8724	5,2582	7,4871
8. Inulin HD	4,6303	6,5931	5,1404	7,3194
9. Javorov sirup	4,2379	6,0343	4,9050	6,9842
10. Med (bagrem)	4,3164	6,1461	4,9050	6,9842
	LIMUN			
1. Fruktaza	4,3164	6,1461	4,9442	7,0401
2. Glukoza	4,3556	6,2019	5,0227	7,1518
3. Maltoza	4,3949	6,2578	5,0827	7,2372
4. Laktoza	4,4733	6,3950	5,1404	7,3194
5. Saharoza	4,4341	6,3137	5,0619	7,2077
6. Inulin TEX	4,9050	6,9842	5,4151	7,7106
7. Inulin HD	4,7481	6,7607	5,3366	7,5988
8. Javorov sirup	4,3556	6,2019	5,0227	7,1518
9. Med (bagrem)	4,4341	6,3137	5,0619	7,2077
	DINJA			
1. Fruktaza	4,1986	5,9784	4,9050	6,9842
2. Glukoza	4,2379	6,0343	4,9850	7,0981
3. Maltoza	4,4341	6,3137	5,0650	7,2120
4. Laktoza	4,4733	6,3696	5,1012	7,2636
5. Saharoza	4,3556	6,2019	4,9440	7,0400
6. Inulin TEX	4,8265	6,8724	5,2713	7,5057
7. Inulin HD	4,5518	6,4813	4,9150	6,9842
8. Javorov sirup	4,3948	6,2578	4,8265	6,8724
9. Med (bagrem)	4,4341	6,3137	4,9040	6,9801

τ – smično naprezanje pri brzini smicanja 702,3 s⁻¹ (Pa)

μ – viskoznost pri brzini smicanja 702,3 s⁻¹ (Pa.s)

Tablica 14. Utjecaj udjela voćnog sirupa na reološka svojstva kisele sirutke sa dodatkom sirutke u prahu (8%) i glukoze (5%), mjereno pri 23 °C i 10 °C

Udio voćnog sirupa	τ (Pa)	$\mu \cdot 10^{-3}$ (Pa.s)	τ (Pa)	$\mu \cdot 10^{-3}$ (Pa.s)
	pri 702,3 s-1	pri 702,3 s-1	pri 702,3 s-1	pri 702,3 s-1
	23 °C		10 °C	
	JAGODA			
7%	4,1594	5,9226	4,6303	6,5931
10%	4,1986	5,9784	4,7480	6,7607
13%	4,7088	6,7048	5,3759	7,6547
	ANANAS			
7%	4,2772	6,0902	4,7088	6,7048
10%	4,3556	6,2019	4,9050	6,9842
13%	4,7088	6,7048	5,4151	7,7106
	LIMUN			
7%	4,0809	5,8108	4,7480	6,7607
10%	4,3556	6,2019	5,0227	7,1518
13%	4,5126	6,4255	5,2189	7,4311
	DINJA			
7%	4,0417	5,7550	4,8265	6,8724
10%	4,2379	6,0343	4,9850	7,0981
13%	4,3164	6,1460	5,2974	7,5429

Tablica 15. Utjecaj vrste voćnog sirupa (10%) na reološka svojstva kisele sirutke sa dodatkom sojinog mlijeka u prahu (8%) i saharoze (5%), mjereno pri 23 °C i 10 °C

Voćni sirup (10%)	τ (Pa)	$\mu * 10^{-3}$ (Pa.s)	τ (Pa)	$\mu * 10^{-3}$ (Pa.s)
	pri 702,3 s-1	pri 702,3 s-1	pri 702,3 s-1	pri 702,3 s-1
	23 °C		10 °C	
1. Dinja	5,3366	7,5988	5,8075	8,2693
2. Limun	5,4936	7,8223	5,8860	8,3810
3. Ananas	5,5721	7,9341	5,9449	8,4648
4. Jagoda	5,6113	7,9899	6,0037	8,5487

Tablica 16. Utjecaj ugljikohidrata (5%) i Ca-kazeinata (8%) na reološka svojstva kisele sirutke sa sirupom jagode (10%), mjereno pri 23 °C i 10 °C

Ugljikohidrat (5%)	τ (Pa)	$\mu * 10^{-3}$ (Pa.s)	τ (Pa)	$\mu * 10^{-3}$ (Pa.s)
	pri 702,3 s-1	pri 702,3 s-1	pri 702,3 s-1	pri 702,3 s-1
	23 °C		10 °C	
1. Fruktaza	5,8860	8,3810	7,8872	11,2301
2. Javorov sirup	5,9645	8,4928	8,0522	11,4654
3. Saharoza	6,1214	8,7163	8,4758	12,0686

Tablica 17. Senzorska svojstva kisele sirutke s dodacima ($\bar{x} \pm SD$)

UZORAK	Intenzitet mirisa	Miris na kiselo	Prisutnost voćnog mirisa	Prisutnost stranog mirisa	Slatko	Kiselo	Naknadni okus	Ukupna prihvatljivost
A ₁	6,4±1,3 ^a	5,3±1,6 ^a	4,9±1,2 ^a	0,2±0,6 ^a	5,7±1,0 _a	4,5±1,5 _a	1,9±1,7 ^a	3,2±1,6 ^a
A ₂	6,6±1,4 ^a	2,9±1,5 _a	6,1±1,9 ^a	0,1±0,4 ^a	6,0±0,6 _{a,b}	3,5±1,8 _a	1,5±1,6 ^a	3,2±1,0 ^a
A ₃	6,3±1,5 ^a	3,8±1,7 _a	4,4±0,9 ^a	0,1±0,4 ^a	6,3±1,0 _{a,b}	3,9±1,3 _a	1,6±1,1 ^a	2,6±0,9 ^a
A ₄	5,5±1,7 ^a	3,5±1,7 _a	4,3±2,6 ^a	0,1±0,4 ^a	5,8±0,7 _a	3,4±1,3 _a	1,5±1,2 ^a	3,0±1,0 ^a
A ₅	6,1±1,2 ^a	4,7±1,9 _a	3,6±2,2 ^a	0,1±0,4 ^a	6,3±1,2 _a	4,0±1,7 _a	1,1±1,1 ^a	3,0±1,0 ^a
A ₆	6,1±1,3 ^a	4,3±1,4 _a	4,5±1,5 ^a	0,1±0,4 ^a	6,6±1,3 _{a,b}	4,2±1,6 _a	1,1±1,2 ^a	3,0±1,0 ^a
A ₇	6,2±1,2 ^a	4,5±1,5 _a	5,2±2,0 ^a	0,1±0,4 ^a	6,5±1,4 _{a,b}	4,1±1,5 _a	1,3±1,4 ^a	2,7±1,0 ^a
A ₈	5,8±0,9 ^a	3,4±1,9 _a	4,1±1,7 ^a	0,1±0,4 ^a	7,0±1,4 _{a,b}	3,5±1,7 _a	1,2±1,2 ^a	2,8±1,0 ^a
A ₉	6,1±0,8 ^a	3,4±1,9 _a	4,5±1,5 ^a	0,1±0,4 ^a	7,0±1,1 _{a,b}	3,4±1,7 _a	1,2±1,3 ^a	2,8±0,9 ^a
A ₁₀	6,0±1,2 ^a	3,7±1,9 _a	4,2±1,5 ^a	0,1±0,4 ^a	7,9±1,0 _b	3,4±1,6 _a	1,7±2,0 ^a	2,1±1,0 ^a
Σ	6,1±1,2	3,9±1,7	4,6±1,8	0,2±0,4	6,4±1,2	3,8±1,5	1,4±1,3	2,8±1,0

Aritmetička sredina i standardna devijacija 7 ocjenjivača.

Različita slova u stupcu označavaju da se uzorci u ispitivanom svojstvu statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$).

Kodovi i recepture uzoraka prikazani su u eksperimentalnom dijelu u tablicama 11 i 12.

5. RASPRAVA

Rezultati istraživanja utjecaja dodataka na reološka svojstva kisele sirutke prikazani su na slikama 7 do 11 i u tablicama 13 do 16. Mjerenje reoloških svojstava svježe pripremljenih uzoraka provedeno je pri temperaturama 23°C i 10°C.

Na osnovi rezultata provedenih reoloških mjerenja kod temperature 23°C, prikazanih na slici 7, vidljivo je da su ispitivani sustavi kisele sirutke s dodacima imali Newtonska svojstva. Grafički prikaz odnosa smičnog naprezanja (τ) i brzine smicanja (D) pokazuju da uzorci imaju pravac koji polazi od ishodišta koordinatnog sustava čiji nagib ili koeficijent smjera pravca predstavlja veću ili manju viskoznost kisele sirutke.

Ispitivanje utjecaja voćnog sirupa (jagode, ananasa, dinje i limuna; udjela 10%) i vrste ugljikohidrata (udjela 5%) na reološka svojstva kisele sirutke sa dodatkom sirutke u prahu (8%) prikazano je na slici 7 i tablici 13.

Na slici 7. je vidljivo da od navedenih ugljikohidrata kisela sirutka izrađena s inulinom TEX i sirupom jagode (10%) pokazuje veću vrijednost smičnog naprezanja i viskoznosti (veći nagib pravca) pri 23°C, u odnosu na uzorke s drugim ugljikohidratima..

U tablici 13. vidljivo je da kisela sirutka izrađena sa inulinom TEX i sirupom jagode ima veću vrijednost smičnog naprezanja 4,7088 (Pa) i viskoznost $6,7048 \cdot 10^{-3}$ (Pa.s), a sa fruktozom ima manju vrijednost 4,1594 (Pa) i $5,9226 \cdot 10^{-3}$ (Pa.s), mjereno kod 702,3 (s^{-1}) i 23°C. Dodatkom disaharida povećava se viskoznost kisele sirutke, a veća je primjenom trehaloze, ista pojava zapažena je i mjerenjem kod 10°C.

Voćni sirup ananasa, limuna i dinje dodan u kiselu sirutku na sličan način uzrokuje promjenu reoloških svojstava (tablica 13).

Ispitivanje utjecaja udjela voćnog sirupa (7%,10%,13%) na reološka svojstva kisele sirutke sa dodatkom sirutke u prahu (8%) i glukoze (5%) pri 23°C i 10°C vidljivo je na slici 8. i tablici 14.

Slika 8. prikazuje da porast udjela sirupa jagode dovodi do porasta vrijednosti viskoznosti kisele sirutke mjereno pri 23°C. Tako viskoznost kisele sirutke sa 7% dodanog sirupa jagode ima vrijednost $5,9226 \cdot 10^{-3}$ (Pa.s), a kod dodatka 13% ima $6,7048 \cdot 10^{-3}$ (Pa.s), pri 23°C (tablica 14).

Povećanje udjela sirupa ananasa, limuna i dinje također dovodi do porasta viskoznosti kisele sirutke kako pri 23°C, tako i pri 10°C (tablica 14).

Određivanje utjecaja vrste voćnog sirupa (udjela 10%) na reološka svojstva kisele sirutke izrađene s dodatkom sojinog mlijeka u prahu (8%) i saharoze (5%) prikazano je na slici 9. i tablici 15. Na slici 9. može se vidjeti da dodatak sirupa dinje u kiselu sirutku dovodi

do male viskoznosti $7,5988 \cdot 10^{-3}$ (Pa.s), a dodatak sirupa jagode do veće viskoznosti uzorka $7,9899 \cdot 10^{-3}$ (Pa.s), pri 23°C. Ista pojava zapažena je i mjerenjem pri 10°C.

Ako se promatra utjecaj mliječne komponente (8%) na viskoznost kisele sirutke sa dodatkom sirupa jagode (10%) i saharoze (5%) može se vidjeti na slici 10. da dodatak Ca-kazeinata u kiselu sirutku dovodi do veće viskoznosti uzorka u odnosu na dodatak sirutke u prahu ili dodatak sojinog mlijeka u prahu.

Određivanje utjecaja ugljikohidrata (fruktoza, javorov sirup, saharoza; udjela 5%) i Ca-kazeinata (8%) na reološka svojstva kisele sirutke sa dodatkom sirupa jagode (10%) može se vidjeti na slici 11. i tablici 16. Dodatak saharoze u kiselu sirutku više povećava viskoznost $8,7163 \cdot 10^{-3}$ (Pa.s), pri 23°C u odnosu na dodatak fruktoze $8,3810 \cdot 10^{-3}$ (Pa.s) i javorovog sirupa $8,4928 \cdot 10^{-3}$ (Pa.s). Ista pojava zapažena je i mjerenjem kod 10°C.

U tablici 17. prikazani su rezultati senzorske analize 10 uzoraka. Prva četiri uzorka razlikuju se u vrsti dodanog voćnog sirupa istog udjela 10%, uzorak A₁ rađen je sa sirupom limuna, A₂ jagode, A₃ dinje, dok je uzorak A₄ sa sirupom ananasa. Ostalih 6 uzoraka razlikuju se po vrsti i u koncentraciji dodanih sirupa: A₅ sirup limuna 7%, A₆ sirup limuna 10%, A₇ sirup limuna 13%, dok su uzorci A₈ do A₁₀ sa sirupom dinje koncentracije 7%, 10% i 13%.

Statističkom analizom ustanovljeno je da uzorak A₂ (jagoda 10%) ima najviše izraženo svojstvo intenziteta mirisa ocijenjeno kao jako ($\bar{x}=6,6$), dok uzorak A₄ (ananas 10%) ima najslabije izražen intenzitet mirisa ($\bar{x}=5,5$).

Najintenzivniji miris na kiselo imao je uzorak A₁ (limun 10%) i ocijenjen je kao osrednji. Kod ostalih uzoraka miris na kiselo bio je ocijenjen kao osrednje slab, s naznakom da su najmanje vrijednosti mirisa na kiselo imali uzorci: A₂ jagode 10% i uzorci sa sirupom dinje 7% i 10% (A₈ i A₉) čiji je miris na kiselo bio slabo izražen.

Prisutnost voćnog mirisa najslabije je uočena u uzorcima s 7% voćnog sirupa limuna i dinje (A₅ i A₈), dok je u uzorku A₂ (jagoda 10%) miris na voće najjače izražen i ocijenjen s 6,1 kao osrednje jak. Uspoređujući uzorke s različitim koncentracijama voćnih sirupa kod limuna su ocjenjivači ustanovili da porastom koncentracije voćnog sirupa uzorci imaju nešto intenzivnije izražen voćni miris, ali bez statistički značajne razlike, dok kod uzoraka sa dinjom ta razlika nije ustanovljena.

Prisutnost stranog mirisa zapazio je samo jedan ocjenjivač i to tek kao prepoznatljiv prag.

Statistički značajna razlika primijećena je samo u svojstvu slatkog okusa, tako se uzorak A₁₀ (dinja 13%) koji je ocijenjen kao vrlo jako sladak značajno razlikuje ($p < 0,05$) u odnosu na uzorke: A₁ (limun 10%), A₄ (ananas 10%) i A₅ (limun 7%), koji su ocijenjeni kao osrednje jako slatki, dok su svi ostali uzorci jako slatki.

Uzorci A₄ (ananas 10%), A₉ i A₁₀ sa sirupom dinje (10 i 13%), ocijenjeni su kao najslabije kiseli ($\bar{x} = 3,4$), dok ostali uzorci imaju jače izraženu kiselost. Suprotno očekivanju pokazalo se da porast koncentracije voćnog sirupa i nešto jača slatkoća uzorka ne utječu na dojam kiselosti.

Ukupno gledano naknadni okus bio je tek prepoznatljiv ili vrlo slab s naznakom da nije bilo razlike s obzirom na povećanje koncentracije voćnog sirupa, osim kod uzorka dinje sa 13% voćnog sirupa.

Svih 10 analiziranih uzoraka imali su osrednju ($\bar{x} = 2,8$) ukupnu prihvatljivost. Iako je A₁₀ uzorak dinje (13%) bio ocijenjen loše, a uzorak A₂ jagode (10%) najvišom ocjenom, nije ustanovljena statistički značajna razlika u prihvatljivosti, u odnosu na ostale uzorke.

Senzorski analitičari proveli su prvi korak istraživanja, čiji rezultati su prethodno izneseni. Da bi se takav relativno nov proizvod na bazi sirutke s raznim dodacima plasirao na tržište potrebno je provesti i testiranje potrošača testovima sklonosti. Cilj je procijeniti preferenciju i/ili prihvatljivost budućeg proizvoda među konzumentima, koji mogu ukazati i na promjenu i/ili doradu postojeće recepture sa svrhom bolje prihvatljivosti.

6.ZAKLJUČCI

Na osnovi dobivenih rezultata istraživanja mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Svi ispitivani sustavi kisele sirutke s dodacima imali su Newtonski karakter tekućina.
- Dodatkom inulina TEX i sirupa jagode u kiseli sirutku sa sirutkom u prahu, postiže se veće smično naprezanje i viskoznost sustava, a dodatkom fruktoze manje vrijednosti, pri 23°C i 10°C.
- Povećanje udjela voćnog sirupa u kiselu sirutku sa dodatkom sirutke u prahu i glukoze (5%) rezultira porastom smičnog naprezanja i viskoznosti sustava.
- Dodatak sirupa dinje u kiselu sirutku sa sojinim mlijekom u prahu i saharozom (5%) dovodi do male viskoznosti, a dodatak sirupa jagode do veće viskoznosti sustava.
- Dodatkom Ca-kazeinata (8%) u kiselu sirutku sa sirupom jagode i saharoze (5%) postiže se veća viskoznost sustava nego dodatkom sirutke u prahu ili sojinog mlijeka u prahu.
- Veća viskoznost kisele sirutke sa sirupom jagode (10%) i Ca-kazeinata (8%) ostvaruje se dodatkom saharoze (5%) u odnosu na dodatak fruktoze i javorovog sirupa.

Obzirom na ispitivana senzorska svojstva (intenzitet mirisa, miris na kiselo, prisutnost voćnog mirisa, prisutnost stranog mirisa, slatko, kiselo, naknadni okus te ukupnu prihvatljivost) može se zaključiti da je u prosjeku intenzitet mirisa svih uzoraka bio osrednje jak, miris na kiselo je bio slabije izražen (ocijenjen osrednje slab), voćni miris osrednje izražen, stranog mirisa gotovo da i nije bilo. U svim uzorcima slatkoća je bila osrednje jako izražena, a kiselost manje (osrednje slaba). Ukupna prihvatljivost svih uzoraka bila je osrednja.

Uzorak kisele sirutke s dodatkom sirupa jagode 10% je najbolje prihvaćen od starne ocjenjivačkog panela.

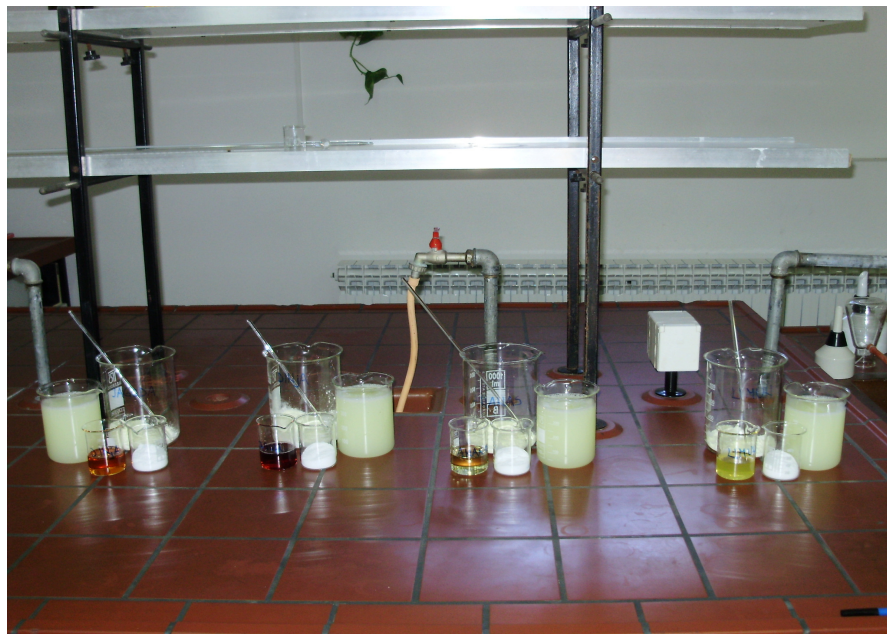
7. LITERATURA

1. Tratnik, Lj., Mlijeko: *Tehnologija, biokemija i mikrobiologija*. Hrvatska mljekarska udruga. Zagreb, str.345-368, 1998.
2. Jeličić, I., Božanić, R., Tratnik, Lj.: Napitci na bazi sirutke – nova generacija mliječnih proizvoda. *Mljekarstvo* **58** (3) 257-274, 2008.
3. M. L. Mandić, A. Perl: *Osnove senzorske procjene hrane*. Prehrambeno tehnološki fakultet, Osijek, str. 1-4, 7, 12, 21, 22, 25, 29, 33, 46, 49, 2006.
4. Lj. Tratnik: Uloga sirutke u proizvodnji funkcionalne hrane. *Mljekarstvo* **53** (4) 325-352, 2003.
5. Pravilnik o mlijeku i mliječnim proizvodima N.N. Br. 46/2007.
6. Lovrić, T.: *Procesi u prehrambenoj industriji s osnovama prehrambenog inženjerstva*. Hinus. Zagreb, str. 32-37, 137, 179, 202, 207, 2003.
7. Dehidrirani proizvodi: Sirutka u prahu, www.zdenka.hr/ (2.9.2009.)
8. Pravilnik o voćnim sokovima i njima srodnim proizvodima namijenjenim za konzumaciju, N.N. Br. 46/07, 155/08.
9. Milena L., Mandić: *Znanost o prehrani*. Sveučilište J.J.Strossmayera u Osijeku Prehrambeno tehnološki fakultet, str.38-40, 2007.
10. Ž. Ugarčić Hardi, M. Jukić: Influence of inulin addition on rheological properties of dough and sensory properties of white pan bread, Abstract book of 12th ICC Cereal & Bread Congress Harrogate: ICC, 2004. <http://bib.irb.hr/prikazi-rad?&rad=89662> (3.9.2009.)
11. Stanley H. Pine: *Organska kemija*. Školska knjiga, Zagreb, str. 735, 737, 762, 763, 1994.
12. Bagremov med, <http://proizvodi.pcelarstvo.hr/index.php/vrste-meda/12-bagremov-med.html> (2.9.2009.)
13. Javorov sirup, <http://www.vitamini.hr/3398.aspx> (1.9.2009.)
14. R.Božanić: Proizvodnja, svojstva i fermentacija sojinog mlijeka. *Mljekarstvo* **56** (3) 233-254, 2006.
15. M. Tudor, D. Samaržija, J. Havranek: Dodatci u proizvodnji jogurta. *Mljekarstvo* **58** (1) 21-32, 2008.

16. V. H. Holsinger, L. P. Posati and E. D. Devilbiss: Dairy Product Laboratory, Whey Beverages. **J. D. Sci.** **57** (8) 849-856
17. B. Matijević, K. Lisak, R. Božanić, Lj. Tratnik: Utjecaj različitih početnih koncentracija probiotičkih bakterija na fermentaciju slatke sirutke. **Mljekarstvo** **58** (4) 387-401, 2008.
18. M., Đurić, M., Carić, S., Milanović: Development of whey-based beverages. **Eur. Food Res. Technol.** **219** (4) 321-328, 2004.
19. V., Lelas: *Prehrambeno tehnološko inženjerstvo 1*. Golden marketing- Tehnička knjiga, Zagreb, str. 13-21, 27-38, 2006. Senzorska
20. S. Marić: Senzorska analiza
http://www.tempus16140.rs.sr/seminars/module4/sneza_analiza_d.pdf. (1.9.2009.)
21. Z. Herceg i A. Režek: Prehrambena i funkcionalna svojstva koncentrata i izolata proteina sirutke. **Mljekarstvo** **56** (4) 389-396, 2006.
22. Pravilnik o temeljnim zahtjevima za osvježavajuća bezalkoholna pića i soda vodu, N.N. Br. 55/96.
23. Lj. Primorac: *Senzorske analize*, Metode, II. dio. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, str. 1-3, 44-49, 2005.

8. PRILOZI

PRILOG I Priprema uzoraka i servirani uzorci u senzorskom laboratoriju



Priprema uzoraka



Uzorci za senzorsku analizu

PRILOG II Obrazac za senzorsko ocjenjivanje uzorka

IME I PREZIME_____

DATUM_____

Uporabom skale od 1 do 9 stupnjeva ocijenite dolje navedena svojstva za sve prezentirane uzorke.

SKALA

- 9 ekstremno jako izraženo
- 8 vrlo jako
- 7 jako
- 6 osrednje-jako
- 5 osrednje
- 4 osrednje-slabo
- 3 slabo
- 2 vrlo slabo
- 1 prag

SKALA ZA UKUPNU PRIHVATLJIVOST

- 5 izvrsno
- 4 vrlo jako
- 3 osrednje
- 2 loše
- 1 vrlo loše

Svojstva

Miris: intenzitet mirisa

miris na kiselo

prisutnost voćnog mirisa (molom navesti koji)

prisutnost stranog mirisa (molim navesti)

Okus: slatko

kiselo

Naknadni okus (ako se osjeti potrebno je definirati vrstu)

Ukupna prihvatljivost: ocijeniti sa ocjenama od 1 - 5

SVOJSTVA						
MIRIS						
OKUS						