

# Korištenje kisele sirutke u proizvodnji sladoleda

---

**Lažec, Barbara**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:474950>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-30**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

**KORIŠTENJE KISELE SIRUTKE U PROIZVODNJI  
SLADOLEDA**

DIPLOMSKI RAD

Barbara Lažec

Zagreb, lipanj, 2024.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET**

Diplomski studij:

Proizvodnja i prerada mlijeka

**KORIŠTENJE KISELE SIRUTKE U PROIZVODNJI  
SLADOLEDA**

DIPLOMSKI RAD

Barbara Lažec

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Milna Tudor Kalit

Zagreb, lipanj, 2024.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA  
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Barbara Lažec**, JMBAG 01781182, rođena 25.03.2000. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

**KORIŠTENJE KISELE SIRUTKE U PROIZVODNJI SLADOLEDA**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Potpis studentice*

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Barbare Lažec**, JMBAG 01781182 naslova

**KORIŠTENJE KISELE SIRUTKE U PROIZVODNJI SLADOLEDA**

obranjen je i ocijenjen ocjenom \_\_\_\_\_, dana \_\_\_\_\_.

Povjerenstvo:

potpisi:

- |    |                                      |        |       |
|----|--------------------------------------|--------|-------|
| 1. | izv. prof. dr. sc. Milna Tudor Kalit | mentor | _____ |
| 2. | doc. dr. sc. Darija Bendelja Ljoljić | član   | _____ |
| 3. | prof. dr. sc. Ivica Kos              | član   | _____ |

## Zahvala

Ovime zahvaljujem svojim roditeljima što su mi bili velika podrška tijekom studiranja kao i bratu Antunu koji me ispitivao prije svakog ispita. Također, zahvaljujem prijateljima i kolegama koji su zajedno sa mnom prolazili kroz stresne situacije tijekom studiranja.

Za kraj veliko hvala mojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Milni Tudor Kalit koja mi je omogućila rad na ovom istraživanju i uspješno provođenje studija kraju.

## Sadržaj

1. Uvod .....	1
1.2. Cilj rada .....	3
2. Pregled literature .....	4
2.1. Sirutka .....	4
2.2. Korištenje sirutke u industriji .....	6
2.3. Povijest proizvodnje sladoleda .....	9
2.4. Sastojci sladoleda .....	10
2.5. Proces proizvodnje sladoleda .....	12
2.6. Sladoled dodane nutritivne vrijednosti .....	13
3. Materijali i metode .....	15
3.1. Proizvodnja sladoleda .....	15
3.2. Analize fizikalno - kemijskih svojstva sladolednih smjesa .....	19
3.3. Analize viskoznosti i boje sladolednih smjesa .....	19
3.4. Određivanje senzornih svojstava sladoleda .....	20
3.5. Statistička obrada podataka .....	22
4. Rezultati .....	23
4.1. Fizikalna svojstva i kemijski sastav sladolednih smjesa na bazi jogurta i kisele sirutke .....	23
4.2. Viskoznost sladolednih smjesa na bazi jogurta i kisele sirutke .....	24
4.3. Boja sladolednih smjesa na bazi jogurta i kisele sirutke .....	26
4.4. Senzorna svojstva sladoleda .....	26
5. Zaključak .....	29
6. Literatura .....	30
Životopis .....	33

# Sažetak

Diplomskog rada studentaice **Barbara Lažec**, naslova

## **Korištenje kisele sirutke u proizvodnji sladoleda**

Sladoled na bazi jogurta je na tržištu sve prisutnija namirnica dodane nutritivne vrijednosti. Okus, sastav i pH kisele sirutke vrlo su slični jogurtu, stoga ona može biti potencijalna zamjena za jogurtu osnovu takvih vrsta sladoleda. Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj zamjene jogurta kiselom sirutkom na svojstva sladoleda. Proizvedene su 2 pokusne skupine sladoleda: I) Sladoled na bazi jogurta (kontrolna skupina) II) Sladoled u čijem sastavu je jogurt zamijenjen kiselom sirutkom. Analize sladoledne smjese obuhvatile su određivanje udjela suhe tvari, mliječne masti, proteina, laktoze, saharoze, mliječne kiseline, vitamina B2, pH vrijednosti, viskoznosti i boje. Panel skupina od 5 stručnih ocjenjivača ocijenila je senzorna svojstva sladoleda koristeći sustav bodovanja s maksimalnom ocjenom 20, dok je skupina od 32 potrošača ocijenila senzorna svojstva sladoleda s maksimalnom ocjenom 9.

Kisela sirutka je značajno ( $P < 0,01$ ) utjecala na fizikalno- kemijska svojstva, boju te viskoznost sladoledne smjese. Sladoledna smjesa s kiselom sirutkom imala je niži sadržaj proteina (što je rezultiralo nižom viskoznošću sladoledne smjese) i niži udio mliječne kiseline, dok je sadržaj laktoze i vitamina B2 bio veći (što je utjecalo na jači intezitet zelene boje) u odnosu na sladoled s jogurtu osnovom. Kisela sirutka ima potencijal zamjene jogurta u proizvodnji sladoleda s obzirom da potrošači i stručna panel skupina nisu uočili značajan negativan utjecaj kisele sirutke na senzorna svojstva sladoleda, osim za svojstvo boje od strane potrošača.

**Ključne riječi:** kiselna sirutka, jogurt, sladoled, viskoznost, senzorska svojstva



# Summary

Of the master's thesis – student **Barbara Lažec**, entitled

## **The use of sour whey in the production of ice cream**

Yoghurt-based ice cream is an increasingly present food with added nutritional value on the market. The taste, composition and pH value of sour whey are very similar to yoghurt, so it can be a possible substitute for the yoghurt base of such ice creams. The aim of this research was to determine the effects of replacing yogurt with sour whey on the properties of ice cream. Two experimental groups of ice cream were produced in the laboratory of the Department of Dairy Science, University of Zagreb Faculty of Agriculture: I) Yoghurt-based ice cream (control group) II) Ice cream in which the yoghurt was replaced with sour whey. The analyses of the ice cream mix included the determination of the proportion of dry matter, milk fat, protein, lactose, sucrose, lactic acid, vitamin B2, pH value, viscosity and colour. A 5- member panel of experts assessed the sensory properties of the ice cream using a scoring system with a maximum score of 20, while a group of 32 consumers evaluated the sensory properties of the ice cream with a maximum score of 9.

Sour whey had a significant effect ( $P < 0,01$ ) on the physico-chemical properties, colour and viscosity of the ice cream mix. The ice cream mix with sour whey had a lower protein content (resulting in a lower viscosity of the ice cream mix) and a lower proportion of lactic acid, while the lactose and vitamin B2 content was higher (which affected the intensity of the green colour). Sour whey is a potential substitute for yoghurt, as consumers and the panel group did not find any significant negative effect of sour whey on the sensory properties of ice cream, with the exception of the colour property by consumers.

**Keywords:** sour whey, yoghurt, ice cream, viscosity, sensory properties

# 1. Uvod

Strategija proizvodnje i prerade hrane danas se temelji na maksimalnoj iskoristivosti osnovne sirovine kao i svih otpada i nusproizvoda nastalih tijekom njihove prerade. Upravo zbog sve veće zabrinutosti za očuvanje okoliša dolazi do provedbe brojnih istraživanja o mogućnostima iskorištenja otpada/nusproizvoda iz prehrambene industrije i poljoprivrede (Jurgilevich i sur., 2016.; Lavelli i Beccalli, 2022.) pa tako i u području mljekarstva. Prerada mlijeka u mliječne proizvode rezultira različitim vrstama nusproizvoda i otpada. Sirutka, nusproizvod proizvodnje sira, uz tehnološke otpadne vode zastupljena je u najvećoj količini.

Sastav sirutke ovisi o vrsti proizvedenog sira, odnosno tehnološkom postupku proizvodnje, mikrobnim kulturama i korištenom sirilu, pa razlikujemo slatku i kiselu sirutku. Slatka sirutka nastaje tijekom proizvodnje mekih, polutvrdih i tvrdih sireva, koagulacijom mlijeka uz pomoć sirila, dok je kisela sirutka nusproizvod koagulacije mlijeka zakiseljavanjem tijekom proizvodnje svježeg sira. Najviše sirutke nastaje u proizvodnji tvrdog sira, ali i u proizvodnji nekih drugih mliječnih proizvoda poput grčkog jogurta ili koncentriranog jogurta (Bendelja Ljoljić i sur., 2023.).

Prema izvješću European Dairy Association za 2016. godinu, godišnja proizvodnja sirutke u svijetu bila je oko 190 milijuna tona, od čega je oko 6 milijuna tona sirutke proizvedeno u Europi, a 197 000 tona u Hrvatskoj. Posljednjih 10 godina bilježi se trend povećanja proizvodnje sira, pa se količina proizvedene sirutke u svijetu svake godine povećava za 1 do 2% (Bendelja Ljoljić i sur., 2023.).

Prema važećoj regulativi (Uredba o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada NN 50/05, 39/09), sirutka kao nusproizvod životinjskog podrijetla tretira se kao otpad (materijal kategorije 3). Zbog sastava organske tvari, što uključuje laktozu, proteine, mliječnu mast, vitamine i mineralne tvari, sirutka ima visoke vrijednosti biokemijske potrošnje kisika (BPK; 40–60 g/l) i kemijske potrošnje kisika (KPK; 50–80 g/l) što ju čini velikim zagađivačem okoliša te se stoga mora adekvatno ukloniti ili iskoristiti (Lappa i sur., 2019.; Bendelja Ljoljić i sur., 2023.).

Sirutka se dugo smatrala nepoželjnim sekundarnim proizvodom proizvodnje sira koji se u pravilu bacao, a tek kasnije se počeo koristiti kao stočna hrana ili prerađivati u različite proizvode (Matijević, 2018.). Zbog visoke biološke i nutritivne vrijednosti danas je sve češće prisutna u ljudskoj prehrani. Općenito, u industrijskoj proizvodnji sira, nastala sirutka se u pravilu iskorištava za proizvodnju skute, laktoze, koncentrata proteina sirutke, sirutke u prahu itd. (Rocha i Guerra, 2020.; Ozel i sur., 2022.). Bez obzira na veliki potencijal njenog iskorištavanja svega se 54 % sirutke koristi u prehrambeno-prerađivačkoj industriji, dok se ostatak koristi u hranidbi domaćih životinja ili se ispušta u vodene tokove vrlo često bez prethodne obrade (Ganju i Gogate, 2017.). To predstavlja ozbiljan gubitak sirovine i uzrokuje znatne ekološke probleme. Procjenjuje se da je zagađenje nastalo od oko 50 kg sirutke ekvivalentno otpadu koji proizvedu 22 čovjeka dnevno. Primjerice, nakon proizvodnje sira na otoku Pagu, kao jedne od najznačajnijih lokacija u Hrvatskoj u pogledu tradicionalne proizvodnje ovčjeg sira, nastaje oko 25.000 kg slatke sirutke/dnevno, što zahtijeva metode zbrinjavanja otpada ekvivalentno gradu s 11.000 stanovnika (Tudor Kalit i sur., 2019.).

U Hrvatskoj danas postoji problem zbrinjavanja sirutke na malim obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima (OPG). Najčešće ta gospodarstva, na temelju ugovora s

uzgajivačima, daruju sirutku za korištenje u hranidbi domaćih životinja. Unatoč ekološkoj prihvatljivosti, takav način za proizvođača u financijskom smislu je nepovoljan. S druge strane, zbog količine i visoke nutritivne vrijednosti koja potječe od proteina (albumin i globulin), mliječne masti, laktoze, vitamina B skupine, mineralnih tvari te brojnih bioaktivnih spojeva (Zhao i sur., 2022.), sirutka može na obiteljskom poljoprivrednom gospodarstvu biti odlična sirovina za proizvodnju mliječnih proizvoda dodane nutritivne vrijednosti koji pripadaju skupini funkcionalne hrane (Tudor Kalit i sur., 2019.), budući da uz nutritivnu vrijednost imaju i pozitivne učinke na određene funkcije u organizmu čovjeka (Mollet i Rowland, 2002.). Povrh toga, to su proizvodi više tržišne cijene po jedinici proizvoda, uzimajući u obzir da je sirovina „besplatna“ jer je sirutka neminovni nusproizvod proizvodnje sira. Na obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima najzastupljeniji proizvodi iz sirutke koji pripadaju kategoriji funkcionalne hrane su albuminski sir ili skuta te sirutkini napitci. Međutim, danas je u mnogim zemljama EU povećan interes za uvrštavanje sladoleda u asortiman proizvoda manjih mljekara. Vrsta sladoleda koja je sve više prisutna na tržištu je sladoled na bazi jogurta, u kojem osnovni mliječni sastojak nije mlijeko već jogurt. Cijena takvog sladoleda je veća u odnosu na mliječni sladoled zbog više cijene osnovne sirovine, jogurta. S obzirom da oko 50 % suhe tvari mlijeka prelazi u sirutku tijekom tehnološkog procesa proizvodnje sira (Božanić, 2012.), te su okus, sastav i pH kisele sirutke vrlo slični jogurtu, ona može biti potencijalna zamjena za jogurtu osnovu.

Svojstva sladoleda poput stabilnosti, gustoće, kiselosti, viskoznosti, točke smrzavanja i sposobnosti tučenja uvelike ovise o sastojcima korištenima za pripremu sladoledne smjese. Svojstva sladoledne smjese izravno utječu na senzorska svojstva i kvalitetu sladoleda (Božanić, 2012.; Goff i Hartel, 2013.).

## **1.2. Cilj rada**

Cilj ovog istraživanja je utvrditi utjecaj kisele sirutke kao zamjene za jogurt u proizvodnji sladoleda na fizikalno-kemijska svojstva, viskoznost, boju i nutritivnu vrijednost sladoledne smjese te senzorska svojstva sladoleda.

## 2. Pregled literature

### 2.1. Sirutka

Sirutka je nusproizvod u tehnološkom procesu proizvodnje sira. Ovisno o načinu koagulacije kazeina razlikujemo slatku sirutku (koagulacija djelovanjem enzima) i kiselu sirutku (koagulacija djelovanjem kiseline) (Tratnik, 2012.).

Prema kiselosti sirutka se dijeli u tri skupine:

- a) Slatka sirutka (titracijska kiselost od 0,10 do 0,20%, pH 5,8 - 6,6)
- b) Srednje kisela (titracijska kiselost od 0,20 do 0,40%, pH 5,0 - 5,8)
- c) Kisela sirutka (titracijska kiselost je veća od 0,40%, pH < 5,0)

Sastav i svojstva sirutke ovise o tehnologiji proizvodnje sira odnosno načinu koagulacije te i o kvaliteti mlijeka (Tablica 2.1.1.)

Tablica 2.1.1. Sastav i svojstva sirutke

SASTAV	SLATKA SIRUTKA	KISELA SIRUTKA
Suha tvar (%)	6,7	6,42
Laktoza (%)	5,0	4,4
Proteini (%)	0,6	0,53
Pepeo (%)	0,52	0,60
Mast (%)	0,25	0,05
Mliječna kiselina	0,14	0,47
pH	6,1	4,7

Izvor: Tudor Kalit i sur., 2019.

U proizvodnji sira oko 80 do 90 L sirutke nastaje od 100 L mlijeka (Tratnik, 2012.). U sirutku obično prelazi oko 50% suhe tvari mlijeka. Najveći postotak suhe tvari sirutke čini laktoza (oko 70%). Nakon proizvodnje sira u sirutku prelaze svi ugljikohidrati mlijeka, 90% čini laktoza, a ostatak čine glukoza, galaktoza, oligosaharidi te aminošećeri. Prosječno se u litri sirutke nalazi oko 40 do 45 grama laktoze (Miletić, 1994.). Nakon laktoze po količini slijede sirutkini proteini, mineralne tvari te mliječna mast (Tratnik, 2012.).

Proteini sirutke su najvrjedniji sastojci sirutke, te ostaju nepromijenjeni tijekom koagulacije mlijeka jer nisu osjetljivi na djelovanje enzima sirila, a u cijelosti prelaze u sirutku tijekom izdvajanja gruš kazeina. Prilikom proizvodnje industrijskog svježeg sira ili kuhanog sira te kod proizvodnje nekih tvrdih sireva dio termolabilnih proteina sirutke ipak se zadržava u grušu, a manji dio ostaje u sirutki. Razlog tome su visoke temperature toplinske obrade pri čemu dolazi do vezanja proteina sirutke na kazein. Djelovanjem enzimatskih preparata tijekom koagulacije kazeina odvaja se glikomakropeptid i odlazi u slatku sirutku, dok u kiseloj sirutki nije utvrđen (Tratnik, 2012.).

Kisela i slatka sirutka u prosjeku sadrže podjednaku količinu sirutkinih proteina, dok je udio aminokiselina različit (tablica 2.1.2.). Kisela sirutka sadrži značajno više slobodnih aminokiselina kao i esencijalnih slobodnih aminokiselina u odnosu na slatku sirutku, dok sadržaj esencijalnih aminokiselina koje se nalaze u sastavu proteina nije toliko značajno različit (Tratnik, 2012.).

Tablica 2.1.2. Udio aminokiselina (mg/L) u sirutki

SIRUTKA	SLOBODNE AMINOKISELINE		AMINOKISELINE U PROTEINIMA	
	ukupne	esencijalne	ukupne	esencijalne
Slatka	132,7	51,0	6490	3326
Kisela	450,0	356,0	5590	2849

Izvor: Tratnik, 2012.

Najpromjenjiviji udio u sirutki je udio mineralnih tvari, a razlog tome su različiti biokemijski procesi koji se odvijaju tijekom proizvodnje sira. U sirutku prelaze sve topljive soli i mikroelementi iz mlijeka kao i soli dodane u proizvodnji sira. Kisela sirutka sadrži puno više mineralnih tvari u odnosu na slatku sirutku. Uglavnom se to odnosi na udio kalcija i fosfora čije su količine prikazane u tablici 2.1.3.

Tablica 2.1.3. Udio (%) kalcija u kiseloj i slatkoj sirutki

SIRUTKA	KALCIJ	FOSFATI
Slatka	0,4 - 0,6	1,0 - 3,0
Kisela	1,2 - 1,6	2,0 - 4,5

Izvor: Tratnik, 2012.

Ovisno o postupcima proizvodnje sira, o načinu čuvanja sirutke te prisutnoj mikroflori koncentracija mliječne kiseline je različita te je udio mliječne kiseline i njezinih soli puno veći u kiseloj sirutki nego u slatkoj (Tratnik, 2012.).

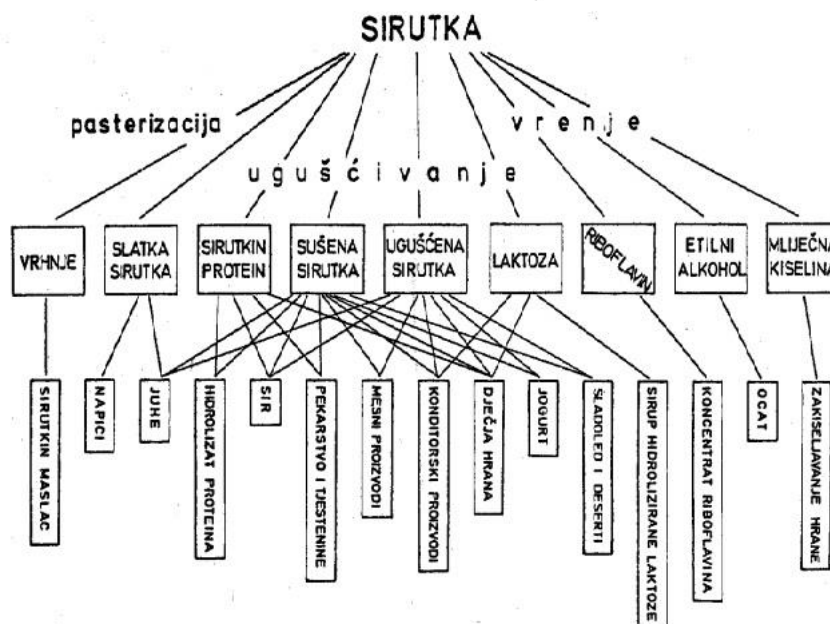
Tijekom proizvodnje sira, većina masti iz mlijeka prelazi u grušu. Udio masti u kiseloj sirutki je manji nego u slatkoj sirutki zato što se tradicionalno svježi sir proizvodi od obranog mlijeka. Mliječna mast koja prelazi u sirutku je bolje dispergirana i sadržava veći postotak manjih globula u odnosu na mliječnu mast u mlijeku (Tratnik, 2012.).

Iz mlijeka u sirutku prelaze vitamini topljivi u vodi dok vitamini topljivi u masti tek djelomično, s obzirom da samo dio masti prelazi u sirutku. Smatra se da litra sirutke može zadovoljiti dnevne potrebe odrasle osobe za vitaminima B skupine, dok se vitamin C razgradi tijekom proizvodnje sira. Udio riboflavina je veći u sirutki nego u mlijeku i to zbog aktivnosti nekih bakterija mliječne kiseline. Također, od riboflavina potječe žutozelena boja sirutke (Tratnik, 2012.).

## 2.2. Korištenje sirutke u industriji

Sirutka je zbog svog sastava vrlo pogodna za rast mikroorganizama te ju stoga treba brzo obraditi i preraditi u odgovarajući proizvod jer je lako pokvarljiva. Sirutka se može primjenom postupka pasterizacije, ugušćivanja ili vrenja preraditi u različite proizvode koji imaju velike mogućnosti iskorištenja u prehrambenoj industriji (slika 2.2.1.). Udio laktoze je sličan udjelu laktoze u mlijeku pa je sirutka jeftiniji izvor za dobivanje laktoze i proizvoda od laktoze (alkohola, mliječne i octene kiseline itd.). Iako su mogućnosti korištenja sirutke u prehrambene svrhe značajne, na europskom tržištu sirutka se još uvijek nedovoljno iskorištava te se uglavnom koristi za hranidbu stoke, a vrlo malo za ljudsku prehranu.

Proteini sirutke posjeduju izvrsna funkcionalna svojstva (topljivost, viskoznost, sposobnost emulgiranja, želiranja, apsorpcije vode te inkorporacije zraka) koja omogućuju njihovo uklapanje u mliječne proizvode, kao i povećanje biološke vrijednosti. Također, proteini sirutke stimuliraju rast nekih bakterija mliječne kiseline što je bitno u primjeni probiotičkih kultura koje sporije rastu u mlijeku. Također se koriste kao zamjena za mliječnu mast, što je velika prednost za proizvodnju "light" proizvoda npr. mliječnih i sirnih namaza, fermentiranih napitaka i deserata poput sladoleda. Zbog toga se sirutka najviše koristi za proizvodnju koncentrata proteina sirutke (Tratnik, 2003.).



Slika 2.2.1. Mogućnosti korištenja sirutke

Izvor: Tratnik, 2012.

Sirutka se može koristiti i za proizvodnju albuminskog sira skute. Zbog slatkasto mliječnog okusa skuta je pogodna i za proizvodnju sladoleda (<https://bookaleta.com/talijanska-tradicija-i-istarska-dusa-u-sladoledima-pierluigiija-salvatorea/>).

Tekuća sirutka se koristi u proizvodnji napitaka još od 460 godina prije Krista. Otac suvremene medicine Hipokrat preporučao je sirutku u terapiji mnogih bolesti poput tuberkuloze, žutice, kožnih bolesti itd. Tako su još u 19. stoljeću Njemačka, Švicarska i Austrija počele proizvoditi napitke na bazi sirutke koja su se preporučala u terapiji protiv dijareje, anemije, bolesti jetre. Te zemlje su i dan danas najveći proizvođači napitaka od sirutke na bazi voća i povrća poput austrijske *Latella* (slika 2.2.2.) i švicarske *Rivella* (slika 2.2.3.).



Slika 2.2.2 Lattella

Izvor: <https://www.lattella.at/en/about-lattella> - pristup 21.02.2024.



Slika 2.2.3 Rivella

Izvor: <https://swissmade.direct/hr/shop/swiss-food-and-drink/soft-drink/rivella-red-original/> - pristup 21.02.2024.



U Hrvatskoj aromatizirane sirutke proizvode mljekara Meggle i Veronika. Problem korištenja sirutke u proizvodnji napitka duljeg roka trajanja je stvaranje taloga zbog denaturacije proteina sirutke i taloženja mineralnih tvari (Tratnik, 2012.).



Slika 2.2.4. Sirutka s okusom manga i marelice

Izvor: <https://www.veronika.hr/mljecni-proizvodi/sirutka-s-okusom/> - pristup 21.02.2024.



Slika 2.2.5. Meggle Vita sirutka

Izvor: <https://meggle.rs/en/product/whey-drink-330ml-en/> - pristup 21.02.2024.

Tekuća sirutka pogodna je i kao sastojak u proizvodnji sladoleda. Pokusna poluindustrijska proizvodnja krem sladoleda provedena je u Ledo tvornici. Jedna smjesa se sastojala od ultrafiltrirane sirutke (16,5% suhe tvari, 4,4% proteina), a druga smjesa je sadržavala obrano mlijeko u prahu (3,5% proteina). Međutim, zbog izraženog kiselog okusa, pjeskovitosti i izdvajanja tekućeg dijela nakon otapanja sladoleda smješten je u treću klasu (Tratnik, 2003.).

Također, i sirutka u prahu se može koristiti u proizvodnji sladoleda. Cilj istraživanja je bio procijeniti prikladnost permeat sirutke u prahu za proizvodnju sladoleda. Zaključili su da sadržaj laktoze nije negativno utjecao na kvalitetu sladoleda tijekom sedam mjeseci skladištenja, a nakon 10 mjeseci skladištenja sladoled s najvećim udjelom laktoze bio je pjeskovit i grudičast te manje prihvatljiv potrošačima (Schweiger i sur., 2023.).

### 2.3. Povijest proizvodnje sladoleda

Točni podaci o počecima proizvodnje sladoleda još uvijek nisu poznati. Povijesni dokumenti nam govore da je proizvodnja hladnih deserata s mlijekom i snijegom započela već u Kini za vrijeme cara Tang od Shanga. Stari Rimljani za vrijeme cara Nerona konzumirali su hladno slatke napitke, te je car slao vojnike na planinske vrhove po smrznute komade snijega i led koji su se miješali sa voćnim sokovima i voćem te ih tako posluživali. U 13. stoljeću Marko Polo je na povratku u Italiju s jednog od svojih putovanja donio recept za proizvodnju sladoleda. Proizvodnja sladoleda se zatim proširila u Englesku, Njemačku i Francusku. U 18. stoljeću sladoled se počeo proizvoditi i u kućanstvima, a 1848. Nancy Jonson patentira ručnu miješalicu za sladoled koja olakšava njegovu proizvodnju (Božanić, 2012.; Tudor Kalit, 2019).

1851. godine izgradnjom prve tvornice u Baltimoru započela je industrijska proizvodnja sladoleda. 1899. godine u proizvodnji sladoleda počeo se koristiti homogenizator, a 1924. godine zamrzivač sladoleda koji je znatno usavršio proizvodnju (Božanić, 2012.; Tudor Kalit, 2019).

Nakon II. svjetskog rata započinje masovna proizvodnja sladoleda koja postaje vrlo važna grana prehrambene industrije prvenstveno u Americi i Europi. U Hrvatskoj industrijska proizvodnja sladoleda započinje 1958. kada je osnovana i tvornica Ledo u Zagrebu. Prvi sladoled na štapiću nazvan je „Snjeguljica“ (Tudor Kalit, 2019).

U 2020. godini EU je proizvela preko 2,9 milijardi litara sladoleda, što predstavlja pad od 9% u odnosu na 2019. godinu. Među članicama EU, Njemačka je bila glavni proizvođač sladoleda u 2020. godini, dok je Francuska najveći izvoznik sladoleda u 2020. godini (izvezla je 59 milijuna kilograma sladoleda) (Eurostat, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20210803> ). Prema podacima Državnog zavoda za statistiku u Republici Hrvatskoj je u 2019. godini prosječno konzumirano 3,3 kg sladoleda po članu kućanstva. Mjesečna proizvodnja sladoleda u 2019. godini je iznosila 21.666,00 tona, odnosno 367.603,00 hektolitara, što je povećanje u odnosu na 2018. godinu kada je proizvedeno oko 350.000,00 hektolitara (Državni zavod za statistiku, 2021).

S druge strane, u SAD je 2022. godine proizvedeno 5,22 milijardi litara sladoleda. Prosječni Amerikanac godišnje pojede otprilike 9 kg sladoleda (IDFA, <https://www.idfa.org/ice-cream-sales-trends> ).

## 2.4. Sastojci sladoleda

Sladoled se sastoji od mliječnih i nemliječnih sastojaka. Mliječni sastojci su mliječna mast (10 %) i bezmasna mliječna suha tvar (9 do 12%). U nemliječne sastojke ubrajamo zaslađivače i šećere (12 do 16%), emulgatore i stabilizatore (0,2 do 0,5%), vodu (55 do 64%) te dodatke voća, voćnih aroma, jaja i čokolade (Goff, 2013.).

### 2.4.1. Mliječni sastojci

Izvori mliječnih sastojaka (mliječna mast i mliječna bezmasna suha tvar) u sladoledu mogu biti mlijeko, ugušćeno mlijeko, mlijeko u prahu, obrano mlijeko u prahu, vrhnje, maslac ili sirutka.

Sladoledna smjesa sadrži 8 do 18% mliječne masti. Mast može potjecati iz mlijeka, vrhnja (s 30 do 35% mliječne masti), ugušćenog punomasnog mlijeka, maslaca i sirutke. Mliječna mast povećava hranjivu vrijednost, a i jedan je od skupljih sastojaka pa zbog toga povećava i cijenu sladoleda. Vrhnje je najbolji i najskuplji izvor mliječne masti. Sladoledu daje punoću okusa, finu teksturu, a popravlja i konzistenciju. Također, ima utjecaj i na nastajanje manjih kristala leda, osigurava jednoličan raspored i povećava otpornost na topljenje. Smatra se da je idealni udio mliječne masti u sladoledu oko 12% (Božanić, 2012.).

Obrano mlijeko ili mlijeko u prahu izvori su mliječne bezmasne suhe tvari, nalazimo ih oko 9 do 12% u sladolednoj smjesi. Sadrže laktozu, kazein, proteine sirutke, mineralne tvari, vitamine, kiseline, enzime i plinove iz mlijeka ili mliječnih proizvoda. U mliječnoj bezmasnoj suhoj tvari sadržaj proteina je oko 37%, laktoze oko 55%, a mineralnih tvari oko 8% (Božanić, 2012.; Goff, 2013.).

Proteini su odgovorni za strukturu sladoleda kroz emulgiranje, tučenje i kapacitet vezanja vode. Emulgiranje je posljedica adsorpcije na globule masti tijekom homogenizacije. Mjehurići zraka u smjesi nastaju zbog tučenja proteina u sladoledu. Kapacitet vezanja vode proteina utječe na povećanje viskoznosti sladoledne smjese, koja poboljšava strukturu (Božanić, 2012.).

Kada se laktoza hidrolizira  $\beta$ -D -galaktozidazom, rezultat je povećanje slatkoće. U određenim uvjetima kristalizira se u velike kristale te dolazi do pjeskovite strukture što je jedna od mana u sladoledu. To se može izbjeći ako udio mliječne bezmasne suhe tvari nije veći od 17%. Na pjeskovitu smjesu utječu i drugi faktori kao što su dodatak paste od lješnjaka jer njezini čvrsti dijelovi mogu djelovati kao nukleusi (centar kristalizacije) za laktozu, izazivajući stvaranje kristalizacije. Laktoza isto tako ima i pozitivan učinak na sladoled poboljšavajući njegovu konzistenciju i snižavajući točku ledišta (Božanić, 2012.; Goff, 2013.).

Svih 22 minerala koji se smatraju esencijalnim u prehrani ljudi prisutni su u mlijeku. Mineralne tvari ne utječu na okus, ali popravljaju teksturu i konzistenciju i osiguravaju stvaranje sitnih kristala leda i mjehuriće zraka. Isto tako povećavaju viskoznost sladoleda i otpornost na topljenje te snižavaju točku ledišta. Sadržaj mliječne bezmasne suhe tvari u sladolednoj smjesi trebao bi iznositi oko 10,5 do 12% (Božanić, 2012.; Goff, 2013.).

## 2.4.2. Nemliječni sastojci

U skupinu nemliječnih sastojaka spadaju šećeri, sladila, boje, arome, emulgatori, voda i zrak. Biljna mast koristi se kao zamjena za mliječnu mast ili u kombinaciji s mliječnom masti, te mora biti neutralnog okusa. Vrsta masnoće, točnije njezin sastav i točka topljivosti utječu na organoleptička svojstva i stabilnost proizvoda. Najčešće se pri proizvodnji koristi kokosova i palmina mast, te mast palminih sjemenki ili njihove kombinacije. Proizvodu daju strukturu sličnu kao i mliječna mast (Božanić, 2012.).

Najvažniji nemliječni sastojci su šećer i sladila. Osiguravaju slatkoću sladoledne smjese te utječu na ugodan okus i poboljšavaju teksturu. Ako sladoled sadrži premalo šećera njegov će okus biti prazan i nedovršen, a prevelika količina prekriti će poželjnu aromu sladoleda. Dodatak šećera i sladila povećava viskoznost i udio suhe tvari, što poboljšava strukturu sladoleda. Udio suhe tvari ne bi smio biti veći od 42%, a količina šećera veća od 16%. Iznad tih granica sladoled bi bio premekan ili pregust. Zasladiivači snižavaju točku zamrzavanja sladoledne smjese što je pogodno za karakteristike smrznutog proizvoda te niže temperature potrebne za očvršćivanje sladoleda. Oni su, osim nisko kaloričnih sladila, najjeftiniji sastojci suhe tvari sladoledne smjese. Najčešće se koristi saharoza, ali uz nju i šećerni sirup, dekstrin ili dekstroza, fruktoza ili glukoza, odnosno njihovi sirupi. Kombinacijom zaslađivača može se utjecati na postizanje željenih svojstava proizvoda. Osim toga, u sladoled namjenjen dijabetičarima stavljaju se druga sladila, na primjer fruktoza, sorbitol i manitol (Andreasen i Nielsen, 1998.).

Za bojanje sladoleda, smjesa za sladoled i zamrznute deserate upotrebljavaju se prirodne boje u količinama koje su dostatne da smjesi daju odgovarajući izgled proizvoda. Za dobivanje željene arome sladoleda mogu se koristiti etil vanilin, vanilin, kakao u prahu, proizvodi od kaka, čokolada, kava u prahu ili ekstrakt kave, jezgričavo voće, proizvodi od voća (voćne kaše, zamrznuto voće), prirodne arome voća, prženi šećer, aroma ruma. Voće i njegove preradevine dodaju se u obliku komada, paste i soka. Najvažnije karakteristike aroma su njihov intenzitet i tip. Jače arome dolaze u manjim koncentracijama, dok se blage arome stavljaju u većim količinama. Prema Marshallu i sur. (2003.) najpopularniji sladoled je vanilija (27,3%), onda čokolada (9,9%), čokolada s dodacima (8%) te voćni okusi (7,8%).

Sastojci koji spajaju i ugušćuju smjese su stabilizatori i emulgatori. Mogu se koristiti pojedinačno ili kao smjesa dvaju ili više sastojaka. Stabilizatori su prirodni spojevi koji vežu vodu te tako bubre i povećavaju volumen. Utječu na formiranje manjih kristala leda jer smanjuju količinu slobodne vode. Uz to što stabiliziraju smjesu služe i za usporavanje migracija vlage iz proizvoda do pakiranja. Moraju biti neutralnog okusa i ne smiju utjecati na aromu sladoleda (Božanić, 2012.).

Emulgatori su tvari koje smanjuju površinsku napetost i emulgiraju mast u smjesi. Dodavanje emulgatora u sladolednu smjesu služi za nastanak manjih globula masti tijekom homogenizacije. Skrućuju sladoled aglomeracijom masnih kuglica i pospješuju sposobnost tučenja smjese. Dodaju se u količini 0,3 do 0,5%. Najčešće se koristi želatina, pektin i škrob. Najstariji poznati emulgator sladoleda je žutanjak jaja (lecitin) koji se najčešće koristi u većini originalnih recepata. Danas je njegovo korištenje smanjeno zbog moguće pojave salmonele, naročito kod jaja iz domaćeg uzgoja (Božanić, 2012.).

## 2.5. Proces proizvodnje sladoleda

Postupak proizvodnje sladoleda možemo podijeliti u dva dijela. Prvi dio je proizvodnja sladoledne smjese što obuhvaća sastavljanje i miješanje smjese, predgrijavanje, homogenizaciju, hlađenje (5°C) i zrenje sladoledne smjese (4 do 24 sata). Drugi dio je zamrzavanje sladoledne smjese i dobivanje gotovog proizvoda (sladoleda). Proces zamrzavanja uključuje dodatak aroma i boja, te djelomično zamrzavanje (od -3 do -7°C) i upuhivanje zraka, oblikovanje, duboko zamrzavanje (od -20 do -10 °C) i na kraju pakiranje (Božanić, 2012.).

Sladoledna smjesa se priprema prema određenoj recepturi. U smjesu se dodaju emulgatori i stabilizatori. Nakon pasterizacije dodaju se boje i arome jer one nisu otporne na visoke temperature. Jedina aroma na koju ne utječe pasterizacija je kakao tako da njega možemo dodati i prije (Božanić, 2012.).

Miješanje smjese odvija se na temperaturi od 50 do 60°C u duplikatoru. Najčešće se provodi automatsko miješanje u šaržnom sistemu.

Pri temperaturi od 70 do 75°C odvija se predgrijavanje smjese u sekciji regeneracije u pasterizatoru. Tijekom tog procesa dolazi do potpunog otapanja mliječne masti (Božanić 2012.; Tudor Kalit, 2019.). Cilj je dobiti finu i jednoličnu smjesu sa što manjim globulima, bez odvajanja i s dobrom sposobnosti tučenja

Za uništavanje mikroorganizama i njihovih enzima koristi se pasterizacija smjese koja pomaže otapanju i miješanju sastojaka, popravlja aromu i održivost smjese te povoljno djeluje na teksturu. Tijekom pasterizacije sladoledne smjese treba uzeti u obzir povećanu viskoznost, koja je slična kao kod vrhnja.

Nakon pasterizacije provodi se brzo hlađenje na temperaturi od 4 do 6°C.

U duplikatoru na temperaturi od 2 do 4°C ili 4 do 8°C odvija se zrenje sladoledne smjese i traje od 4 sata do maksimalno 24 sata uz lagano miješanje. Prije zrenja dodaju se arome i boje. Tijekom procesa zrenja dolazi do kristalizacije mliječne masti, bubrenja stabilizatora (zbog vezanje vode), bubrenja proteina (zbog hidratacije) i povećanja viskoznosti. Zrenje utječe na bolju konzistenciju, teksturu smjese, finiju strukturu, bolje oblikovanje, veću otpornost na otapanje i povećanu stabilnost tijekom skladištenja (Božanić, 2012.; Tudor Kalit, 2019).

Najvažniji postupak proizvodnje sladoleda za osiguravanje kvalitete, dobrog okusa i gotovog proizvoda je djelomično zamrzavanje i upuhivanje zraka. Tijekom ovih procesa dolazi do upuhivanja i ugradnje zraka te nastajanja pjene, zamrzavanja vode, formiranja ledene faze i djelomične destabilizacije emulzije masti. Ovisno o sastavu smjese temperatura miješanja je različita, tako za smjese sa visokim udjelom šećera i laktoze odvija na temperaturi -3°C, a one s visokim udjelom masti, niskim udjelom laktoze i šećera temperaturi -1,4°C. Zbog upuhivanja zraka ili plina (dušik ili ugljikov dioksid) dolazi do povećavanja volumena (80 do 100%) (Goff, 2013.).

Oblikovanje i pakiranje radi se u obliku štapića, korneta, u čašicama ili kutijama koje mogu biti kartonske ili plastične. U procesu oblikovanja neposredno prije pakiranja mogu se dodati razni dodaci (lješnjaci, čokolada, komadi voća, preljevi...). Nakon pakiranja slijedi duboko zamrzavanje koje se mora provesti vrlo brzo kako bi kristali leda bili što manji. (Božanić, 2012.).

## 2.6. Sladoled dodane nutritivne vrijednosti

Nutritivna vrijednost sladoleda ovisi o količini, vrsti i vrijednosti sastojaka od kojih je proizveden (mliječnih i nemliječnih). Mliječni sastojci koji čine sladolednu smjesu putem visokovrijednih sastojaka doprinose nutritivnoj vrijednosti. Voće, lješnjak, jaja su nemliječni sastojci koji također doprinose nutritivnoj vrijednosti. Na nutritivnu vrijednost sladoleda utječu tehnološki postupci proizvodnje, primjerice visoke temperature toplinske obrade, niske temperature tijekom procesa zamrzavanja te dugo vrijeme skladištenja prije konzumiranja (Tudor Kalit, 2019.).

Funkcionalna hrana je hrana koja pored svoje osnovne nutritivne vrijednosti na pozitivan način utječe na jednu ili više funkcija u tijelu, smanjujući rizike razvoja pojedinih bolesti. Funkcionalna hrana može poboljšati opće stanje organizma te smanjiti rizik oboljenja od raznih bolesti. Ponekad se može koristiti kao pomoć tijekom liječenja nekih bolesti (Tudor Kalit, 2014.; Čalić i sur., 2011.).

Vrste sladoleda koje osim osnovne nutritivne vrijednosti sadrže i sastojke koji dodatno djeluju povoljno na zdravlje potrošača pripadaju kategoriji specifičnih vrsta sladoleda dodane nutritivne vrijednosti. Neki od primjera povećanja nutritivne vrijednosti sladoleda su dodatak probiotičkih sojeva, dodatak prebiotika, smanjenje ukupnog udjela mliječne masti ili šećera u sladoledu, te korištenje jogurta, sirutke, ovčjeg ili kozjeg mlijeka kao mliječnih sastojaka. S obzirom da ove vrste sladoleda imaju pozitivan učinak na zdravlje ljudi, pripadaju u skupinu funkcionalne hrane.

### 2.6.1. Vrste sladoleda dodane nutritivne vrijednosti

Probiotički sladoled je namirnica proizvedena dodatkom probiotičkih bakterija. Istraživanja su pokazala da probiotičke bakterije dobro preživljavaju zamrzavanje tijekom čuvanja sladoleda, a sam sladoled dobiva visoke senzorske ocjene. Najčešće se koriste sojevi *Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum* (Tudor Kalit, 2019.).

Prebiotik se definira kao neprobavljivi sastojak hrane koji povoljno utječe na domaćina na način da selektivno stimulira rast ili aktivnost limitiranog broja bakterija koje se prirodno nalaze u probavnom sustavu čovjeka. Prebiotici mogu inhibirati rast i razvoj patogenih bakterija, a najčešće djeluju u debelom crijevu, iako utječu na mikroorganizme i u tankom crijevu (Di Criscio i sur., 2010.). Prilikom proizvodnje sladoleda s dodatkom prebiotika najčešće se koriste fruktooligosaharidi, galaktooligosaharid, inulin, rezistentni škrob i polidekstroza. Njihovim dodatkom u sladoled postiže se povećanje nutritivne vrijednosti te poboljšanje funkcionalnih svojstava krajnjeg proizvoda (Tudor Kalit, 2019.).

Balthazar i sur. (2018) istraživali su utjecaj dodatka *Lactobacillus casei* 01 ( 6 log CFU/mL) i/ili inulina (10%) na svojstva sladoleda od ovčjeg mlijeka tijekom skladištenja (-18°C/150 dana). Ovčje mlijeko sadrži više laktoze od kravljeg. Može činiti i do 20% ukupnih ugljikohidrata u sladoledu te je sastojak s najvećim udjelom u bezmasnoj suhoj tvari što može predstavljati problem osobama koje su intolerantne na laktozu (Tudor Kalit, 2019.). Za potrebe istraživanja proizvedene su tri vrste sladoleda: konvencionlani punomasni sladoled od ovčjeg mlijeka, probiotički punomasni sladoled od ovčjeg mlijeka i simbiotički bezmasni sladoled od

ovčjeg mlijeka. Rezultati pokazuju da je sladoled od ovčjeg mlijeka dobar medij za rast *Lactobacillus casei* 01. Autori zaključuju kako inulin ne utječe negativno na probiotik tijekom procesa probave te da sladoled tijekom svih 150 dana pohrane osigurava terapijski učinak za domaćina zbog snažne *in vitro* adhezije *Lactobacillus casei* 01 na epitelne stranice crijeva. Dodatak inulina povećava nutritivnu vrijednost sladoleda, a funkcionalni ovčji sladoled (probiotički i simbiotički) djeluje antioksidativno te antihipertenzivno.

Sladoled sa smanjenim udjelom masti je sve traženiji proizvod. Prilikom proizvodnje takvog sladoleda treba imati na umu važnost masti u strukturi i senzorskim svojstvima sladoleda. Smanjivanje udjela mliječne masti može dovesti do povećanja osjećaja zaleđenosti, pjeskovite i hrapave teksture, veće čvrstoće i manje topljivosti sladoleda. Zbog svega navedenog mliječna mast se može smanjiti, ali nikada u potpunosti maknuti jer je ona bitan i nezamjenjiv sastojak sladoleda (Tudor Kalit, 2019.).

Vrsta sladoleda dodane nutritivne vrijednosti koja je sve više prisutna na tržištu je sladoled na bazi jogurta. Sadržava bakterije jogurtne kulture *Lactobacillus delbruecki* subsp. *bulgaricus* i *Streptococcus thermophilus*. Smjesa za smrznuti jogurt obično sadržava 0 do 4% mliječne masti, 12 do 12,5% mliječne bezmasne suhe tvari, 13 do 14% šećera, 0,4% stabilizatora i emulgatora, žive jogurtne bakterije i više od 0,35% mliječne kiseline (Tudor Kalit, 2019.).

Davidson i sur. (2000.) istraživali su preživljavanje probiotičkih kultura u zamrznutom jogurtu. Proizveli su dva tipa sladoleda: 1) sa klasičnom jogurtom kulturom (*Streptococcus thermophilus* i *L. delbruecki* subsp. *bulgaricus*), 2) s dodatkom klasične jogurtne kulture te probiotičkih *Bifidobacterium longum* i *Lactobacillus acidophilus*. Navode kako je zamrznuti jogurt dobar medij za unos probiotičkih bakterija u organizam te kako pohrana (11 tjedana) ima mali ili neznatan utjecaj na preživljavanje probiotičkih bakterija. Njihov broj ostao je dovoljno visok da bi imao pozitivan zdravstveni učinak na potrošače. Intenzitet arome vanilije i slatkoće je u obje vrste zamrznutog jogurta sličan.

### 3. Materijali i metode

#### 3.1. Proizvodnja sladoleda

U Laboratoriju za senzorske analize poljoprivredno- prehrambenih proizvoda Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet proizvedene su 2 pokusne skupine sladoleda:

- 1) Sladoled na bazi jogurta (kontrolna skupina)
- 2) Sladoled u čijem sastavu je jogurt zamijenjen kiselom sirutkom

Proces proizvodnje sladoleda sastojao se od dva dijela: proizvodnja sladoledne smjese te zamrzavanje sladoledne smjese i dobivanje gotovog proizvoda (sladoleda).

Pokusne skupine sladolednih smjesa bile su proizvedene u količini od 3 L. Izračun količine pojedinih sastojaka (tablica 3.1.1.) potrebnih za pripremu sladolednih smjesa jednakog sadržaja masti (oko 2,5%), saharoze (12%) i stabilizatora (0,03%) proveden je prema Goff i Hartel (2013.). Za pripremu sladolednih smjesa korišteni su sljedeći sastojci: kiselo vrhnje sa 20% mliječne masti, konzumni šećer, stabilizator 100% guar guma (proizvođača Nutrigold), obrano mlijeko u prahu (proizvođač Dukat), voda i tekući jogurt odnosno kiselu sirutka. U pripremi sladoledne smjese na bazi jogurta korišten je tekući jogurt s 3,2% mliječne masti (proizvođač Dukat), dok je za pripremu sladoledne smjese sa sirutkom korištena pasterizirana kiselu sirutka (proizvođač Euromilk).

Tablica 3.1.1. Količine sastojaka za proizvodnju sladoledne smjese na bazi jogurta i kiselu sirutke

Sastojak	Sladoledna smjesa	
	Jogurt	Kisela sirutka
Kiselo vrhnje	225 g	458 g
Obrano mlijeko u prahu	200 g	242 g
Guar guma	4,5 g	4,5 g
Šećer	360 g	360 g
Voda	711 g	437 g
Tekući jogurt	1,5 L	/
Tekuća sirutka	/	1,5 L
UKUPNO	3 L	3 L



Prvi korak u pripremi sladoledne smjese čini miješanje suhih sastojaka (obrano mlijeko u prahu, guar guma, šećer) koji su potom dodani u posudu s vodom te homogenizirani štapnim mikserom pri čemu je dodano kiselo vrhnje (slika 3.1.1.). Nakon toga pristupljeno je pasterizaciji smjese na 80°C/10 min uz stalno miješanje. Temperatura pasterizacije mjerila se ubodnim termometrom uranjanjem u posudu sa sladolednom smjesom (slika 3.1.2.). Po završetku postupka pasterizacije pristupilo se postupku hlađenja smjese do temperature od 15°C (urananjem posude sa smjesom u ledenu vodu) nakon čega je smjesa homogenizirana štapnim mikserom uz dodavanje jogurta odnosno sirutke pri čemu je omjer miješanja dijela sladoledne smjese i jogurta odnosno sirutke bio 1 : 1. Slijedio je postupak zrenja sladoledne smjese u hladnjaku na 4°C/ 12h.



Slika 3.1.1. Miješanje sastojaka



Slika 3.1.2. Mjerenje temperature smjese

Nakon završenog zrenja sladoledne smjese slijedio je postupak proizvodnje sladoleda (slika 3.1.3.) koji obuhvaća smrzavanje sladoledne smjese uz istovremenu inkorporaciju zraka (slika 3.1.4.) u uređaju Ugolini MiniGel Plus (Italija). Postupak proizvodnje sladoleda trajao je oko 1h odnosno do postizanja temperature smrzavanja od  $-7,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  kada se punio u plastične čašice (slika 3.1.5.). Senzorska svojstva sladoleda ocijenjena su odmah po završetku proizvodnje sladoleda.



Slika 3.1.3. Sladoledna smjesa prije početka smrzavanja



Slika 3.1.4. Smrzavanje sladoledne smjese



Slika 3.1.5. Sladoled

### 3.2. Analize fizikalno - kemijskih svojstva sladolednih smjesa

Analize fizikalno-kemijskih svojstava sladolednih smjesa obuhvatile su određivanje udjela mliječne masti, proteina, laktoze, saharoze, mliječne kiseline, suhe tvari, vitamina B2 te pH vrijednosti. Sadržaj vitamina B2 u sladolednim smjesama određen je metodom HRN EN 14152:2014 u Odjelu za dodatke prehrani, biološki aktivne tvari i psihoaktivne tvari (Odsjek za arome, mirise, vitamine i biološki aktivne tvari) na Hrvatskom zavodu za javno zdravstvo. Ostali parametri određeni su na Sveučilištu u Zagrebu Agronomski fakultet u laboratoriju Zavoda za mljekarstvo. Sadržaj mliječne masti, proteina, laktoze, saharoze, mliječne kiseline i suhe tvari određeni su metodom infracrvene (mid IR) spektrometrije (HRN ISO 9622:2017) na instrumentu Milkoscan FT 120 (Foss, Danska), a pH-vrijednost potenciometrijskom metodom pomoću pH-metra SevenMulti (Mettler Toledo, Švicarska). Navedene analize su provedene u duplikatu.

### 3.3. Analize viskoznosti i boje sladolednih smjesa

Analize viskoznosti i boje sladolednih smjesa provedene su u Laboratoriju za tehnologiju mlijeka i mliječnih proizvoda na Zavodu za prehrambeno- tehnološko inženjerstvo na Prehrambeno- biološkom fakultetu u Zagrebu. Za mjerenje viskoznosti korišten je rotacijski reometar RM-180 Rheometric Scientific (Rheometric, Inc., Piscataway, SAD). Utvrđen je napon smicanja  $T$  (Pa), prividna viskoznost  $\mu$  (mPas), koeficijent konzistencije (mPas) te indeks tečenja pri različitim brzinama smicanja ( $s^{-1}$ ) prema metodi Krešić i sur. (2008). Analize su provedne u duplikatu. Određivanje boje sladolednih smjesa (slika 5.3.1.) provedeno je kolorimetrom CM-3500d (Konica Minolta, Japan). Korištena je maska otvora 8 mm, a mjerenja su bila provedena u SCE (Specular Component Excluded) modu. Mjerila se reflektancija uzoraka u vidljivom području ( $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  vrijednosti). Analize su provedene u triplicatu.



Slika 3.3.1. Određivanje boje sladoledne smjese

### 3.4. Određivanje senzornih svojstava sladoleda

Određivanje senzornih svojstava sladoleda provedena su u Laboratoriju za senzorske analize poljoprivredno- prehrambenih proizvoda od strane panel skupine stručnih ocjenjivača te od strane skupine potrošača. Prije ocjenjivanja uzorci sladoleda su bili šifrirani kako ocjenjivačima ne bi bio poznat identitet proizvoda (vrsta sladoleda).

Senzorna svojstva sladoleda panel skupina od pet stručnih ocjenjivača ocijenila je koristeći sustav bodovanja s maksimalnom ocjenom 20 prema metodologiji opisanoj u normama HRN ISO 22935-1, HRN ISO 22935-2 i HRN ISO 22935-3. Ocjenjivala su se svojstva sladoleda: vanjski izgled, boja, konzistencija, miris i okus. Ocjenjivački raspon za pojedino svojstvo iznosio je 0,25 bodova, što znači da za svako odstupanje od standardnih svojstava sladoleda ocjenjivač umanjuje ukupan broj bodova za 0,25. Na temelju postignutih ocjena, izračunat je prosječan broj bodova za pojedino svojstvo i ukupan zbroj bodova za sva svojstva. Ocjenjivački list prikazan je na slici 3.4.1.

OCJENJIVANJE KAKVOĆE PREHRAMBENIH PROIZVODA -MLIJEKO I MLIJEČNI PROIZVODI

**OCJENJIVAČKI LIST ZA SLADOLED, SLADOLEDNE SMJESE, SMRZNUTE  
DESERTE I TUČENO PASTERIZIRANO VRHNJE**

Datum:

Tekući broj uzorka: \_\_\_\_\_

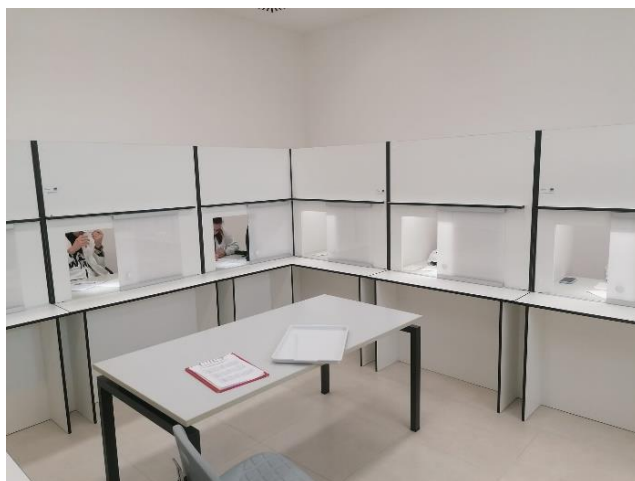
Šifra uzorka: \_\_\_\_\_

Karakteristika	Najviši broj bodova	Postignuti broj bodova	Napomena
Izgled	2		
Boja	2		
Konzistencija	4		
Miris	2		
Okus	10		
UKUPNO	20		

Ocjenjivački raspon je 0.25 bodova.

Slika 3.4.1. Ocjenjivački list panel skupine

Skupina od 32 potrošača ocijenila je senzorna svojstva sladoleda (slika 3.4.2.) korištenjem hedonističke skale (Lawless i Heymann, 2010.) s ocjenama u rasponu od 0 do 9 pri čemu je ocjena 0 označavala „uopće mi se ne sviđa“, a ocjena 9 „izrazito mi se sviđa“. Svojstva sladoleda koja su se ocjenjivala bila su: boja, miris, okus, konzistencija, prisustvo stranih aroma te ukupna prihvatljivost. Ocjenjivački list prikazan je na slici 3.4.3.



Slika 3.4.2. Ocjenjivanje sladoleda od strane potrošača

SENZORNO OCJENJIVANJE SLADOLEDA		OBRAZAC: SLADOLED		DATUM:																	
<p>Dragi kušači, Hvala Vam na dolasku na senzorno ocjenjivanje sladoleda. Ako imate pitanja, molimo Vas postavite ih asistentima. Molimo Vas da prije predaje ovog obrasca provjerite potpunost svih predviđenih polja.</p>		<b>ŠIFRA KUŠAČA</b>																			
		PRVA ZNAMENKA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9									
		DRUGA ZNAMENKA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9									
		TREĆA ZNAMENKA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9									
<b>ŠIFRA UZORKA</b>		_____		<b>ŠIFRA UZORKA</b>		_____															
BOJA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	BOJA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MIRIS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	MIRIS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
OKUS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	OKUS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
KONZISTENCIJA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	KONZISTENCIJA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
PRISUSTVO STRANIH AROMA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	PRISUSTVO STRANIH AROMA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
UKUPNO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	UKUPNO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Uopće ne sviđa		Izrazito sviđa		Uopće ne sviđa		Izrazito sviđa															

Slika 3.4.3. Ocjenjivački list potrošačke skupine

### **3.5. Statistička obrada podataka**

Utjecaj zamjene jogurtne osnove kiselom sirutkom na svojstva sladoleda utvrđen je pomoću t-testa u statističkom programu SPSS v. 21.

## 4. Rezultati

### 4.1. Fizikalna svojstva i kemijski sastav sladolednih smjesa na bazi jogurta i kisele sirutke

Tablica 4.1.1. Fizikalna svojstva i kemijski sastav sladolednih smjesa na bazi jogurta i kisele sirutke

Parametar	Sladoledna smjesa	
	Jogurt	Kisela sirutka
Suha tvar (g/100 g)	26,95 <sup>a</sup> ± 0,06	27,33 <sup>b</sup> ± 0,14
Mliječna mast (g/100g)	2,30	2,21
Proteini (g/100 g)	4,10 <sup>a</sup> ± 0,02	3,40 <sup>b</sup> ± 0,02
Laktoza (g/100 g)	5,30 <sup>a</sup> ± 0,04	7,84 <sup>b</sup> ± 0,06
Saharoza (g/100 g)	12,24 ± 0,03	12,20 ± 0,05
Mliječna kiselina (g/100 g)	0,64 <sup>a</sup> ± 0,006	0,57 <sup>b</sup> ± 0,009
Vitamin B2 (mg/100 g)	0,118 <sup>a</sup> ± 0,009	0,175 <sup>b</sup> ± 0,006
pH	5,39 <sup>a</sup> ± 0,02	5,53 <sup>b</sup> ± 0,02

Rezultati su izraženi kao srednja vrijednost ± standardna greška;

<sup>a, b</sup> vrijednosti u istom redu označene različitim slovima značajno se razlikuju ( $P < 0,01$ )

Tablica 4.1.1. prikazuje fizikalna svojstva i kemijski sastav sladolednih smjesa. Iz tablice se uočava da postoji statistički značajna razlika ( $P < 0,01$ ) u sadržaju suhe tvari između pokusnih skupina. Veći sadržaj suhe tvari imala je sladoledna smjesa s dodatkom kisele sirutke što se može objasniti značajno većim sadržajem laktoze ( $P < 0,01$ ) u toj smjesi, što je u skladu s literaturnim navodima vezanima za sastav sirutke. Kisela sirutka sadrži veći udio laktoze (3,2 do 5,1 g/100 mL), dok se dio laktoze pri proizvodnji jogurta hidrolizira na galaktozu i glukozu (Tratnik, 2012.; Samaržija, 2015.).

Sadržaj proteina u sladolednoj smjesi s jogurtom bio je značajno ( $P < 0,01$ ) veći u odnosu na smjesu s kiselom sirutkom. Značajno veći ( $P < 0,01$ ) sadržaj proteina u smjesi s jogurtom u odnosu na smjesu s kiselom sirutkom posljedica je većeg sadržaja proteina u jogurtu u odnosu na sirutku. Prosječan sadržaj proteina u jogurtu je 3,5 g/100 g, dok sirutka prosječno sadrži puno manje proteina, oko 0,9 g/100 mL (Tratnik, 2003.).

Sadržaj mliječne masti i saharoze statistički se nije razlikovao između pokusnih skupina, što je posljedica naravnavanja sadržaja mliječne masti i šećera u obje smjese, odnosno cilj je bio proizvesti smjese jednakog sadržaja mliječne masti, saharoze i stabilizatora.

Sadržaj mliječne kiseline bio je značajno ( $P < 0,01$ ) veći u sladolednoj smjesi sa jogurtom (0,64 g/100g) u odnosu na sladolednu smjesu s kiselom sirutkom (0,57 g/100 g), što je utjecalo i na pH vrijednost smjese.



pH vrijednost pokazuje koncentraciju slobodnih vodikovih iona u otopini, koji uglavnom potječu iz mliječne kiseline, ali također i iz drugih kiselih komponenti (Bendelja Ljoljić i sur., 2023.). Značajno ( $P < 0,01$ ) nižu pH vrijednost imala je smjesa s jogurtom što je posljedica niže pH vrijednosti jogurta (4,2 – 4,4; Samaržija, 2015.) u odnosu na pH kisele sirutke (5,0) (Tratnik, 2012.).

Iz tablice 4.1.1. vidljivo je da postoji statistički značajna razlika ( $P < 0,01$ ) u sadržaju vitamina B2 između sladolednih smjesa. Veći sadržaj vitamina B2 imala je sladoledna smjesa s kiselom sirutkom u odnosu na sladolednu smjesu s jogurtom. Vitamini B skupine su vitamini topljivi u vodi, a sirutka je odličan izvor vitamina B2 (riboflavin), što je pokazano i ovim istraživanjem. Značajno ( $P < 0,01$ ) veći sadržaj vitamina B2 imala je sladoledna smjesa s kiselom sirutkom u odnosu na sladolednu smjesu s jogurtom. Prema tome, s obzirom na sadržaj vitamina B2 sladoled proizveden sa sirutkom, imao je veću nutritivnu vrijednost u odnosu na sladoled s jogurtom. Tratnik (2003.) navodi da jedna litra sirutke može zadovoljiti dnevnu potrebu organizma za vitaminom B2 od kojeg potječe žuto-zelena boja sirutke. Udio riboflavina u sirutki može biti veći nego u mlijeku, što je rezultat aktivnosti bakterija mliječne kiseline u proizvodnji sira, pa se sirutka može koristiti i za dobivanje koncentrata tog vitamina. Vitamin B2 je neophodan za metabolizam ugljikohidrata, aminokiselina i lipida te podupire antioksidativnu zaštitu organizma (Lee Gallagher, 2004.). Nedostatan unos vitamina B2 putem hrane jedna je od najčešćih hipovitaminoza u prehrani našeg stanovništva koja se povezuje s nedovoljnom potrošnjom mlijeka i mliječnih proizvoda (Bundalo i Srkalović Imširagić, 2013.). Tako se primjerice nedostatak riboflavina povezuje s pojavom depresije, dermatitisa, glositisa i anemije (Tang i sur., 2023.).

## 4.2. Viskoznost sladolednih smjesa na bazi jogurta i kisele sirutke

Tablica 4.2.1. Viskoznost sladolednih smjesa na bazi jogurta i kisele sirutke

Parametar	Sladoledna smjesa	
	Jogurt	Kisela sirutka
Prividna viskoznost (mPas)	119,00 <sup>a</sup> ± 3,24	43,00 <sup>b</sup> ± 0,41
Koeficijent konzistencije (mPas)	4,891 <sup>a</sup> ± 0,023	1,094 <sup>b</sup> ± 0,003
Indeks tečenja (n)	0,4461 <sup>a</sup> ± 0,0021	0,5456 <sup>b</sup> ± 0,0004
Koeficijent regresije ( $R^2$ )	0,9978 ± 0,0005	0,9970 ± 0,0005

Rezultati su izraženi kao srednja vrijednost ± standardna greška;

<sup>a, b</sup> vrijednosti u istom redu označene različitim slovima značajno se razlikuju ( $P < 0,01$ )

Iz tablice 4.2.1. može se vidjeti da postoji statistički značajna razlika ( $P < 0,01$ ) između viskoznosti sladoledne smjese s jogurtom u odnosu na smjesu s kiselom sirutkom. Prividna viskoznost sladoledne smjese s jogurtom bila je značajno ( $P < 0,01$ ) veća u usporedbi s prividnom viskoznošću sladoledne smjese s kiselom sirutkom. Viskoznost se može opisati kao

otpor tekućine koja daje odgovor na primijenjenu silu. Na viskoznost sladoledne smjese utječu procesi prerade smjese (pasterizacija, homogenizacija, zrenje), temperatura te sastav smjese. Najveći utjecaj imaju mast i stabilizatori te količina suhe tvari. Povrh toga prisutne soli (kalcij, natrij, citrati, fosfati) značajno utječu na viskoznost zbog utjecaja na kazein i ostale proteine) (Božanić, 2012.). Viskoznost sladoledne smjese je važan čimbenik koji utječe na kvalitetu sladoleda. Primjerice, tijekom smrzavanja sladoledne smjese veće viskoznosti teško dolazi do ugradnje zraka u smjesu. Suprotno tome, sladoledne smjese preniske viskoznosti lakše inkorporiraju zrak, ali u tom slučaju čvrstoća proizvoda nije dovoljno dobra (Roya i sur., 2022.). Prividna viskoznost sladoledne smjese s jogurtom bila je značajno ( $P < 0,01$ ) veća u usporedbi s prividnom viskoznošću sladoledne smjese sa sirutkom što se može povezati sa značajno većim sadržajem proteina (tablica 4.1.1.). Proteini u sastavu sladoledne smjese utječu izravno na strukturu sladoleda kroz njihovu mogućnost vezanja vode. Kapacitet vezanja vode poboljšava strukturu sladoleda jer utječe na povećanje viskoznosti smjese. Različiti proteini imaju različit kapacitet vezanja vode. Kazein veže 3 grama vode na gram proteina, dok proteini sirutke vežu 1 gram vode na gram proteina (Božanić, 2012.). S obzirom da u sastavu proteina jogurta prevladava kazein, viskoznost sladoledne smjese s jogurtom bila je veća, u odnosu na viskoznost sladoledne smjese sa sirutkom koja je sadržavala više proteina sirutke.

Koeficijent konzistencije (K) je parametar koji predstavlja viskoznu prirodu tekućine. Viskozna priroda sladoledne smjese usko povezana s kiselošću smjesa za sladoled. Viša kiselost sladoleda pridonosi manjoj viskoznoj prirodi (Kaminska-Dwórznička i sur., 2022.). Usporedbom koeficijenta konzistencije sladolednih smjesa, vidljivo je da smjesa s kiselom sirutkom imala značajno ( $P < 0,01$ ) niži koeficijent konzistencije (1,094 mPas) u odnosu na smjesu sa jogurtom (4,891 mPas). S obzirom na važnost utjecaja viskoznosti na svojstva sladoleda, povećanje viskoznosti sladolednih smjesa sa sirutkom moglo bi se postići dodatkom veće količine stabilizatora ili kombinacije različitih vrsta stabilizatora s obzirom da se stabilizatori u proizvodnji sladoleda koriste kako bi se povećala viskoznost sladoledne smjese i kvaliteta sladoleda. Stabilizatori pripadaju skupini prirodnih spojeva, najčešće su to polisaharidi guar guma, ksantan, karuba guma, karagenan, gumiarabika, karboksi metil celuloza (Božanić, 2012.).

Prema definiciji, n-vrijednost, poznata i kao indeks tečenja, predstavlja odstupanje od Newtonovog protoka, odnosno od vrijednosti  $n=1$ . S obzirom da pseudoplastični fluidi imaju vrijednost  $n < 1$ , a dilatantni fluidi  $n > 1$  (Barukčić i sur., 2022.), prema dobivenim vrijednostima indeksa tečenja obje pokusne skupine pripadaju pseudoplastičnim ne-Newtonovim tekućinama. Značajno ( $P < 0,01$ ) veće odstupanje od Newtonovog ponašanja imala je sladoledna smjesa s kiselom sirutkom. Roya i sur. (2022.) istraživali su svojstva visokoproteinskog sladoleda te su utvrdili da veći sadržaj proteina smanjuje indeks tečenja, ali povećava koeficijent konzistencije, što je u skladu s rezultatima ovog istraživanja. Sladoledna smjesa na bazi jogurta koja je u svom sastavu imala veći sadržaj proteina (tablica 4.1.1.) imala je značajno ( $P < 0,01$ ) niži indeks tečenja odnosno viši ( $P < 0,01$ ) koeficijent konzistencije.

Vrijednosti koeficijenta regresije za odgovarajući model iznosio je od 0,9970 do 0,9978 što je zadovoljavajuće za analizirane uzorke sladoleda te nije bilo statistički značajne razlike između sladolednih smjesa.

### 4.3. Boja sladolednih smjesa na bazi jogurta i kisele sirutke

Tablica 4.3.1. Boja sladolednih smjesa na bazi jogurta i kisele sirutke

Parametar	Sladoledna smjesa	
	Jogurt	Kisela sirutka
a	-2,363 <sup>a</sup> ± 0,147	-2,648 <sup>b</sup> ± 0,003
b	7,943 <sup>a</sup> ± 0,106	6,760 <sup>b</sup> ± 0,039
L	80,813 ± 1,599	80,598 ± 0,025

Rezultati su izraženi kao srednja vrijednost ± standardna greška;

<sup>a, b</sup> vrijednosti u istom redu označene različitim slovima značajno se razlikuju (P<0,01)

Boja je izravno povezana s izgledom mliječnih proizvoda, a ujedno je i jedan od najvažnijih svojstava kvalitete koji utječe na prihvatljivost kod potrošača. Sitne micelle kazeina zajedno s globulama mliječne masti raspršuju svjetlost svih valnih duljina što mlijeku daje bijelu boju (Meneses sur., 2020.). Žuto- zelena boja sirutke potječe od vitamina B2 (Tratnik, 2003.). Iz tablice 4.3.1. je vidljivo da je zelena boja (a\* vrijednost) sladoledne smjese s jogurtom bila značajno (P<0,01) manja u usporedbi sa zelenom bojom smjese sa sirutkom. Postoji i statistički značajna razlika (P<0,01) u žutoj boji (b\* vrijednost) između uzoraka. L\* vrijednosti označava svjetlinu, a\* vrijednost označava zelenu boju (-100 čisto zelena boja) i b\* vrijednost označava žutu boju (+100 čisto žuta boja). Boja sladolednih smjesa u skladu je sa sadržajem vitamina B2 (tablica 4.1.1. ) odnosno sladoledna smjesa s kiselom sirutkom imala je jače izraženu zelenu boju što je u izravnoj povezanosti sa značajno većim sadržajem vitamina B2 u toj smjesi. Roland i sur. (1999.) koji navodi da je sadržaj mliječne masti u pozitivnoj korelaciji sa svjetlinom sladoleda. Prema tome, slična L\* vrijednost u obje sladoledne smjese posljedica je jednakog sadržaja mliječne masti (tablica 4.1.1).

### 4.4. Senzorna svojstva sladoleda

Tablica 4.4.1. Ocjene senzornih svojstava sladoleda od strane stručne panel skupine

Parametar	Sladoled	
	Jogurt	Kisela sirutka
Izgled	2,00 ± 0,06	1,94 ± 0,06
Boja	2,00 ± 0,01	2,00 ± 0,03
Konzistencija	3,85 ± 0,06	3,72 ± 0,12
Miris	2,00 ± 0,01	2,00 ± 0,01
Okus	9,81 ± 0,25	9,50 ± 0,10
Ukupno	19,66 ± 0,35	19,16 ± 0,26

Rezultati su izraženi kao srednja vrijednost ± standardna greška

Tablica 4.4.2. Ocjene senzornih svojstava sladoleda od strane potrošača

Parametar	Sladoled	
	Jogurt	Kisela sirutka
Boja	8,53 <sup>a</sup> ± 0,18	7,82 <sup>b</sup> ± 0,23
Konzistencija	7,76 ± 0,50	7,19 ± 0,34
Miris	7,67 ± 0,36	7,19 ± 0,40
Okus	7,66 ± 0,48	7,10 ± 0,41
Prisustvo stranih aroma	0,56 ± 0,29	0,89 ± 0,33
Ukupno	7,79 ± 0,44	7,35 ± 0,34

Rezultati su izraženi kao srednja vrijednost ± standardna greška;

<sup>a, b</sup> vrijednosti u istom redu označene različitim slovima značajno se razlikuju (P<0,05)

Tablice 4.4.1. i 4.4.2. prikazuju utjecaj zamjene jogurta kiselom sirutkom na senzorna svojstva sladoleda. Iako je sladoled na bazi jogurta ocijenjen višom ukupnom ocjenom za senzorna svojstva od strane stručne panel skupine, nisu uočene značajne (P>0,05) razlike između sladoleda na bazi jogurta i sladoleda s kiselom sirutkom. Nije utvrđena statistički značajne razlika (P>0,05) za svojstvo konzistencije sladoleda između pokusnih skupina, ali stručna panel skupina je konzistenciju sladoleda s kiselom sirutkom ocijenila slabije te je za razlog navela pjeskovitu teksturu. Statistički značajna razlika (P>0,05) nije utvrđena između okusa sladoleda na bazi jogurta i sladoleda s dodatkom sirutke. Međutim, panelisti su slabije ocijenili sladoled sa sirutkom te su naveli da ima brašnjav i pjeskovit okus. Unatoč razlici u boji sladoleda na bazi jogurta i sladoleda s kiselom sirutkom (tablica 4.3.1.) stručna panel skupina nije smanjila ocjenu za boju.

Nisu uočene značajne razlike između vanjskog izgleda, konzistencije, mirisa, okusa, prisustva stranih aroma te ukupne ocjene senzornih svojstava kontrolne skupine (sladoled na bazi jogurta) i sladoleda sa sirutkom od strane potrošača. Postoji statistički značajna razlika (P<0,05) u ocjeni za boju između sladoleda na bazi jogurta i sladoleda sa sirutkom. Potrošači su slabije ocijenili boju sladoleda s kiselom sirutkom što se može pripisati izraženijoj zelenoj boji. Jednako kao i kod stručne panel skupine, konzistencija i okus sladoleda sa sirutkom slabije su ocijenjeni od strane potrošača. Potrošači nisu uočili prisustvo stranih aroma s obzirom na niske vrijednosti ocjena za navedeni parametar za obje pokusne skupine sladoleda (0,56 – 0,89 bodova od maksimalnih 9). Konzistencija i okus su dva svojstva koja su najviše utjecala na nižu ukupnu ocjenu senzorskih svojstava sladoleda sa sirutkom ocijenjenih od strane stručne panel skupine iz razloga brašnjave i pjeskovite teksture i okusa. Poznato je da je topljivost laktoze slaba te u prevelikoj količini može uzrokovati pjeskovitu teksturu sladoleda (Marshall i Arbuckle, 1996.). Sladoled s dodatkom kisele sirutke imao je veći sadržaj laktoze, ali i manji sadržaj proteina i nižu viskoznost što je utjecalo na senzorsku kvalitetu sladoleda.

Različita istraživanja navode da je važno optimizirati količinu dodatka sirutkinih proteina jer prevelika količina može uzrokovati preveliku čvrstoću sladoleda, preintenzivni okus na sirutku i kuhano mlijeko, te smanjen intenzitet arome vanilije (Prindiville i sur., 2000.; Danesh i sur., 2017.; Akrabi, 2019.). Jeličić i sur. (2008.) navode da se razvoj napitaka na bazi

sirutke temelji na dodatku voćnih koncentrata, kako bi se dobio proizvod prihvatljivih senzorskih svojstava, pritom ponajprije misleći na okus. U skladu s time, iako ocjena za okus nije bila značajno niža, okus sladoleda sa sirutkom mogao bi se unaprijediti dodatkom voćnih baza.

## 5. Zaključak

Na temelju provedenog istraživanja zamjene jogurta u proizvodnji sladoleda kiselom sirutkom doneseni su sljedeći zaključci:

- Korištenje kisele sirutke kao zamjene za jogurt u proizvodnji sladoleda značajno ( $P < 0,01$ ) je utjecalo na fizikalno-kemijska svojstva, boju i viskoznost sladoledne smjese
- Sladoledna smjesa s kiselom sirutkom imala je niži sadržaj proteina i mliječne kiseline dok je sadržaj laktoze i vitamina B2 bio veći u usporedbi sa sladolednom smjesom na bazi jogurta
- Veći sadržaj vitamina B2 u sladolednoj smjesi s kiselom sirutkom povećava nutritivnu vrijednost sladoleda te utječe na intenzitet zelene boje sladoleda
- Niži sadržaj proteina u smjesi s kiselom sirutkom rezultirao je značajno nižom viskoznošću sladoledne smjese
- Kisela sirutka ima potencijal kao zamjena za jogurt u proizvodnji sladoleda s obzirom da potrošači i stručna panel skupina nisu uočili značajan negativan utjecaj kisele sirutke na senzorna svojstva sladoleda, osim za svojstvo boje ( $P < 0,01$ ) od strane potrošača

## 6. Literatura

1. Akrahi M., Eskandari M. H., Davoudi Z. (2019). Application and functions of fat replacers in low- fat ice cream. *Trends in Foods Science & Technology*. 86: 34-40
2. Andreasen T.G., Nielsen H. (1998). Ice cream and aerated desserts. U: *The Technology of Dairy Products*. Blackie Academic and Professional. 2: 301-326.
3. Balthazar C.F., Silva H.L.A., Esmerino E.A., Rocha R.S., Moraes J., Carmo M.A.V., Azevedo L., Camps I.K.D Abud Y., Sant'Anna C., Franco R.M., Freitas M.Q., Silva M.C., Raices R.S.L., Escher G.B., Granato D., Senaka Ranadheera C., Nazarro F., Cruz A.G. (2018). The addition of inulin and *Lactobacillus casei* 01 in sheep milk ice cream. *Food Chemistry*. 246:464-472.
4. Barukčić I., Filipan K., Lisak Jakopović K., Božanić R., Blažić M., Repajić M. (2022). The Potential of Olive Leaf Extract as a Functional Ingredient in Yoghurt Production: The Effects on Fermentation, Rheology, Sensory, and Antioxidant Properties of Cow Milk Yoghurt. *Foods*. 11 (5): 701.
5. Bendelja Ljoljić D., Kalit S., Kazalac J., Dolenčić Špehar i., Mihaljević M., Maslov Bandić L., Tudor Kalit M. (2023). The Potential of Using Istrian Albumin Cheese Whey in the Production of Whey Distillate. *Fermentation*. 9 (2): 192.
6. Bundalo D., Srkalović Imširagić A. (2013). Vitamini skupine B u psihijatriji. *Medicus*. 22 (1): 7-12.
7. Božanić R. (2012). Sladoled. U: *Mlijeko i mliječni proizvodi*. (Bašić, Z. ur.). Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb. 443-469.
8. Čalić S., Friganović E., Maleš V., Mustapić A. (2011). Funkcionalna hrana i potrošači. *Praktični menadžment*. 2 (2): 51- 57.
9. Danesh E., Goudarzi M., Jooyandeh H. (2017). Effect of whey protein addition and transglutaminase treatment on the physical and sensory properties of reduced- fat ice cream. *Journal of Dairy Science*. 100: 5206-5211.
10. Davidson R.H., Duncan S. E., Hackney C.R., Eigel W.N, Boling J. W. (2000). Probiotic Culture Survival and Implications in Fermented Frozen Yogurt Characteristics. *Journal of Dairy Science*. 83 (4): 666-673.
11. Di Criscio T., Fratianni A., Mignogna R., Cinquanta L., Coppola R., Sorrentino E., Panfili G. (2010). Production of functional probiotic, prebiotic, and synbiotic ice creams. *Journal of Dairy Science*. 93 (10): 4555-4564.
12. Državni zavod za statistiku (2021). *Statističke informacije*, Zagreb.
13. Ganju S., Gogate P. R. (2017). A review on approaches for efficient recovery of whey proteins from dairy industry effluents. *Journal of Food Engineering*. 215: 84–96.
14. Goff H. D., Hartel R. W. (2013.). *Ice Cream*. Springer, New York.
15. HRN EN 14152 (2014). *Hrana- određivanje vitamina B2 tekućinskom kromatografijom visokog učinka*. Hrvatski zavod za norme: Zagreb, Hrvatska.
16. HRN ISO 22935-1 (2009). *Mlijeko i mliječni proizvodi- senzorske analize- 1. dio: Opće upute za regrutiranje, odabir, osposobljavanje i nadziranje ocjenitelja*. Hrvatski zavod za norme: Zagreb, Hrvatska.

17. HRN ISO 22935-2 (2009). Mlijeko i mliječni proizvodi -- Senzorske analize -- 2. dio: Preporučene metode za senzorsku ocjenu. Hrvatski zavod za norme: Zagreb, Hrvatska.
18. HRN ISO 22935-3 (2009). Mlijeko i mliječni proizvodi – senzorske analize-3. dio: upute o metodi za ocjenu sukladnosti sa specifikacijom proizvoda za senzorska svojstva određena bodovanjem. Hrvatski zavod za norme: Zagreb, Hrvatska.
19. HRN ISO 9622 (2017) Mlijeko i tekući mliječni proizvodi- smjernice za primjenu infracrvene spektrometrije u srednjem infracrvenom području. Hrvatski zavod za norme: Zagreb, Hrvatska.
20. <https://bookaleta.com/talijanska-tradicija-i-istarska-dusa-u-sladoledima-pierluigija-salvatorea/> - pristup 21.02.2024.
21. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20210803-1> – pristup 21.02.2024.
22. <https://www.idfa.org/ice-cream-sales-trends> – pristup 21.02.2024.
23. Jeličić I., Božanić R., Tratnik Lj. (2008). Napitci na bazi sirutke- nova generacija mliječnih proizvoda. *Mljekarstvo*. 58 (3): 257-274.
24. Jurgilevich A., Birge T., Kentala-Lehtonen J., Korhonen-Kurki K., Pietikainen K., (2016). Transition towards circular economy in the food system. *Sustainability*. 8 (1): 69.
25. Kaić-Rak A., Antonić-Degač K. (1996). Prehrambena i biološka vrijednost fermentiranih mliječnih proizvoda. *Mljekarstvo*. 46 (4): 285-290.
26. Kaminska-Dwórznička A., Łaba S., Jakubczyk E. (2022). The effects of selected stabilizers addition on physical properties and changes in crystal structure of whey ice cream. *LWT*. 154: 112841.
27. Krešić, G., Lelas, V., Režek Jambrak, A., Herceg, Z., Rimac Brnčić, S. (2008). Influence of novel food processing technologies on the rheological and thermophysical properties of whey proteins. *Journal of Food Engineering*. 87:64-73.
28. Lappa I.K., Papadaki A., Kachrimanidou V., Terpou A., Koulougliotis D., Eriotou E., Kopsahelis N. (2019). Cheese Whey Processing: Integrated Biorefinery Concepts and Emerging Food Applications. *Foods*. 8: 347.
29. Lavelli V. A., Beccalli M. P. (2022). Cheese whey recycling in the perspective of the circular economy: Modeling processes and the supply chain to design the involvement of the small and medium enterprises. *Trends in Food Science & Technology*. 126: 86–98.
30. Lawless H.T., Heymann H. (2010). *Sensory Evaluation of Food – Principles and Practices*. Springer, New York.
31. Lee Gallagher M. (2004). Vitamins. U: *Food, Nutrition & Diet Therapy* (Mahan, K.L., Escot-Stump, S., ur.). Saunders, SAD. 57-119.
32. Marshall R. T., Arbuckle W. S. (1996). *Ice Cream*. 5. izd. Chapman & Hall, New York, SAD.
33. Marshall R.T., Goff H.D., Hartel R.W. (2003) *Ice cream*, 6. izdanje. Academic/Plenum Publishers, New York, SAD.
34. Matijević B. (2018). Mogućnosti iskorištavanja i upotrebe sirutke. Zbornik radova 1. međunarodne konferencije “Cjeloviti pristup okolišu. 13.-14.09.2018.



- Association for promotion of holistic approach to environment, Sisak, Hrvatska, str. 438-449.
35. Meneses, R.B., Silva M.S., Monteiro M.L.G., Rocha-Leão M.H.M., Conte-Junior C.A. (2020). Effect of dairy by-products as milk replacers on quality attributes of ice cream. *Journal of Dairy Science*. 103 (11): 10022-10035.
  36. Mollet, B., Rowland, I. (2002). Functional food at the frontier between food and pharma. *Current Opinion in Biotechnology*. 13 (5): 483-485.
  37. Ozel B., McClements D. J., Arikian C., Kaner O., Oztop M. H. (2022). Challenges in dried whey powder production. *Quality problems*. *Food Research International*. 160: 111-682.
  38. Prindiville E. A., Marshall R. T., Heymann H. (2000). Effect of milk fat, cocoa butter and whey protein fat replacers on the sensory properties of lowfat and nonfat chocolate ice cream. *Journal of Dairy Science*. 83: 2216-2223.
  39. Rocha, J. M., Guerra, A. (2020). On the valorization of lactose and its derivatives from cheese whey as a dairy industry by-product. An overview. *European Food Research and Technology*. 246: 2161–2174.
  40. Roy S., Hussain S.A., Prasad W.G. , Khetra Y., (2022). Quality attributes of high protein ice cream prepared by incorporation of whey protein isolate. *Applied Food Research*. 2: 100029.
  41. Samaržija D. (2015). *Fermentirana mlijeka*. Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb.
  42. Schweiger D., Myers J., Clark S. (2023) Whey permeate powder is a suitable ingredient for ice cream. *JDS Communications*. 4 (6) :439-442.
  43. Tang J., Zhang B., Dapeng L., Kexin G., Dai Y., Liang S., Cai W., Li Z., Guo Z., Hu J., Zhou Z., Xie M., Hou S. (2023). Dietary fiboflavin supplementation improves meat quality, antioxidant capacity, fatty acid composition, lipidomic, volatilmic, and proteomic profiles of breast muscle in Pekin ducks. *Food Chemistry*. 19 : 100799.
  44. Tratnik Lj. (2003). Uloga sirutke u proizvodnji funkcionalne mliječne hrane. *Mljekarstvo*. 53 (4): 325-352.
  45. Tratnik Lj. (2012). *Sirutka. U: Mlijeko i mliječni proizvodi*. (Bašić, Z. ur.). Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb. 357-390.
  46. Tudor Kalit M., Tešinski D., Jurišić V., Rako, A., Kalit S. (2019): Zbrinjavanje sirutke na OPG. *Zbornik radova 14. međunarodni simpozij agronoma* (Mioč, B.; Širić, I., ur.), Vodice, str. 603 – 607.
  47. Tudor Kalit M. (2019). *Tehnologija proizvodnje sladoleda*. Interna skripta. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb.
  48. Tudor Kalit, M. (2014). *Prehrana u funkciji javnog zdravstva. U: Sigurnost hrane* (Havranek J., Tudor Kalit M., ur.), M.E.P. d.o.o., Zagreb. 397-422.
  49. Uredba o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada. *Narodne novine* 50/05, 39/09.
  50. Zhao C., Chen N., Ashaolu T. J. (2022). Whey proteins and peptides in health-promoting functions. A Review. *International Dairy Journal*. 126: 105269.

## Životopis

Barbara Lažec rođena je 25. ožujka 2000. u Zagrebu gdje pohađa i završava osnovnu školu. Nakon nje upisuje Prirodoslovnu školu Vladimira Preloga, gimnazijski smjer.

Završila je preddiplomski studij na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, smjer Animalne znanosti koji je upisala 2018. godine. Trenutno završava diplomski studij na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, smjer Proizvodnja i prerada mlijeka. 2023. godine dobila je Dekanovu nagradu pod nazivom "Potencijal korištenja kisele i slatke sirutke u proizvodnji sladoleda".