

PRIMJENA HIDROKOLOIDA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI

Horvat, Hrvoje

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac
University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:581849>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-06**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied
Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ
PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA
PRERADA MLIJEKA

HRVOJE HORVAT

PRIMJENA HIDROKOLOIDA U PREHRAMBENOJ
INDUSTRIJI

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2023.

Veleučilište u Karlovcu

Stručni prijediplomski studij Prehrambena tehnologija

Prerada mlijeka

Hrvoje Horvat

Primjena hidrokoloida u prehrambenoj industriji

Završni rad

Mentor: dr. sc. Jasna Halambek, v.pred.

Broj indeksa studenta: 0314614042

Karlovac, svibanj 2023.

Veliko hvala mojoj mentorici dr.sc. Jasni Halambek koja je svojim savjetima, stručnošću i znanjem doprinijela izradi završnog rada. Njeno usmjeravanje i kritičko razmišljanje su me vodili u pravom smjeru, a predanost i stručnost učinili su ovaj proces znatno lakšim.

Želio bih se također zahvaliti svojoj djevojci Petri, koja je uvijek bila tu za mene tijekom ovog napornog procesa. Njezina podrška, strpljenje i ohrabrenje su mi značili više nego što mogu opisati riječima. Bez njezine ljubavi i potpore, ovaj rad ne bi bio uspješno dovršen.

Te na kraju, želio bih izraziti svoju zahvalnost obitelji koja me uvijek podržavala u svemu što radim. Njihova podrška bila mi je velika motivacija tijekom cijelog studiranja. Hvala Vam što ste uvijek vjerovali u mene.

Sve ove osobe su zasigurno doprinijele ovom radu na svoj način i zaslužuju zahvalu. Još jednom, hvala Vam na svemu što ste učinili kako bih uspješno dovršio ovaj rad.

IZJAVA O AUTENTIČNOSTI ZAVRŠNOG RADA

Ja, **Hrvoje Horvat**, ovime izjavljujem da je moj završni rad pod naslovom **Primjena hidrokoloida u prehrambenoj industriji** rezultat vlastitog rada i istraživanja te se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio ovoga rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši autorska prava.

Sadržaj ovoga rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Karlovac, svibanj 2023.

Hrvoje Horvat

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Veleučilište u Karlovcu
Odjel prehrambene tehnologije
Stručni prijediplomski studij Prehrambena tehnologija

Završni rad

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Primjena hidrokoloida u prehrambenoj tehnologiji

Hrvoje Horvat

Mentor: Dr.sc. Jasna Halambek, v.pred.

Sažetak: Hidrokoloide su prirodni polimeri koji se mogu naći u mnogim prehrambenim proizvodima, kao i jestivoj ambalaži. Dobivaju se prirodnim ili kemijskim putem i koriste se uglavnom za poboljšanje teksture i stabilnosti proizvoda. Osim toga, hidrokoloide također pomažu u smanjenju potrebe za korištenjem štetnih aditiva i povećavaju rok trajanja proizvoda. Prehrambena industrija tako najviše koristi hidrokoloide materijale kao što su agar, želatina, karagenan, škrob i pektine. Hidrokoloide također imaju ključnu ulogu u razvoju jestivih filmova, koji se koriste za zaštitu i zadržavanje svježine hrane.

Broj stranica: 34

Broj slika: 11

Broj tablica: 2

Broj literaturnih navoda: 27

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: Agar, hidrokoloide, škrob, želatina, želiranje.

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. dr. sc. Bojan Matijević, prof. struč. stud.
2. dr. sc. Ines Cindrić, prof. struč. stud.
3. dr. sc. Jasna Halambek, v. pred.
4. dr. sc. Marijana Blažić, prof. struč. stud. (zamjena)

Rad je pohranjen u knjižnici Veleučilišta u Karlovcu, Trg J. J. Strossmayera 9, 47000 Karlovac, Hrvatska

BASIC DOCUMENTATION CARD

Karlovac University of Applied Sciences
Department of Food Technology
Professional undergraduate study of Food Technology
Scientific Area: Biotechnical Sciences
Scientific Field: Food Technology

Final paper

Application of hydrocolloids in the food industry

Hrvoje Horvat

Supervisor: Ph.D. *Jasna Halambek*, senior lecturer

Abstract: Hydrocolloids are natural polymers that can be found in many food products, as well as edible packaging. They are obtained naturally or chemically and are used mainly to improve the texture and stability of products. In addition, hydrocolloids also help reduce the need to use harmful additives and increase product shelf life. The food industry thus mostly uses hydrocolloid materials such as agar, gelatin, carrageenan, starch and pectins. Hydrocolloids also play a key role in the development of edible films, which are used to protect and preserve food freshness.

Number of pages: 34

Number of figures: 11

Number of tables: 2

Number of references: 27

Original in: Croatian

Key words: Agar, gelatin, gelling, hydrocolloids, starch.

Date of the final paper defense:

Reviewers:

1. Ph.D. Bojan Matijević, collage prof.
2. Ph.D. Ines Cindrić, collage prof.
3. Ph.D. Jasna Halambek, sen. lecturer
4. Ph.D. Marijana Blažić, collage prof. (substitute)

Final paper deposited in: Library of Karlovac University of Applied Sciences, J. J. Strossmayera Square 9, 47000 Karlovac, Croatia.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	3
2.1. VRSTE HIDROKOLOIDA.....	3
2.1.1. Hidrokoloide biljnog podrijetla.....	4
2.1.2. Hidrokoloide životinjskog podrijetla.....	5
2.1.3. Hidrokoloide dobiveni iz algi.....	7
2.1.4. Hidrokoloide dobiveni mikroorganizmima.....	7
2.2. DOBIVANJE I SVOJSTVA NAJZNAČAJNIJIH HIDROKOLOIDA.....	8
2.2.1. Agar.....	9
2.2.1.1. Dobivanje agra.....	10
2.2.1.2. Svojstva i upotreba agra.....	10
2.2.2. Škrob.....	11
2.2.2.1. Dobivanje i svojstva škroba.....	12
2.2.3. Želatina.....	13
2.2.3.1. Dobivanje želatine.....	14
2.2.4. Ksantan guma.....	15
2.2.4.1. Dobivanje i svojstva Ksantan gume.....	16
2.2.5. Gelan guma.....	17
2.2.5.1. Dobivanje i svojstva gelan gume.....	18
2.3. SVOJSTVA HIDROKOLOIDA.....	19
2.3.1. Viskozitet hidrokoloida.....	20
2.3.2. Stabilizacija emulzija.....	20
2.3.3. Zdravstveni aspekti hidrokoloida.....	21
2.4. Primjena hidrokoloida u prehrambenoj industriji.....	23
2.4.1. Proizvodnja sladoleda i drugih smrznutih proizvoda.....	23
2.4.2. Proizvodnja kobasica.....	24
2.4.3. Proizvodnja konditorskih proizvoda.....	25
2.4.4. Proizvodnja mekih želatinoznih kapsula i kapsula s tekućom jezgrom.....	26
2.5. Primjena hidrokoloida u ostalim industrijama.....	26
2.5.1. Farmaceutska industrija.....	26
2.5.2. Kozmetička industrija.....	27

2.5.3. Papirna industrija.....	27
2.6. Hidrokoloidi kao jestivi filmovi i premazi.....	29
3. RASPRAVA.....	30
4. ZAKLJUČCI.....	32
5. LITERATURA.....	33

1. UVOD

Izraz "hidrokolid" dolazi od grčkih riječi "hydro" što znači voda i "kolla" što znači ljepilo. To su heterogena dugolančana skupina polimera, te su uglavnom polisaharidi i proteini biljnog i životinjskog porijekla, a poznati su kao koloidni spojevi koji vole vodu. S kemijskog gledišta hidrokolidi su makromolekularni hidrofilni spojevi. Neki su topljivi u vodi i tvore koloidne otopine, dok drugi mogu samo bubriti u vodi i raspršeni su posmičnim silama. U vodi hidrokolidi tvore viskozne otopine, pseudo-gelove ili gelove. Ima ih posvuda u prerađenoj hrani jer izrazito povoljno utječu na viskoznost i teksturu od bilo koje druge skupine sličnih tvari. Prisutnost velikog broja hidroksilnih skupina povećava njihov afinitet za vezivanje molekula vode što ih čini hidrofilnim spojevima. Koriste se za ugušćivanje i želiranje, kao sredstva za stabiliziranje pjena, emulzija i disperzija, za sprječavanje rasta kristala šećera i leda, vezanje arome i dr. (Saha i Bhattacharya, 2010.).

Hidrokolidi nisu pravi emulgatori jer njihovoj molekularnoj strukturi nedostaje karakteristično spajanje lipofilnih i hidrofilnih skupina, ali mogu jako dobro stabilizirati emulzije. Arapska guma i neionski proizvodi poput metilceluloze (MC), hidroksipropilceluloze (HPMC) i propilen glikol alginata (PGA) smanjuju površinsku napetost i imaju ograničene karakteristike emulgiranja. Prirodni hidrokolidi su se posljednjih godina sve više upotrebljavali u prehrambenoj industriji za poboljšanje stabilnosti, funkcionalnih svojstava, kvalitete i sigurnosti, kao i nutritivnih i zdravstvenih prednosti raznih prehrambenih proizvoda, uključujući pića, pekarske i slastičarske proizvode, umake i preljeve, te meso i mesne prerađevine.

Najčešća primjena hidrokoloida u prehrambenoj industriji još uvijek je usmjerena na njihove funkcionalne kvalitete, posebice na reološke i površinski aktivne značajke. Upotreba hidrokoloida u kapsuliranju prehrambenih aditiva, bioaktivnih kemikalija, prebiotika i probiotika te hranjivih tvari također je porasla u posljednje vrijeme. Nadalje, jestive prevlake dobivene od hidrokoloida koriste se ne samo na hrani kako bi se povećala njezina sigurnost, kvaliteta i korisnost (Tiwari, 2017.), već i na plastičnim folijama kako bi se poboljšale njihove funkcionalne kvalitete. S druge strane, upotreba hidrokoloida u nanotehnologiji za izgradnju novih tehnologija pakiranja i kapsuliranja rastući je sektor koji nudi jasne tehnološke prednosti koje nisu moguće tradicionalnim pristupima (Bajpai i sur., 2018.). Hidrokolidi u hrani također

se koriste za povećanje zdravstvene i nutritivne vrijednosti hrane, što je nova upotreba. Hidrokoloidi uključujući pektin, inulin, β -glukan i rezistentni škrob naširoko se koriste u formulacijama hrane sa zdravstvenim tvrdnjama zbog njihovog prebiotičkog djelovanja i utjecaja na metaboličke i kronične poremećaje. Glavni cilj ovog rada je usredotočiti se na postojeće i buduće izvore hidrokoloida koji se koriste u prehrambenoj industriji, kao i na njihovu primjenu u proizvodnji jestivih prevlaka i filmova.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. VRSTE HIDROKOLOIDA

Prema porijeklu i načinu proizvodnje hidrokoloide su podijeljeni u četiri velike skupine, a to su:

1. Hidrokoloide izolirani isključivo iz biljaka (bez kemijske modifikacije);
2. Hidrokoloide dobiveni fermentacijom;
3. Kemijski modificirani hidrokoloide biljnog porijekla;
4. Hidrokoloide animalnog porijekla

Tablica 1. Izvori komercijalno najvažnijih hidrokoloide (Philips i Williams, 2000.).

Izvor	Hidrokoloide
Biljke	pektin, guar guma, brašno sjemenki rogača, gumiarabika, celuloza, škrob
Mikroorganizmi	ksantan guma, gelan guma, dekstran
Morske alge	karagen, alginati, agar
Animalni	želatina, kazeinat, proteini sirutke, kitozan

2.1.1. Hidrokoloidei biljnog podrijetla

Različiti kemijski modificirani derivati celuloze (celulozni eteri), kao što su karboksimetil celuloza (CMC), metilceluloza (MC), hidroksipropil metilceluloza (HPMC) i hidroksietil celuloza (HEC), kao i nanofibrilirana celuloza i mikrokristalna celuloza (MCC) se intenzivno koriste u prehrambenim proizvodima. Međutim, primarni derivat koji se koristi u prehrambenom sektoru je natrijeva sol CMC-a. Iako većina celuloze dolazi iz drva, nekoliko nedrvenih biljnih izvora, uključujući bakterije, alge i morske plaštare, također se mogu koristiti za proizvodnju celuloze. Ovi izvori uključuju vlakna pamuka, vlakna ljuske graška, vlakna ramije, vlakna banane, vlakna sisala, kenaf pulpu i lanena vlakna.

Druga značajna kategorija dijetalnih hidrokoloida uključuje i prirodne i sintetske škrobove. Veličina granula i omjeri amiloza/amilopektin nativnih škrobova utječu na njihove funkcionalne kvalitete (svojstva gela: tekstura, vrijeme i temperatura želiranja, otpornost na toplinu itd.). Zdravstvene prednosti konačnih prehrambenih proizvoda variraju ovisno o vrsti škroba. Na primjer, hrana za osobe s celijakijom ili intolerancijom na gluten zamjenjuje pšenični škrob kukuruznim, rižinim, krumpirovim i tapiokinim škrobom. Kako bi se povećale krušne i pekarske kvalitete zamjenskih škrobova za pšenicu, potrebne su prilagodbe i novi tehnološki postupci.

Modifikacije škroba, fizikalne i kemijske, naširoko su korištene za: povećanje stabilnosti i djelotvornosti škroba; smanjenje retrogradacije škroba tijekom obrade; proizvode rezistentne na škrob koji pomažu u borbi protiv pretilosti i povezanih poremećaja. S druge strane, zaslađivači poput dekstroze i maltodekstrina proizvode se enzimatskom hidrolizom prirodnog škroba pomoću amilaze.

Drugi važan prehrambeni hidrokoloid je pektin, koji se dobiva iz kore jabuke i citrusa. Pektin s visokim udjelom metil estera (HMP) i pektini proizvedeni modifikacijom HMP-a, kao što je pektin s niskim udjelom metil estera (LMP) i amidirani pektin s niskim udjelom metil estera, dva su glavna industrijska oblika pektina. Alternativni izvori, kao što su sjeme suncokreta i rezanci šećerne repe, također su korišteni u proizvodnji pektina zbog velike potražnje za zgušnjivačima i sredstvima za želiranje. Nadalje, postoji veliko zanimanje za korištenje ekološki prihvatljivih tehnika ekstrakcije pektina umjesto tradicionalne ekstrakcije vrućim kiselinama (npr. ekstrakcije potpomognute mikrovalovima, ultrazvukom ili enzimima).

Proteini soje (kao što su koncentрати i izolati) postaju sve popularniji zbog povećane potrebe za veganskom kuhinjom i zbog zdravstvenih problema povezanih s konzumacijom hrane životinjskog podrijetla. Ovi proteini osim što su vrlo funkcionalni, sadrže svih devet potrebnih aminokiselina kao i bioaktivne izoflavone. Kao rezultat toga, FDA je dopustila upotrebu proteina soje u prehrambenoj industriji (FDA, 2018.). Međutim, razvoj i uporaba sojinih alternativnih biljnih proteina, kao što su izolati proteina graška i krumpira, proširili su se i zbog problema koje predstavljaju genetski modificirani organizmi (GMO) i zbog alergija povezanih s proteinima soje. Osim toga, budući da izolat proteina konoplje ne sadrži alergene, njegova se uporaba kod vegetarijanaca povećala.

Prehrambena industrija također koristi gume dobivene iz raznih biljaka, prvenstveno zbog njihovih svojstava zgušnjavanja (npr. guma guar graha, guma rogača, karaya guma drveta *Sterculia urens*, guma tragakant iz stabljika i grana azijske vrste *Astragalus* i guma arabika iz raznih vrsta bagremova drveta) (Yemenicioglu i sur., 2019).

2.1.2. Hidrokoloidei životinjskog podrijetla

Primarni životinjski protein koji se koristi zbog svoje prepoznatljive sposobnosti želiranja i pjenjenja, elastičnosti, teksture, okusa i nutritivne vrijednosti je želatina, koja se proizvodi djelomičnom hidrolizom kolagena koji se nalazi u svinjskoj koži te u hrskavici, kostima i koži goveda. Međutim, postoji značajan gospodarski interes za korištenje želatine dobivene iz nusproizvoda industrije prerade ribe ponajviše zbog vjerskih i zdravstvenih problema povezanih sa želatinama sisavaca (rizik od prijenosa priona s goveđim želatinama). Općenito, jačina gela i temperature stvrdnjavanja odnosno taljenja želatine ekstrahirane iz toplovodnih riba ekvivalentne su želatini ekstrahiranoj iz sisavaca. Međutim, u usporedbi sa želatinom sisavaca, želatina hladnovodnih riba, koja čini većinu industrijskog ribarstva, ima niže mogućnosti želiranja (Alfaro i sur., 2015; Benjakul & Kittiphattanabawon, 2019.).

Bjelančevine iz cijelih jaja, žumanjaka i bjelanjaka (albumin) naširoko se koriste u proizvodnji hrane zbog svojih osobitih svojstava vezanja (ljepljenja), emulgiranja i koagulacije, kao i izvanrednog nutritivnog sadržaja (u svježem, pasteriziranom, osušenom ili smrznutom obliku). Različiti proteini ili frakcije žumanjka, poput proteina lipidne paste i plazme, mnogo obećavaju kao zamjena za druga sredstva za želiranje i emulgiranje. Ovalbumin, izvrstan izvor aminokiselina, ovotransferin, fosvitin i lizozim, antioksidansi i

antimikrobna sredstva, samo su neki od čistih proteina bjelanjaka koji imaju značajan potencijal kao dodaci hrani (Yemenicioglu i sur., 2019).

Među najznačajnijim hidrokolidima su i kazeinati proizvedeni od obranog mlijeka korištenjem tradicionalnog kiselog taloženja te koncentri proteina sirutke (WPC) i izolati (WPI) napravljeni od nusproizvoda proizvodnje sira. Upotreba micelarnih kazeinskih koncentrata, koncentrata mliječnih proteina i izolata (koji sadrže i kazein i proteine sirutke) dobivenih iz obranog mlijeka također se povećala zbog razvoja tehnika membranske separacije kao što su ultrafiltracija, mikrofiltracija i dijafiltracija. Industrijski proizvedeni koncentri proteina sirutke (WPC) imaju sadržaj proteina između 25 i 80%, dok izolati proteina sirutke (WPI) imaju sadržaj proteina veći od 90%. Jestivi filmovi na bazi proteina posjeduju dobru aromatsku barijeru i nisku propusnost kisika. Filmovi na bazi proteina sirutke proizvedene bez dodavanja plastifikatora su vrlo krhki, stoga dodavanje plastifikatora pruža fleksibilnost, ali također povećava propusnost za vodenu paru koja se može smanjiti ugradnjom hidrofobnih materijala poput lipida. Međutim, ugradnja lipidnih materijala u jestive filmove može negativno utjecati na senzorska svojstva filmova. Budući da prehrambena industrija želi koristiti mliječne bjelančevine u novorazvijenim visokoproteinskim obrocima, potražnja za mliječnim bjelančevinama je u porastu (Skurtys i sur., 2010).

Još jedan hidrokolid životinjskog podrijetla je kitozan (CHI), koji se prvenstveno proizvodi alkalnom deacetilacijom hitina dobivenog iz ljuski rakova, nusproizvoda ribarske industrije. Prehrambena industrija koristi kitozan prvenstveno kao antimikrobni film ili materijal za oblaganje zbog njegovih prirodnih antibakterijskih i antifungalnih svojstava (Yemenicioglu i sur., 2019). Dodatno, primjena kitozana kao nanokapsulanta za bioaktivne kemikalije i hranjive tvari porasla je kao rezultat njegovih nekoliko prednosti, uključujući kontrolirano otpuštanje, biorasploživost i stabilnost. Međutim, glavna mana kitozana je njegova loša topljivost u neutralnim otopinama. Proizvodi na bazi kitozana su viskozni i slični su prirodnim gumama, a filmovi i premazi na bazi kitozana omogućuju produljenje i očuvanje vijeka trajanja prehrambenih proizvoda kao što su svježije jagode i mango (Skurtys i sur., 2010).

2.1.3. Hidrokoloidei dobiveni iz algi

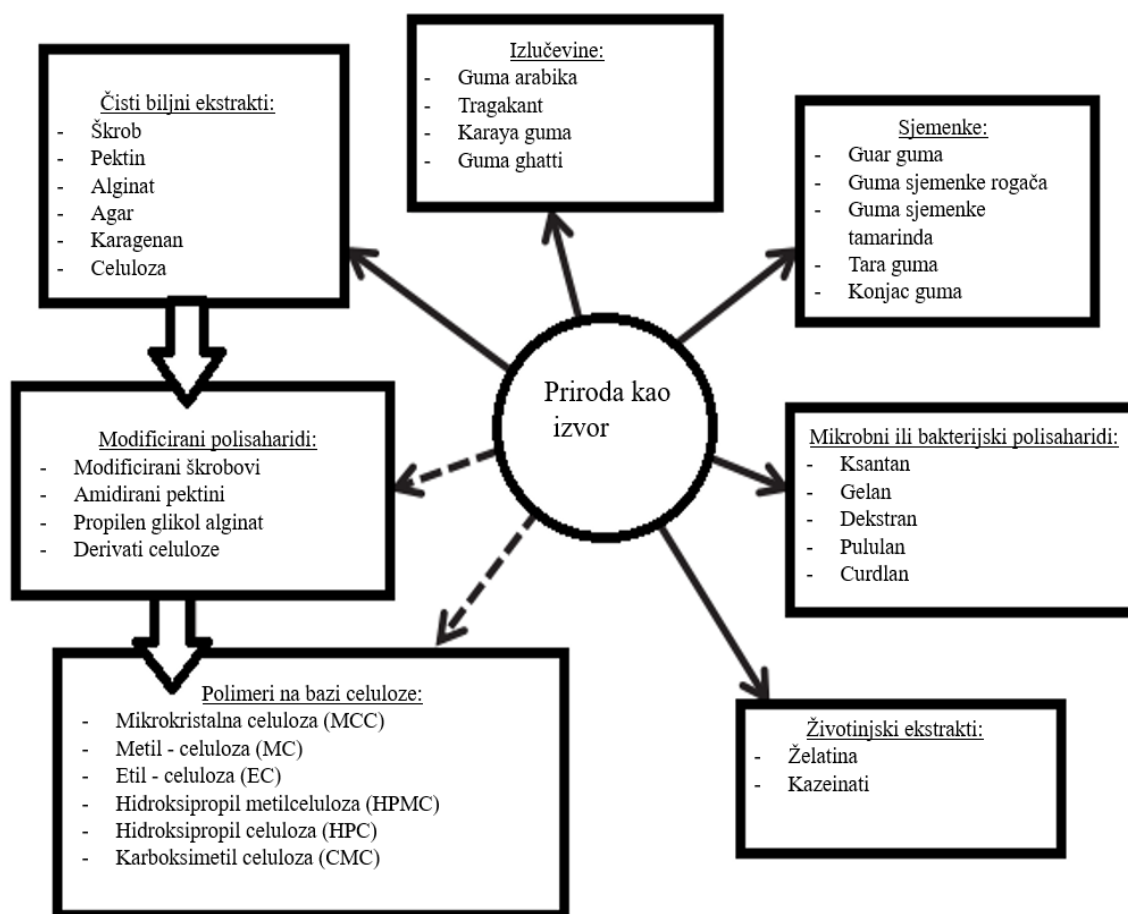
Primarni prehrambeni hidrokoloidei dobiveni iz algi su agar, alginat i karagenani (kapa, lambda i jota) koje stvaraju smeđe morske alge (*Phaeophyceae*) i crvene morske alge (*Rhodophyceae*). Alginofiti poput *Ascophyllum nodosum* i *Laminaria digitate* stvaraju alginat uglavnom kao Na-alginat. Propilen glikol alginat je jedina modificirana vrsta komercijalnog alginata. Dok karagenan uglavnom stvaraju karagenofiti poput *Kappaphycus alvarezii* i *Eucheuma denticulatum*, agar se dobiva iz agarofita kao što su *Gelidium corneum* i *Gracilaria spp.* Korištenje upravljanja resursima i ekološki prihvatljive, održive prakse za proizvodnju i preradu morskih algi najvažnija su područja istraživanja u području hidrokoloidei ekstrahiranih iz morskih algi. Osim toga, postoji interes za proizvodnju bioaktivnih polisaharida iz morskih algi, kao što je β -glukan laminarin, koji se dobiva iz smeđih algi (Yemenicioglu i sur., 2019). Alginat ima potencijal formiranja biopolimernih filmova i premaza zbog svojih jedinstvenih koloidnih svojstava, koja uključuju zgušnjavanje, stabilizaciju, proizvodnju gela i stabilizaciju emulzija. Karagenani su topljivi polimeri s linearnim lancem djelomično sulfatiranih galaktana, koji predstavljaju veliki potencijal kao materijal za formiranje filmova. Položaji i brojevi sulfatnih esterskih skupina su važni jer su, zajedno s anhidro - galaktoznim mostom, odgovorni za funkcionalnost karagenana i određuju klasifikaciju u tri glavna tipa: κ , ι i λ karagenan (Skurtys i sur., 2010).

2.1.4. Hidrokoloidei dobiveni mikroorganizmima

Najpoznatiji hidrokoloidei iz ove skupine su ksantan i gelan guma. Ksantan guma umjetni je zgušnjivač, stabilizator i sredstvo za želiranje. Dobiva se fermentacijom kukuruznog šećera uz pomoć bakterija *Xanthomonas Campestris*. Gelan gumu sintetiziraju bakterije iz roda *Pseudomonas Elodea* i često se upotrebljava u kombinaciji sa ksantan gumom, brašnom sjemenki rogača ili modificiranim škrobom jer pojačava njihova gelirajuća svojstva. U tijeku su brojna istraživanja da bi se utvrdilo kako koristiti bakterije mliječne kiseline koje proizvode egzopolisaharide u procesu fermentacije za poboljšanje viskoznosti, teksture i okusa mliječnih i pekarskih proizvoda, kao i sposobnost upijanja vode i teksturna svojstva mesnih proizvoda (Yemenicioglu i sur., 2019; Skurtys i sur., 2010).

2.2. DOBIVANJE I SVOJSTVA NAJZNAČAJNIJIH HIDROKOLOIDA

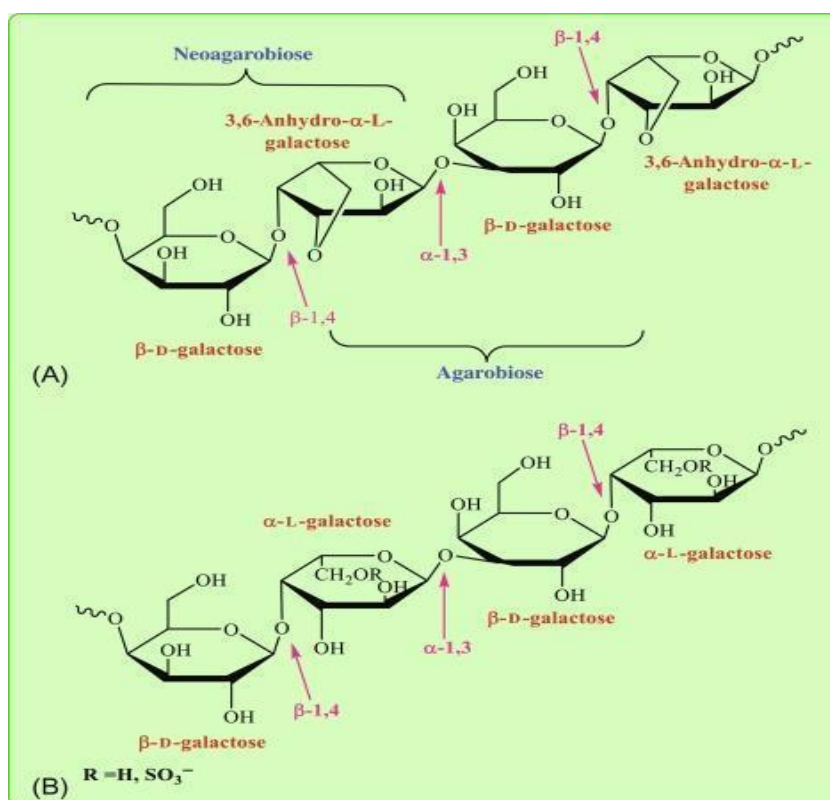
Hidrokoloidi se mogu dobiti prirodnim i kemijskim putem. Prirodni hidrokoloidi se dobivaju iz biljaka, životinja ili mikroorganizama, dok se sintetski hidrokoloidi dobivaju kemijskim reakcijama. Proces dobivanja hidrokoloida varira ovisno o vrsti hidrokoloida, a može uključivati ekstrakciju iz biljaka, fermentaciju, hidrolizu i polimerizaciju. Kvaliteta hidrokoloida značajno utječe na njihovu upotrebljivost u prehrambenoj industriji, stoga je proces dobivanja važan čimbenik u njihovoj proizvodnji.



Slika 1. Pregled hidrokoloida (izrađeno prema Wüstenberg, 2015.)

2.2.1. Agar

Agar je još jedan od hidrokoloida koji ima važnu ulogu kao sredstvo za želiranje koje na tržište dolazi u obliku praška bijele do svijetlo žute boje. Široku primjenu ima u pekarskim proizvodima, desertima, mliječnim proizvodima, sladoledima, mesu, ribi, proizvodima od peradi, kikiriki maslacu i pićima. Upotrebljava se u količinama od 0,5 - 2% . Ukupno 55 000 Mt sušenih morskih algi se koristi za izradu 7500 Mt agara godišnje (Wüstenberg, 2015). Agar je linearni polisaharid sastavljen od ponavljajuće disaharidne jedinice povezane (1→3)-vezom β -D-galaktoze i (1→4)-vezom 3,6-anhidro- α -L-galaktoznih ostataka. Za razliku od karagenana, agar je samo lagano sulfatiran i može sadržavati metilne skupine. Metilne skupine, kada su prisutne, nalaze se na C-6 veze (1→3)- β -D-galaktoze ili na C-2 veze 3,6-anhidro- α -L-galaktoze. Agar, koji sadrži 3,6-anhidro- α -L-galaktozne ostatke, tvori helikse koji stabiliziraju prisutnost molekula vode vezanih unutar dvostruke helikalne šupljine, a vanjske hidroksilne skupine omogućuju agregaciju do 10000 heliksa za formiranje mikrodomena sfernih mikrogelova (Milani i sur., 2012).



Slika 2. Kemijska struktura (A) agroze i (B) agaropektin (Nasrollahzadeh, 2021.)

2.2.1.1. Dobivanje agra

Stanične stijenke crvenih algi (*Rhodophyceae*) sadrže agar, koji je komponenta za izgradnju strukture istih. Sirovine se uglavnom dobivaju od vrsta *Gelidium*, *Gracilaria* i *Pterocladia*. Crvene alge se beru i ekstrahiraju vrućom vodom pH 5-6 (100-130°C). Za pročišćavanje ekstrakta koristi se filtriranje ili centrifugiranje, koji se zatim izbjeljuje kalcijevim hipokloritom. Da bi se agar izolirao, ekstrakt se zamrzne, a zatim se preostali želatinozni ostatak suši nakon što se odmrzne. U novije vrijeme voda se istiskivala pomoću visokotlačne preše, a zaostala voda se isušila (Wüstenberg, 2015).

2.2.1.2. Svojstva i upotreba agra

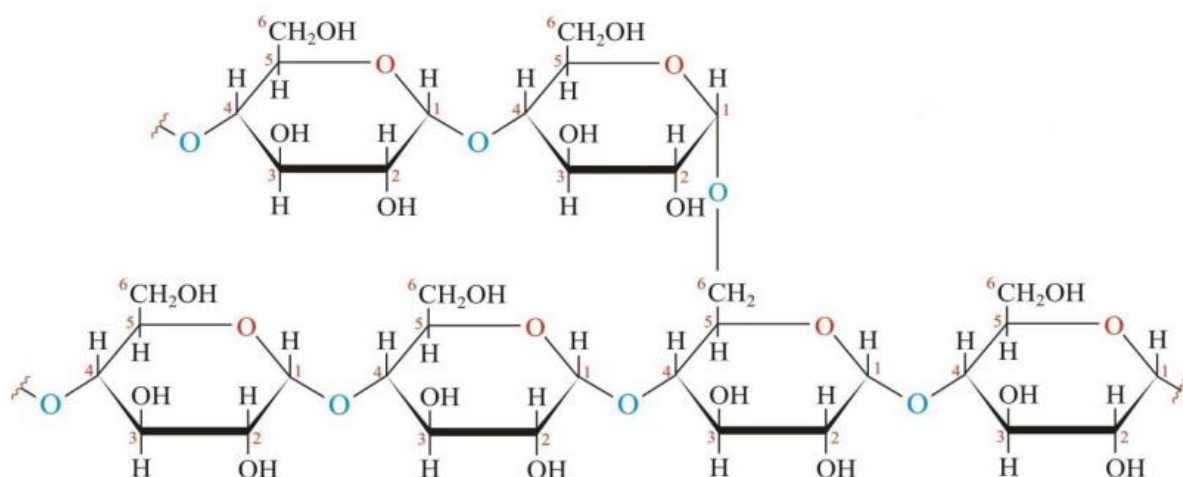
Smatra se da je povezivanje molekularnih lanaca u dvostruke spirale, koje se potom umrežuju kako bi stvorile mrežu sposobnu imobilizirati vodu, izvor želiranja agaroze iz vodenih otopina. Agar ima razinu sulfata manju od 4,5% (obično 1,5-2,5%), što je prilično nisko u usporedbi s karagenanima. Najvažnija sposobnost agara je njegovo stvaranje reverzibilnih gelova jednostavnim hlađenjem vrućih vodenastih otopina. Tipična tvrda tekstura i toplinska postojanost agar gelova, trajnost u kiselim uvjetima, izvrsna topljivost u koncentriranim otopinama šećera i ograničena reaktivnost s drugim komponentama hrane glavne su prednosti agara u raznim primjenama u hrani. Budući da se agar može hidrolizirati kiselinom na visokim temperaturama, najbolje je sniziti pH neposredno prije hlađenja kako bi se formirao gel ako je pH manji od 5.

Agar se koristi u proizvodnji konzervi od mesa, ribe i peradi. Može se koristiti u slasticama na bazi vode ili mlijeka i imitaciji kavijara. Premazi, glazure i šećerni preljevi koji nisu ljepljivi mogu se napraviti s niskom do visokom koncentracijom šećera. Agar se između ostalog koristi u žele zrnima, nugatu, nadjevima za slatkiše, gelovima za cijevi, džemovima i želeima. Djeluje kao stabilizator teksture sladoleda i sredstvo za fino čišćenje vina, soka i octa. Osim u hrani, široko se koristi u mikrobiologiji za stvaranje hranjivih podloga u velikim količinama (Wüstenberg, 2015).

2.2.2. Škrob

Škrob je najviše upotrebljavani polisaharid u prehrambenoj industriji. Priroda je stvorila škrob kao biljno skladište energije, a nalazi se u prirodi u količini koja je odmah iza celuloze. Međutim, čovjek je uveliko proširio upotrebu škroba u odnosu na njegovu prvobitnu upotrebu. Brojni visoko funkcionalni derivati omogućili su pojavu novih tehnika obrade i tržišnih trendova kao rezultat modifikacija, bilo da se radi o fizikalnim, kemijskim ili biološkim modifikacijama. Kako bi se to postiglo, posebni škrobovi su dizajnirani da novom proizvodu pruže konkurentsku prednost, poboljšaju izgled proizvoda, pojednostave deklaraciju naljepnice te da troškovi recepture i proizvodnje budu niži, poboljšaju rok trajanja, smanje odbacivanje serija, jamče ujednačenost proizvoda i povećavaju protočnost proizvoda (Philips i Williams, 2000).

Škrob je polukristalični polimer koji je sastavljen od dva polisaharida: amiloze i amilopektina. Amiloza je linearni polimer koji se sastoji od nerazgranatih lanaca u kojima se molekule α -D-glukoze vežu α -(1,4)-glikozidnim vezama, dok je amilopektin razgranati polimer u kojem su jedinice glukoze u strukturi ravnog lanca vezane α -1,4-vezama, a na mjestima grananja α -(1,6) glikozidnim vezama. Lanac se u prosjeku grana svakih 25 jedinica glukoze i sadrži oko 1000 glukoznih jedinica. (BeMiller i sur., 2009).

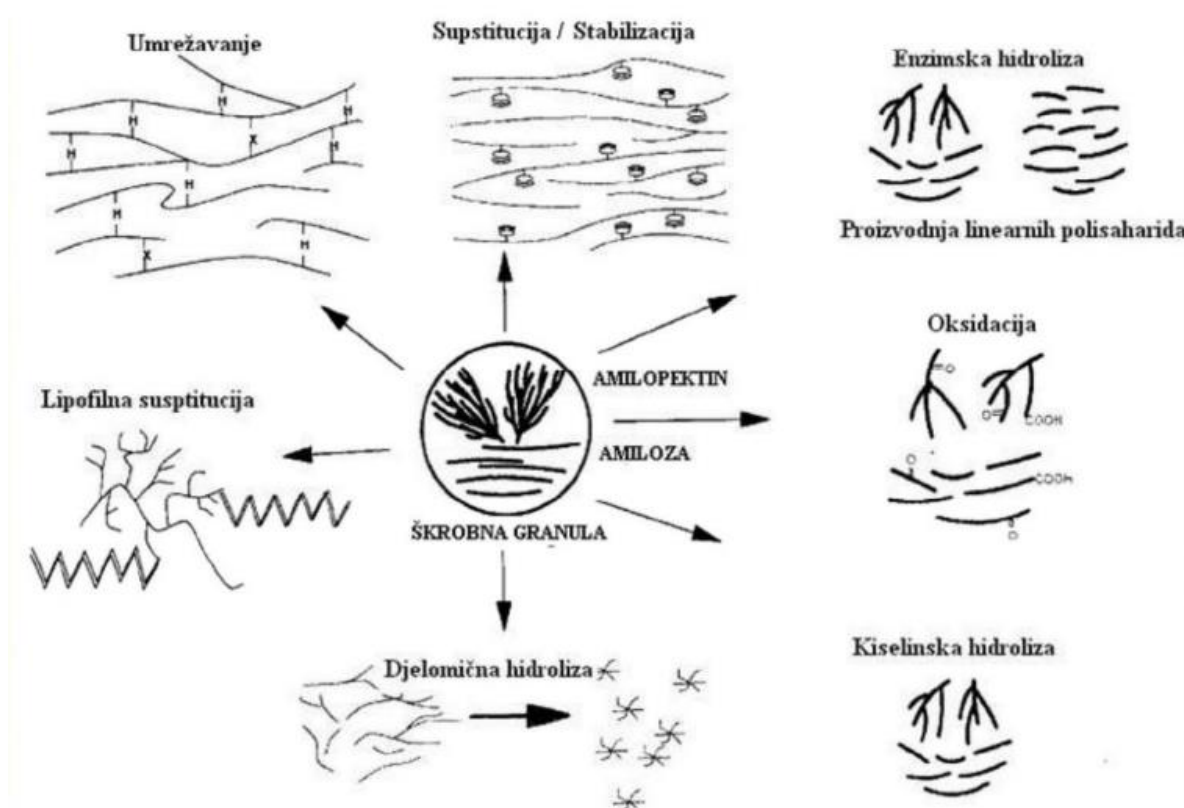


Slika 3. Kemijska struktura škroba (Chaplin, 2007.)

2.2.2.1. Dobivanje i svojstva škroba

Biljke koriste škrob kao rezervnu ugljikohidratnu tvar. Škrobni kristali koji se formiraju u biljnim amiloplastima sastoje se od koncentričnih ili ekscentričnih slojeva različite gustoće i različitih veličina i oblika. Krumpir, kukuruz, pšenica, riža i tapioka su jedne od najvažnijih sirovina u kvantitativnom smislu. Također, škrobovi se ekstrahiraju iz graha, leće, slatkih krumpira te vodenih kestena. Proizvodnja škroba ovisi o tome gdje se nalazi rezervni materijal u biljci. U nekim slučajevima, kao što je krumpir, škrobni kristali se pojavljuju slobodni u stanicama, pa je njihova izolacija relativno jednostavna. Biljni materijal se usitni, miješa s vodom, odvoji od suspenzije (škrobno mlijeko) i osuši. U drugim slučajevima, kao što su žitarice i kukuruz, škrob se pohranjuje u endospermu koji je ugrađen u proteinsku matricu, što otežava ekstrakciju. Da bi se razbila proteinska matrica, voda za namakanje sadrži SO₂ (oko 0,2%) što ubrzava proces. Zatim se zrna kukuruza drobe, a klice bogate mastima izdvoje se na površinu. Zbog razlike u gustoći, gluten i škrob se razdvajaju u hidrociklonima.

Najkorišteniji prehrambeni hidrokoloid je modificirani škrob u količini većoj od 1,5 milijuna tona. Globalni volumen prirodnih i modificiranih škrobova procjenjuje se na oko 80 milijuna tona (78% kukuruz, 11% tapioka, 7% pšenica i 4% krumpir) (Wüstenberg, 2015). Modificirani škrob nastaje fizikalnim, kemijskim i enzimskim procesima. Koristi se u prehrambenoj industriji, jer u odnosu na prirodni škrob ima bolju stabilnost na temperaturu, kiseline i veću otpornost na zamrzavanje i čuvanje. Fizikalna modifikacija škroba može se primijeniti kao zaseban proces ili u kombinaciji s kemijskim postupcima modifikacije. Najčešće primjenjivani postupci fizikalne modifikacije jesu preželatinizacija, obrada škroba toplinom i vlagom, bubrenje škroba i ekstruzija. U kemijske postupke modifikacije škroba ubrajaju se esterifikacija, eterifikacija, kationizacija, oksidacija i umrežavanje te kombinacije navedenih postupaka (Šubarić, 2012).



Slika 4. Modificiranje škroba (Lipovac, 2016).

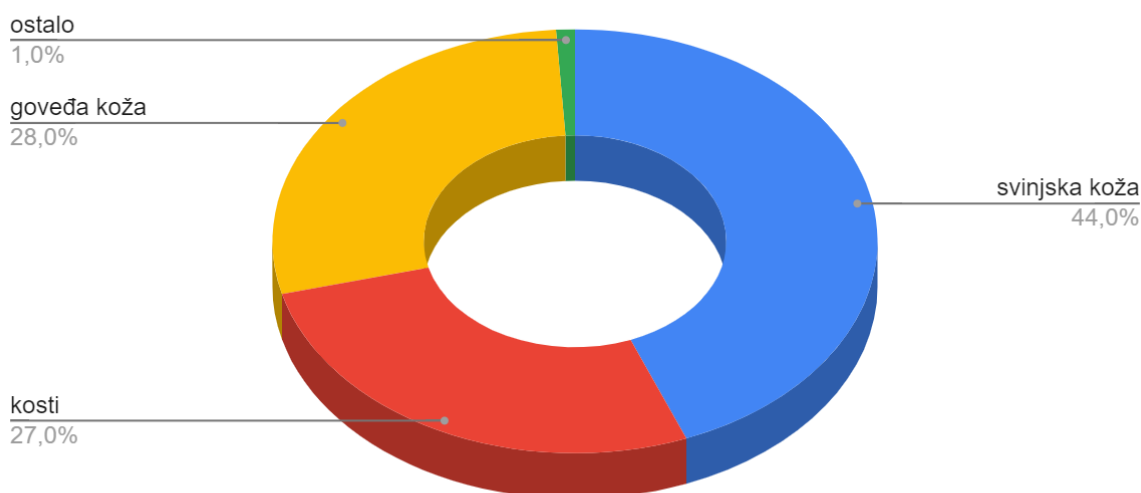
2.2.3. Želatina

Riječ "želatina" dolazi od latinske riječi "gelata", koja se odnosi na sposobnost stvaranja gela u vodi. Iako su relativni omjeri i redoslijed pojedinačnih aminokiselina u kolagenu i želatini uglavnom isti, fizičke karakteristike dvaju proteina vrlo su različite. Sva bijela vlaknasta vezivna tkiva koja se nalaze u životinjskim tijelima, kao što su hrskavica, tetive, prozirne ovojnice koje okružuju mišiće i mišićna vlakna, koža i osein, prvenstveno se sastoje od kolagena (proteinska matrica kosti). Dok se želatina lako otapa u vodi kada se zagrije na temperaturu iznad temperature denaturacije prirodnog kolagena, kolagen je netopljiv u vodi. Pod istim okolnostima, kolagen se samo steže i gubi sposobnost skladištenja vode.

2.2.3.1. Dobivanje želatine

I sisavci i ribe se mogu koristiti za proizvodnju želatine, iako fizičke karakteristike ovih želatina variraju. Ključno je poznavati proizvodne procese, kao i fizikalne i kemijske prednosti i nedostatke želatine dobivene od sisavaca i riba kako bi se bolje razumjele posebne kvalitete želatine. Svako tkivo koje sadrži kolagen je održiva sirovina za sintezu želatine. Želatine se također dobivaju od kože hladnovodnih i toplovodnih vrsta riba, kao i od malih količina peradi. Preferiraju se kože i kosti sisavaca poput svinja i goveda. Čišćenje izvornog tkiva je prvi korak u proizvodnom procesu, koji također uključuje prethodnu obradu, ekstrakciju želatine, filtraciju, pročišćavanje, sterilizaciju, koncentraciju, sušenje i mljevenje. Sirovine se prvo čiste kako bi se uklonili nečistoće. Malo drugačiji način obrade kostiju uključuje odmašćivanje usitnjenog koštanog čipsa u kiselim uvjetima (često 4-7% klorovodične kiseline) najmanje dva dana nakon pranja, usitnjavanja i ponovnog pranja. Ovaj postupak, poznat i kao maceracija, rezultira eliminacijom kalcijevog karbonata i hidroksiapatita ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$) iz kostiju, ostavljajući iza sebe osein, tvar u kostima sličnu spužvi. Koncentrirane sirovine se mogu obraditi odmah ili osušiti i čuvati za kasniju uporabu. Ovisno o izvoru kolagena i željenoj kvaliteti gotove želatine, sirovina se tada podvrgava kiselinskom ili alkalnom predtretmanu, nakon čega slijedi ekstrakcija želatina (Philips i Williams, 2000).

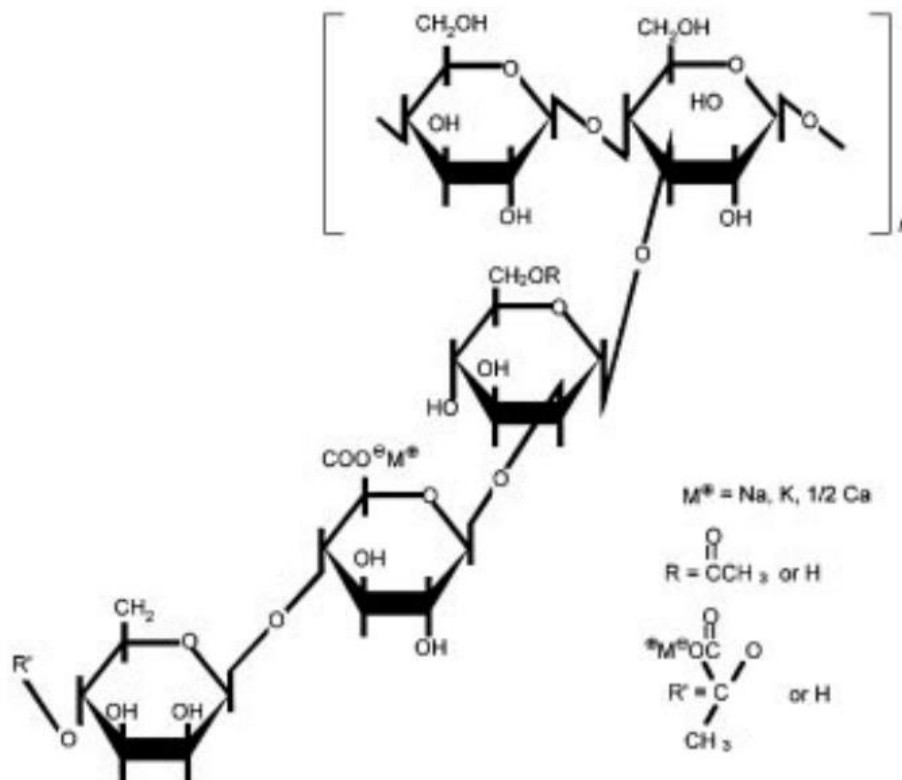
Materijali za proizvodnju želatine



Slika 5. Materijali za proizvodnju želatine (izrađeno prema Philips i Williams, 2000)

2.2.4. Ksantan guma

Bakterija *Xanthomonas campestris* proizvodi ksantan gumu, izvanstanični polisaharid. Celulozna okosnica od β -(1 \rightarrow 4) povezanih jedinica D-glukoze supstituirana je na alternativnim ostacima glukoze s trisaharidnim bočnim lancem u osnovnoj strukturi ksantan gume. Bočni lanac trisaharida sastoji se od dvije manozne jedinice razdvojene glukuronskom kiselinom. Piruvatna skupina je vezana na otprilike polovicu terminalnih jedinica manoze, a neterminalni ostatak normalno ima acetilnu skupinu. Anionska priroda molekula gume posljedica je karboksilnih skupina na bočnim lancima. Količina pirogroždane kiseline u ksantanu uvelike varira ovisno o soju *Xanthomonas campestris*, što rezultira širokim rasponom viskoziteta u otopinama ksantana. Prema studijama molekularnog modeliranja, ksantan guma može oblikovati spiralni oblik s bočnim granama koje su gotovo paralelne s osi spirale, održavajući strukturu (Milani i sur., 2012).



Slika 6. Primarna struktura ksantan gume (Philips i Williams, 2000.)

2.2.4.1. Dobivanje i svojstva ksantan gume

Tijekom tipičnog životnog ciklusa bakterije *Xanthomonas campestris*, komplicirana enzimska aktivnost stvara polisaharid na površini stanične stijenke. Prirodne bakterije mogu se otkriti na lišću *Brassica* usjeva poput kupusa. Ksantan se komercijalno proizvodi pomoću aerobnog, potopljenog procesa fermentacije iz čiste kulture bakterija. Bakterije se uzgajaju u dobro prozračenom mediju koji uključuje glukozu, izvor dušika i elemente u tragovima. Proces stvaranja inokuluma odvija se u fazama kako bi se dobilo sjeme za konačnu fazu fermentacije. Bujon se pasteurizira kako bi se ubile bakterije nakon završne fermentacije, a ksantanska guma se obnavlja taloženjem s izopropil alkoholom ili etanolom. Proizvod se na kraju suši, obrađuje i pakira (Philips i Williams, 2000).

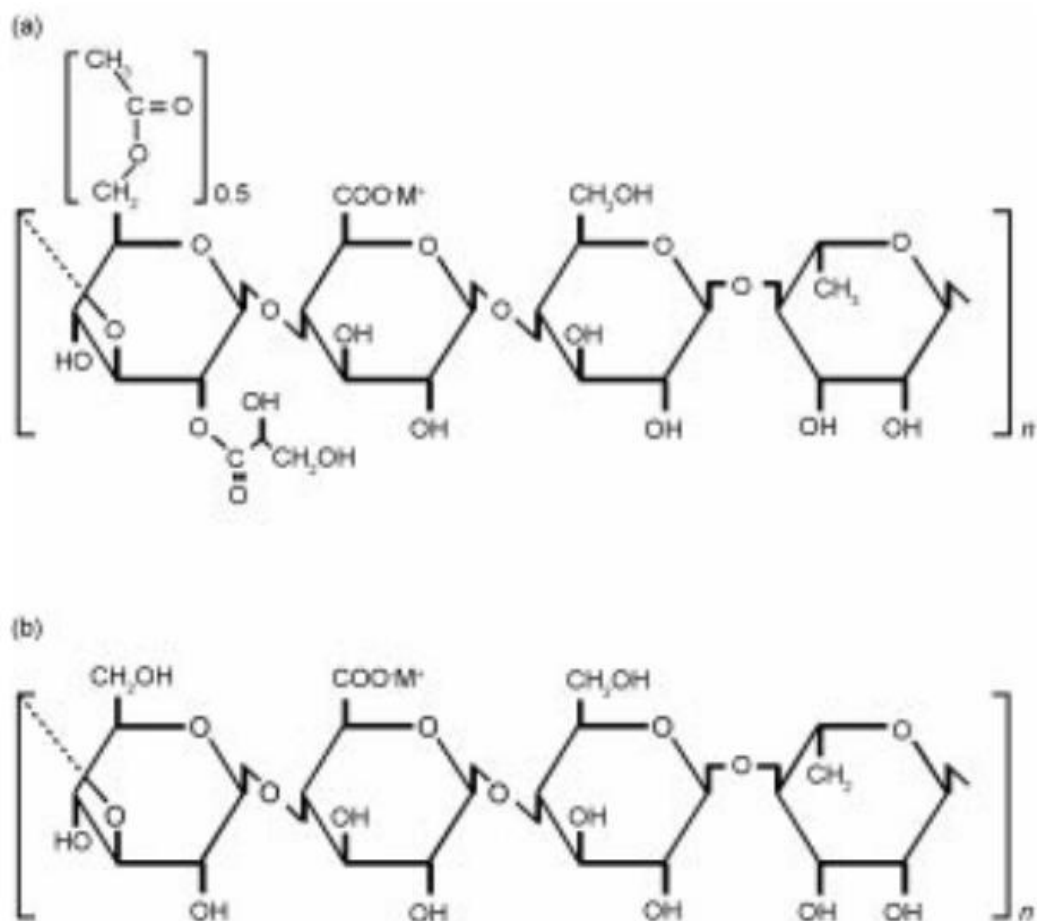
Ksantan guma proizvodi viskozne tekućine sa slabijim karakteristikama poput gela kada je koncentracija polimera dovoljno visoka. U kombinaciji s određenim galaktomananima (kao što je guma mahune rogača) ili konjac glukomananom, može stvoriti termo-reverzibilne gelove. Zbog svoje iznimne topljivosti u toplim i hladnim tekućinama, visoke viskoznosti čak

i pri iznimno niskim koncentracijama i izvrsne toplinske stabilnosti, ksantan se obično koristi u obrocima (Milani i sur., 2012). Ksantan guma je topiva u hladnoj vodi i njezina viskoznost je stabilna u širokom rasponu pH i temperatura, a polisaharid je otporan na razgradnju enzima. Kombinacija s guar gumom rezultira povećanom viskoznošću, a s LBG i konjac mananom rezultira mekim, elastičnim termički reverzibilnim gelovima (Philips i Williams, 2000).

Glatkoća, apsorpcija i zadržavanje zraka sve su prednosti ksantan gume u tijestima za kolače, muffine, kekse i mješavine kruha. Ksantan smanjuje taloženje brašna u mokrim pripremljenim tijestima, povećava zadržavanje plinova i daje stabilnost enzima, smicanja i smrzavanja-odmrzavanja, kao što i osigurava homogenu prevlaku i dobro prijanjanje. Ksantan guma poboljšava kontrolu širenja, volumen i zadržavanje zraka u tijestu za palačinke. Pečena hrana ima veći volumen i vlažnost, manje se mrvljuje i otpornija je na oštećenja pri transportu. U ohlađenom tijestu, niskokaloričnim pečenim proizvodima i kruhu bez glutena, ksantan povećava volumen, teksturu i zadržava vlagu (Philips i Williams, 2000).

2.2.5. Gelan guma

Hidrokoloidni polisaharid koji se dobiva iz bakterija *Sphingomonas elodea*, a ranije poznat kao *Pseudomonas elodea*, koristi se u prehrambenoj industriji kao zgušnjivač, stabilizator i emulgator, te u medicini i drugim industrijama. Gelan guma je netopljiva u hladnoj vodi, ali se može hidrirati i formirati gelove kada se zagrije i ohladi u prisutnosti kationa koji potiču stvaranje gela. Primarnu strukturu gelan gume čini linearna ponavljajuća jedinica tetrasaharida koja sadrži polisaharidne ostatke glukoze, glukuronske kiseline i ramnoze: [(1→3)-β-D-glukoza - (1→4)-β-D-glukuronska kiselina - (1→4)-β-D- glukoze- (1→4)-α-L-ramnoza- (1→)]. Postoje dva tipa gelan gume: HA gelan guma (engl. high acyl) i LA gelan guma (engl. low acyl) (Philips i Williams, 2000).



Slika 7. Primarna struktura (a) LA (b) HA gelan gume (Philips i Williams, 2000.)

2.2.5.1. Dobivanje i svojstva gelan gume

Gelan guma je vrlo pogodna za upotrebu pri niskim koncentracijama jer može stvoriti gelove s relativno niskim viskozitetom, što je važno u proizvodnji hrane, pića i drugih proizvoda. Ona se koristi u proizvodnji sladoleda, sokova, mliječnih proizvoda, juha, umaka, preljeva za salatu, pekarskih proizvoda i drugih prehrambenih proizvoda. Osim toga, gelan guma ima i neka farmakološka svojstva, poput smanjenja razine lošeg kolesterola i povećanja razine dobrog kolesterola u krvi. Također se koristi u kozmetici za zgušnjavanje i stabilizaciju emulzija, te u tekstilnoj industriji kao pomoćni agens u proizvodnji vlakana.

Proizvodnja gelan gume uključuje fermentaciju bakterija u mediju koji sadrži hranjive sastojke poput glukoze, fosfata i dušika. Nakon fermentacije, bakterije se uništavaju pasterizacijom, a zatim se gelan guma izolira iz fermentacijske juhe različitim postupcima, poput taloženja, filtracije, sušenja i hidrolizom mliječne kiseline (Philips i Williams, 2000).

2.3. Svojstva hidrokoloida

Hidrokoloidi su polisaharidi koji se koriste u prehrambenoj industriji kao vezivna sredstva, stabilizatori i emulgatori. Oni imaju sposobnost da vežu vodu i formiraju gelove, što im daje široku paletu aplikacija u prehrambenoj industriji.

Tablica 2. Značajna svojstva nekih hidrokoloida (Philips i Williams, 2000.)

Hidrokoloid	Zgušnjavanje	Želiranje	Stabiliziranje
Pektin	-	+	+
Karagenan	-	+	+
Guar guma	+	-	+
Guma mahune rogača	+	-	+
Želatina	-	+	+
Ksantan guma	+	-	+

2.3.1. Viskozitet hidrokoloida

Viskozitet hidrokoloida se mjeri kao sposobnost vezivanja vode i formiranja gelova. Hidrokoloidi se često koriste u sustavima gdje su ulje ili mast reducirani ili eliminirani kroz supstituciju vodom. Kod proizvoda u kojima se nastoji izbjeći veća količina masti, hidrokoloidi zgušnjavaju vodu zamjenjujući ulje ili mast pa zauzvrat dobivamo produkt sličan punomasnom proizvodu. Tipičan primjer je salatni dresing sa smanjenim udjelom masti. Hidrokoloidi koji imaju visok viskozitet koriste se u proizvodnji proizvoda koji trebaju da budu gusti i kremasti, kao što su želei, marmelade, džemovi, kremasti umaci i slično. Oni također mogu pomoći u održavanju teksture hrane tijekom skladištenja i transporta. Hidrokoloidi koji imaju niski viskozitet koriste se u proizvodnji proizvoda koji trebaju da budu manje gustoće i tečniji, kao što su sokovi, jogurti i slično (Imeson, 2010).

Viskozitet hidrokoloida se može mijenjati kontroliranjem koncentracije hidrokoloida u proizvodu, kao i kontroliranjem temperature i pH. Na primjer, povećanjem temperature ili povećanjem pH, viskozitet hidrokoloida se smanjuje, dok smanjenje temperature ili smanjenje pH dovodi do povećanja viskoziteta. U kiselim sustavima pri $\text{pH} < 5$, viskoznost se snažno smanjuje. Za razliku od mnogih drugih vezivnih sredstava, hidrokoloidi ne utječu na okus i miris proizvoda, što ih čini atraktivnim za upotrebu u prehrambenoj industriji (Wüstenberg, 2015).

2.3.2. Stabilizacija emulzija

Hidrokoloidi se također koriste za stabilizaciju emulzija, što znači da pomažu u održavanju emulzije u homogenom stanju. Emulzije su sustavi u kojima se tekućina (npr. ulje) raspoređuje u formi mikroskopskih kapi unutar druge tekućine (npr. voda), a važne su u prehrambenoj industriji, jer se koriste u proizvodnji različitih proizvoda, kao što su majoneze, kreme za kuhanje, margarina i slično. Dokazano je da je guma arabika izvrsna kod stabilizacije emulzija, a mikrokristalna celuloza također može stabilizirati jake uljne emulzije u vodi (Pirsa i sur., 2022).

Funkcionalnost hidrokoloida kao emulgatora i stabilizatora emulzija korelira s pojavama kao što su: usporavanje taloženja disperziranih čvrstih čestica, smanjenje brzine nastajanja kapljica ulja i pjene, sprječavanje agregacije disperziranih čestica i usporavanje koalescencije kapljica ulja. Hidrokoloidi su klasificirani prema njihovoj aktivnosti na površini. Guma arabika je vjerojatno najistraživaniji hidrokoloid koji pokazuje značajnu površinsku

aktivnost i jedini je hidrokoloid koji se apsorbira na uljno vodenoj površini i pruža steričku stabilizaciju. Ostali hidrokoloidi, kao što su galaktomanan, ksantan, pektin, itd., poznati su po smanjenju površinske i međupovršinske napetosti, apsorpciji na čvrste površine i poboljšanju stabilnosti emulzija ulje u vodi. Međutim, važno je napomenuti da hidrokoloidi ne mogu stabilizirati svaku emulziju i da u nekim slučajevima drugi stabilizatori mogu biti potrebni (Milani i sur., 2015).

Emulzije su termodinamički nestabilne i vremenom se raspadaju na ulje i vodu. Stoga se termin "stabilnost emulzije" odnosi na sposobnost emulzije da se odupre ovom raspadanju, što se očituje u rastu prosječne veličine kapljica ili promjeni njihove prostorne raspodjele u uzorku. Što se ove karakteristike sporije mijenjaju, to je emulzija stabilnija. Za neke prehrambene emulzije, poput smjesa za kolače ili kuhanih umaka, potrebno vrijeme za stabilnost je samo nekoliko minuta ili sati. Međutim, za druge proizvode, poput bezalkoholnih pića i krem likera, stabilnost emulzije mora se održavati tijekom nekoliko mjeseci ili godina. Hidrokoloidi također mogu pomoći u poboljšanju kvalitete emulzije, kao što su poboljšanje teksture, smanjenje kristalizacije i stvaranje emulzije sa željenom veličinom kapi. Međutim, korištenje hidrokoloida u emulzijama također može dovesti do nekih problema, kao što su promjena boje, okusa i mirisa proizvoda, te izgleda. Stoga je važno odabrati odgovarajući hidrokoloid i kontrolirati koncentraciju korištenja da bi se postigla željena stabilnost i kvaliteta proizvoda (Philips i Williams, 2000).

2.3.3. Zdravstveni aspekti hidrokoloida

Zdravstveni učinci hidrokoloida ovise o tome na koji su način integrirani u hranu i prehranu. Mnoge hidrokoloidne ugljikohidrate prirodno nalazimo u biljnoj hrani kao dio stanične stijenke, poput hemiceluloze i pektina, ili s nekim drugim ulogama unutar biljke kao što su guar guma. Međutim, doprinos svakog pojedinog hidrokoloida u prehrani je mali, a epidemiološke studije ne mogu identificirati i odvojiti zdravstvene koristi ovih spojeva od drugih neprobavljivih ugljikohidrata poput netopivih polisaharida, otpornog škroba i oligosaharida. Prehrambeni hidrokoloidi su neprobavljivi ugljikohidrati koji su sposobni formirati viskozne otopine ili gelove. Mogu se smatrati dijelom prehrambenih vlakana i ako se dodaju hrani trebali bi povećati količinu vlakana i potencijalno poboljšati zdravstvene učinke prehrane. Utjecaj hidrokoloida i drugih netopljivih polisaharida na procese koji se odvijaju u gastrointestinalnom traktu uvelike ovisi o njihovim fizikalno-kemijskim svojstvima. To uključuje njihovu sposobnost zadržavanja vode, sposobnost formiranja i održavanja visoke

viskoznosti te njihov potencijal za hvatanje ili čak vezivanje malih molekula poput minerala i žučnih kiselina (Philips i Williams, 2000).

Bakterije kao što su *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* i *Streptococcus thermophilus*, koje se nazivaju probiotici, živi su mikroorganizmi koji mogu pozitivno utjecati na zdravlje potrošača ako se pravilno koriste. Probiotici imaju efekte kao što je smanjenje trajanja rotavirusnog proljeva i sprječavanje gastrointestinalnih bolesti kao što je gastritis. Prebiotici su spojevi hrane koje konzumiraju korisni crijevni mikrobi, čime se povećava imunitet tijela u borbi protiv patogena. Da bi prehrambena komponenta bila uključen u prebiotičku prehranu ne smije se apsorbirati ili hidrolizirati u gornjem dijelu gastrointestinalnog trakta, treba selektivno fermentirati i razgrađivati se u debelom crijevu, treba poboljšati mikrobnu floru debelog crijeva i povećati korisne učinke na zdravlje domaćina. Inulin je hidrokolid koji je proučavan kao prebiotik te je prihvaćen kao sastojak hrane u svim zemljama i koristi se u industriji bez ikakvih ograničenja (Pirsa i sur., 2022).

Glavno mjesto djelovanja dijetalnih vlakana je debelo crijevo, te bi se očekivalo da bi dijeta bogata vlaknima poboljšala zdravlje debelog crijeva. To može biti zbog sprječavanja zatvora vlaknima koja se loše fermentiraju i zadržavaju vodu, kao što su psilijum, gelan i pšenične posije. Ova vlakna smanjuju izloženost toksinima i karcinogenima smanjujući vrijeme prolaska kroz debelo crijevo. Fermentabilna vlakna i hidrokolidi gube svoju strukturu, ali mogu promovirati zdravlje debelog crijeva kroz proizvodnju kratkolančanih masnih kiselina, posebno butirata (Philips i Williams, 2000).

Dijabetes je česta bolest u kojoj se šećer u krvi povećava zbog smanjene apsorpcije glukoze od strane tjelesnih stanica. Ovaj poremećaj nastaje zbog nedostatka hormona inzulina. Dijeta s niskim indeksom šećera u krvi igra važnu ulogu u prevenciji dijabetesa tipa 2, kardiovaskularnih bolesti, pretilosti, raka debelog crijeva i raka dojke. Hidrokolidi imaju različite učinke na probavu i apsorpciju ovih ugljikohidrata. Guar guma djeluje kao inhibitor sprječavajući apsorpciju i probavu dostupnih ugljikohidrata, čime se smanjuje udio glukoze koji se apsorbira u jetru. Guar guma poboljšava osjetljivost hormona inzulina, ali povećava viskoznost hrane i uzrokuje spor protok u probavnom sustavu (Pirsa i sur., 2022).

2.4. Primjena hidrokoloida u prehrambenoj industriji

2.4.1. Proizvodnja sladoleda i drugih smrznutih proizvoda

Smrznuti deserti su mješavine kristala leda u aromatiziranom tekućem sirupu, a najpoznatiji i najčešći je sladoled. Hidrokoloide su često korišteni u proizvodnji sladoleda kako bi se poboljšala njegova tekstura i stabilnost. Oni se koriste kao emulgatori i stabilizatori. Emulgatori su komponente koje pomažu u razmjeni ulja i vode u sladolednoj smjesi, što doprinosi homogenosti i smanjenju kristalizacije leda. Guma karaya se može koristiti kao stabilizator u sladoledu, mliječnim desertima i srodnim proizvodima. U ledenim kolačićima i sorbetima, formiranje velikih ledenih kristala i sinereze može se spriječiti korištenjem 0,2 - 0,4% gume karaye. Nadalje, karagenan se može koristiti kao vezivo i emulgirajuće sredstvo u količinama manjim od 1%, a guma arabika zbog svojih svojstava apsorpcije vode inhibira nastanak i rast kristala leda. Guar guma se u prehrambenoj industriji koristi zbog svoje sposobnosti vezivanja velike količine vode. Ovo svojstvo pridonosi sprječavanju nastajanja kristala leda, teksturi proizvoda, stabilizaciji konzistencije proizvoda pri promjenama temperature i viskoznosti (Milani, 2012).

Prema analizi tržišta hidrokoloida koji se koriste u sladoledu, 13% od približno 14000 ukupno lansiranih novih sladoleda na svjetskom tržištu (2012. – 2014.) sadrži ksantan gumu. 75% novolansiranih sladoleda bilo je na bazi mlijeka. Ksantan guma često se koristi u kombinaciji s guar gumom, gumom rogača i karagenanom, ali pektin, karboksimetilceluloza i tara guma također se koriste kao stabilizatori (Bernsmeier i sur., 2015).



Slika 8. Klasična receptura za sladoled (izvor, Biterkin)

2.4.2. Proizvodnja kobasica

Zanimljivo je da se u mesnoj industriji još uvijek većinom upotrebljavaju aditivi poput fosfata, nitrata i drugih. S druge strane, hidrokoloidi su manje poznati kao mogući dodaci, a upravo oni nude razna inovativna rješenja pošto nemaju utjecaja na proteine mesa. Svojstvo viskoznosti koju hidrokoloidi posjeduju utječe na sposobnost vezanja vode, što omogućava njihovo bubrenje. Škrob ima kapacitet vezanja vode od 1:5 i ako dodajemo vodu iznad sposobnosti vezanja vode, škrob će se taložiti na dno. Međutim, čestica hidrokoloida, koja je došla u otopinu nakon bubrenja, može vezati bilo koju količinu dodane vode. Ovisno o vrsti hidrokoloida viskoznost može nastati bubrenjem ili želiranjem. Hidrokoloidi se koriste kao veziva i stabilizatori u proizvodnji kobasica, kako bi se poboljšala tekstura i smanjio gubitak vlage. Želatinizirani škrob se često koristi kao zamjena za masnoću u kobasicama. On pomaže u poboljšanju teksture i stabilnosti proizvoda, a također pomaže u smanjenju dodatka masnoće. Jedna od novosti su kobasice s komadima kečapa. Primjenom stabilizacijskog sistema prethodno narezane kocke kečapa postići će svoju optimalnu otpornost na zagriz i rezanje kao i optimalnu teksturu te se tako narezane umiješaju u gotov nadjev (Schnack, 2007).



Slika 9. Kobasice s komadima kečapa (Schnack, 2007.)

2.4.3. Proizvodnja konditorskih proizvoda

Hidrokoloidi su često korišteni u proizvodnji konditorskih proizvoda, kao što su kolači, peciva, torte i slastice, kako bi se poboljšala njihova tekstura, stabilnost, smanjio udio dodanih masti te kako bi se produžila svježina proizvoda tijekom skladištenja. Najpoznatiji i najviše primjenjivani u pekarskoj industriji su alginati, karagenani, agar, guar guma, guma arabika i karboksimetil celuloza. Ovi spojevi koji se koriste u prehrambenim proizvodima i mogu poslužiti kao pomoćna sredstva za obradu, osigurati dijetalna vlakna, prenijeti specifična funkcionalna svojstva ili obavljaju kombinaciju ovih uloga. Guar i ksantan gume korištene su u količinama od 7 %, odnosno 2 %, u kruhu za osiguranje dijetalnih vlakana. U pekarskoj industriji hidrokoloidi imaju sve veću važnost kao poboljšivači kruha, tj. mogu potaknuti strukturne promjene u glavnim komponentama bijelog pšeničnog brašna u koracima proizvodnje kruha i skladištenju kruha. Hidrokoloidi kada se koriste u malim količinama povećavaju kapacitet zadržavanja vode i volumen štruce kruha te smanjuju čvrstoću i retrogradaciju škroba. Visoko hidrofилna priroda hidrokoloida također pomaže u sprječavanju rasta kristala leda tijekom skladištenja proizvoda u zamrzivaču, te migraciju vode s podloge na premaz, što poboljšava stabilnost pri smrzavanju/odmrzavanju (Kohajdová i sur., 2009).



Slika 10. Pekarski proizvodi (Pekarski Glasnik)

2.4.4. Proizvodnja mekih želatinoznih kapsula i kapsula s tekućom jezgrom

Namirnice kao instant kava i drugi prehrambeni praškasti proizvodi, mogu se pohraniti u želatinskoj kapsuli. U kapsulu se stavlja hrana koja se brzo otapa ili raspršuje nakon dodavanja vode zato je kapsule bitno držati na suhom i hermetički zatvorenom spremniku ili blisteru. Želatina djeluje kao barijera i štiti tekući sadržaj kapsule od vanjskog okoliša, bakterija, kvasaca i plijesni, ali ipak daje nisku propusnosti za plinove. Želatinozna kapsula je prozirna i može se oblikovati u razne oblike i veličine. Neke od prednosti kapsuliranja su kontrola količine, produljeni rok trajanja, lako korištenje i skladištenje, raspoloživost različitih veličina, biorazgradivost te mnogi drugi. Kapsula s tekućom jezgrom su tekućine zatvorene u sfernu polimernu membranu. Sadržaj kapsule čine destilirana voda ili otopina saharoze, iako se mogu koristiti i druge viskozne tekućine. Kapsule s većom koncentracijom hidrokoloida u njihovoj membrani pokazale su veći otpor pri pucanju i manju lomljivost od onih s manjom koncentracijom hidrokoloida (Milani i sur., 2015).

2.5. Primjena hidrokoloida u ostalim industrijama

2.5.1. Farmaceutska industrija

Hidrokoloidi se u farmaceutskoj industriji koriste za proizvodnju lijekova i dodataka prehrani. Najčešće se koriste guar guma, ksantan guma, hidroksipropil metil celuloza (HPMC), metil celuloza (MC), karagenan. Oni se koriste kao vezivna sredstva, stabilizatori i pojačivači viskoznosti u proizvodnji tableta, kapsula, gelova i sirupa. Također se koriste u proizvodnji lijekova za oralnu upotrebu kao što su pastile, tablete i kapsule. Oni također mogu biti korišteni za proizvodnju lijekova za lokalnu primjenu, kao što su gelovi i masti. Hidrokoloidi se također koriste u proizvodnji nutraceutika i dodataka prehrani kao što su probiotici, prebiotici i vlakna. Oni se koriste za poboljšanje teksture i sastava proizvoda te za poboljšanje probave i metaboličkih procesa u tijelu. U farmaceutskoj industriji, hidrokoloidi su često korišteni u kombinaciji s drugim sredstvima za poboljšanje učinkovitosti lijekova i proizvoda. Također su korišteni u kombinaciji s drugim sredstvima za poboljšanje sigurnosti i stabilnosti proizvoda (Tamkeen i sur., 2022).

2.5.2. Kozmetička industrija

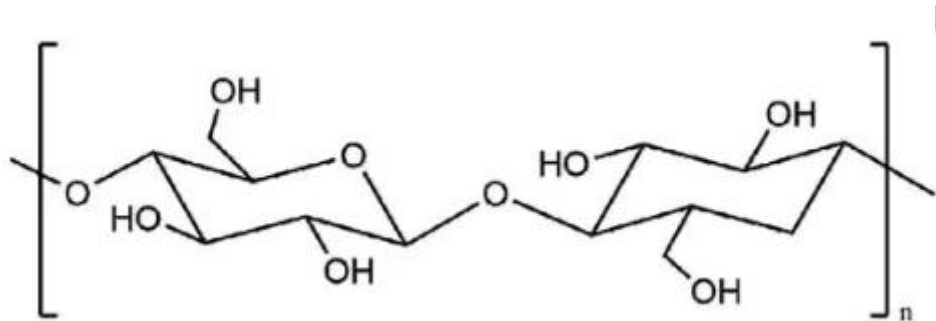
Kolagen i želatina (goveđi, svinjski i riblji izvori) igraju važnu ulogu u mnogim kozmetičkim proizvodima, uključujući i proizvode kao što su kreme za lice, losioni za tijelo, šamponi, sprejevi za kosu, kreme za sunčanje te soli za kupanje. Hidrolizati želatine se, primjerice, dodaju u kreme za kožu za poboljšanje sposobnosti vezanja vode, za smanjenje gubitka transepidermalne vode i da poboljšaju osjećaj na koži (Philips i Williams, 2000.). Koža uglavnom djeluje kao barijera protiv vanjskih uvjeta iz okoline, uključujući izloženost sunčevoj svjetlosti. Starenje kože je oksidativni proces koji rezultira proizvodnjom slobodnih radikala. Prirodni pigment u koži melanin apsorbira ultraljubičasto (UV) zračenje. Riblji hidrolati želatine koriste se za prevenciju štete na koži nastale UV zračenjem. Zahvaljujući svojim antioksidativnim svojstvima održavaju uravnotežene lipide i na taj način ublažavaju nanesenu štetu. Još jedan oblik zaštite koji pruža želatina i njezini hidrolati je jačanje imuniteta povećanjem hidroksiprolina u koži koji je dobar pokazatelj prisutnosti kolagena. Riblja želatina i njezini hidrolizati mogu se smatrati novim izvorom komponenti koje imaju buduću potencijal u proizvodima protiv starenja kože (Al-Nimry i sur., 2021).

2.5.3. Papirna industrija

U papirnoj industriji, hidokoloidi imaju potencijal zamijeniti polimere na bazi nafte koji se teško razgrađuju u premazima papira. Molekule polisaharida imaju veliki broj hidroksilnih skupina koje se mogu snažno vezati s vlaknima papira pomoću vodikovih veza. Njihova mehanička, barijerna i hidrofobna svojstva se mogu poboljšati kemijskom modifikacijom. Neki od najkorištenijih u ovoj industriji su celuloza, hemiceluloza, škrob, kitozan, i natrijev alginat, te njihovi derivati u premazima papira. Celuloza je najzastupljeniji prirodni polisaharid u prirodi. Iako celuloza ima dugi molekularni lanac i visok sadržaj hidroksilnih skupina, topljivost celuloze u vodi je ograničena iako se može poboljšati kemijskom modifikacijom. Papirni premazi za mehaničko ojačanje na bazi celuloze uglavnom uključuju proizvode eterifikacije ili esterifikacije celuloze, kao što su karboksimetil celuloza (CMC) i hidroksietil celuloza (HEC).

Kitozan je poznat po svom antibakterijskom djelovanju zbog slobodnih amino skupina koje mogu inhibirati razmnožavanje čak 32 vrste gljivica. Pozitivno nabijeni kitozan može djelovati s negativno nabijenim komponentama stanične stijenke kako bi promijenio propusnost stanica ili se kombinirati s proteinima i nukleinskim kiselinama kako bi ometao

normalnu fiziološku funkciju bakterijskih ili gljivičnih stanica . Trenutno se kitozan smatra obećavajućim premazom za proizvodnju antibakterijskog papira, ali antibakterijski učinak kitozana nije stabilan, jer je aktivan samo pod određenim pH uvjetima (Li i sur., 2020).



Slika 11. Kemijska struktura celuloze (Li i sur., 2020)

2.6. Hidrokoloidei kao jestivi filmovi i premazi

Jestivi film definira se kao tanki sloj koji se može konzumirati, odnosno stavlja se na hranu kao barijera između hrane i okoline. Hidrokoloidei se mogu koristiti za proizvodnju jestivih premaza na površini hrane. Takvi filmovi i premazi djeluju kao barijera protiv vlage, plina i migracije lipida. Oni se dobivaju iz različitih prirodnih izvora, kao što su žitarice, povrće, biljke i alge, te se koriste kao alternativa tradicionalnim plastičnim filmovima. Neki od najčešćih hidrokoloidei koji se koriste su alginat, karagenan, celuloza i njezini derivati, pektin, škrob i njegovi derivati i mnogi drugi. Jestivi hidrokoloidei filmovi klasificiraju se u dvije kategorije prema svojoj prirodi i sastojcima: proteini i polisaharidi ili alginati (Pirsa i sur., 2022).

Jestivi filmovi i premazi privlače veliku pozornost u posljednjih nekoliko godina zbog njihovih prednosti u odnosu na sintetičke polimerne filmove. Glavna prednost u odnosu na tradicionalne polimerne filmove je da se mogu konzumirati s upakiranim proizvodima. Nema ambalaže za odlaganje, pa čak i ako se filmovi ne konzumiraju, mogu doprinijeti smanjenju onečišćenja okoliša. Filmovi se proizvode isključivo od obnovljivih i jestivih sastojaka te se stoga očekuje da će se brže razgraditi od polimernih materijala. Filmovi mogu poboljšati organska svojstva upakirane hrane ako sadrže različite sastojke (okuse, boje, zaslađivače). Filmovi se mogu koristiti za pojedinačno pakiranje manjih porcija hrane, posebno proizvoda koji se trenutno ne pakiraju pojedinačno iz praktičnih razloga, poput krušaka, graha, orašastih plodova i jagoda. Filmovi mogu djelovati kao nosači antimikrobnih i antioksidacijskih sredstava, a mogu se koristiti na površini hrane za kontrolu brzine difuzije konzervansa s površine na unutrašnjost hrane. Proizvodnja jestivih filmova uzrokuje manje otpada i zagađenja, no njihova propusnost i mehanička svojstva su općenito lošija od sintetičkih filmova. Ova tehnologija jestivih filmova predstavlja značajan korak naprijed u održivom pakiranju hrane, jer je prirodna, sigurna za upotrebu i otporna na kompostiranje. Međutim, potrebno je daljnje istraživanje kako bi se utvrdila dugotrajna učinkovitost i sigurnost ovih proizvoda (Bourtoom, 2008).

3. RASPRAVA

Najčešća primjena hidrokoloida u prehrambenoj industriji još uvijek je usmjerena na njihove funkcionalne kvalitete, posebice na reološke i površinski aktivne značajke. Budućnost hidrokoloida vjerojatno će biti vezana za sve veću potražnju za funkcionalnim aditivima kako u prehrambenoj industriji tako i u ostalim industrijama gdje se primjenjuju hidrokoloidei kao što je farmaceutska i kozmetička industrija. Novi, inovativni proizvodi s visokim stupnjem funkcionalnosti će se nastaviti razvijati u skladu s potrebama potrošača i industrija. Korištenje hidrokoloida u različitim formulacijama proizvoda će se i dalje širiti, a proizvođači se okreću različitim izvorima, kao što su biljke, animalni izvori, i mikroorganizmi, kako bi osigurali dovoljne količine aditiva za svoje proizvode. Također je vjerojatno da će razvoj novih tehnologija omogućiti proizvodnju hidrokoloida u većim količinama, s manjim troškovima, i s manjim utjecajem na okoliš.

Uvođenje potpuno novih hidrokoloida za prehrambenu upotrebu ograničeno je velikim financijskim ulaganjem potrebnim za dobivanje potrebnog zakonodavnog odobrenja. Međutim, postoje određeni hidrokoloidei koji imaju dugu povijest upotrebe u hrani u drugim dijelovima svijeta, a imaju potencijal za upotrebu kao prehrambeni dodaci u SAD-u i Europi. Primjer jednog takvog hidrokoloida je konjac manan koji se stoljećima koristi u Japanu za proizvodnju tjestenine, a nedavno je dobio odobrenje za upotrebu kao dodatak prehrani na zapadu. Prehrambena industrija također će profitirati od daljnjih poboljšanja tehnologije za proizvodnju hidrokoloida. U budućnosti, hidrokoloidei će se proizvoditi ekonomičnije i u većim količinama, što će omogućiti da se široko koriste u mnogim prehrambenim proizvodima. Također, hidrokoloidei će se koristiti u različitim proizvodima, od žitarica do morskih algi, čime će se omogućiti raznovrsnije uporabe i različiti korištenja u prehrambenoj industriji.

Ukupno, hidrokoloidei će značajno pridonijeti napretku prehrambene industrije u smislu zdrave hrane, funkcionalnih proizvoda i proizvoda s dugotrajnijim rokovima trajanja. Industrije koje koriste hidrokoloide, poput prehrambene, farmaceutske, i kozmetičke industrije, će vjerojatno imati trend rasta u budućnosti, a to će dovesti do sve veće potražnje za ovim funkcionalnim aditivima. Ujedno, proizvođači će se suočiti s izazovima u pogledu regulatornih zahtjeva, kako bi osigurali sigurnost i kvalitetu svojih proizvoda za potrošače.

Također, dolazimo do zaštite okoliša tako da utjecaj hidrokoloida na okoliš u odnosu na plastične materijale nije u potpunosti jasno definiran, ali se zna da se neki hidrokoloidei koriste u izradi biodegradabilnih plastika. To znači da se plastika brže razgrađuje u prirodi i ne

šteti okolišu na isti način kao konvencionalne plastike. Hidrokoloide mogu poboljšati svojstva plastike, kao što su mekoća, elastičnost i prozirnost, što omogućava njihovo korištenje u različitim aplikacijama, uključujući plastične vrećice, folije, ambalaže i drugo. Iako se hidrokoloide dugo godina koriste u hrani za kontrolu reoloških svojstava i teksture, potrošači su sve više svjesni i njihove prehrambene koristi. Mnogi hidrokoloide (npr. guma rogača, guar guma, konjac manan, guma arabika, ksantan guma i pektin), pokazali su se korisnima u smanjenju razine kolesterola u krvi. Drugi poput inulina i gume arabike pokazali su prebiotički učinak. Oni su otporni na naše probavne enzime i prolaze kroz želudac i tanko crijevo bez metaboliziranja. Fermentiraju se u debelom crijevu i daju kratkolančane masne kiseline te potiču specifičan rast korisnih bakterija u crijevima, posebno bifidobakterija, te smanjuju rast štetnih mikroorganizama poput Clostridie. Tržište hidrokoloide trenutno je vrlo snažno, a perspektive za budući rast su iznimno pozitivne (Philips i Williams, 2000).

4. ZAKLJUČCI

Hidrokoloidi su polisaharidi ili proteini koji se koriste kao dodaci hrani u prehrambenoj industriji najviše zbog svojih svojstava da vežu vodu i poboljšavaju teksturu hrane. Oni se dobivaju iz različitih izvora, kao što biljke, alge, mikroorganizmi i animalni izvori. Hidrokoloidi se tako koriste kao stabilizatori, emulgatori, zgušnjivači i želirajuća sredstva u različitim prehrambenim proizvodima.

Hidrokoloidi zbog svoje sposobnost da vežu velike količine vode, utječu na viskoznost, teksturu i stabilnost hrane, ali imaju i važnu ulogu u reguliranju rasta mikroorganizama i poboljšanju probave.

Iako imaju mnoga pozitivna svojstva, potrebno ih je koristiti u odgovarajućim količinama kako bi se postigli željeni efekti i izbjegle neželjene posljedice. Česti su izvor visokokvalitetnih vlakana u hrani, što može imati pozitivan utjecaj na zdravlje crijeva i metabolizam. Također pomažu u održavanju odgovarajuće vlage u hrani, što može poboljšati okus i teksturu hrane.

Koriste se u različitim industrijskim granama u proizvodnji raznih proizvoda poput tableta, kapsula, gelova i krema, a svojim modifikacijama poboljšavaju svojstva prehrambenih proizvoda. Hidrokoloidi će značajno pridonijeti napretku prehrambene industrije u smislu zdrave hrane, funkcionalnih proizvoda i proizvoda s dugotrajnijim rokovima trajanja. Zbog njihovih poželjnih svojstava u budućnosti se očekuje još veća upotreba hidrokoloida u raznim industrijama.

5. LITERATURA

1. Alfaro, A.T., Balbinot, E., Weber, C.I., Tonial, I.B. & Machado-Lunkes, A. (2015): Fish gelatin: Characteristics, functional properties, applications and future potentials. *Food Engineering Reviews*, 7, 33-44.
2. Al-Nimry S., Dayah A.A, Hasan I., Daghmarsh R. (2021): Cosmetic, Biomedical and Pharmaceutical Applications of Fish Gelatin/Hydrolysates, *Marine Drugs*, 19, 1-23.
3. Bajpai, V.K., Kamle, M., Shukla, S. et al. (2018): Prospects of using nanotechnology
4. BeMiller J.N., Whistler R.L.(2009): *Starch; Chemistry & Technology*, 3rd Ed. Academic Press, SAD, Kanada, UK.
5. Benjakul, S. & Kittiphattanabawon, P. (2019): Gelatin. In: *Encyclopedia of Food Chemistry*, Vol. 1. (edited by L. Melton, F. Shahidi & P. Varelis). Pp. 121-127. Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
6. Bernsmeier, T., Stomps, J., Lubasch, K. (2015): Xanthan Gum – a hydrocolloid in ice cream for texture control and stabilisation, *Jungbunzlauer* , 1-9.
7. Bourtoom, T. (2008): Edible films and coatings: Characteristics and properties, *International Food Research Journal*, 15 (3).
8. Chaplin M. (2007): The memory of water; an overview. *Homeopathy*, 96:143,150.
9. FDA (2018): Code of federal regulations. 21CFR101.82, Title 21, Vol 2. for food preservation, safety, and security. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26, 1201-1214.
10. <https://biterkin.com/recipes/chocolate-and-cocoa-powder-ice-cream-xanthan-gum> pristupljeno (26.3.2023.).
11. Imeson A. (2010): *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*, Blackwell Publishing Ltd, Wiley Online Library DOI:10.1002/9781444314724.
12. Kohajdová Z., Karovičová J., Schmidt Š. (2009): Significance of Emulsifiers and Hydrocolloids in Bakery Industry, *Acta Chimica Slovaca* 2(1), 46-61.
13. Li Q., Wang S., Jin X., Huang C., Xiang Z. (2020): The Application of Polysaccharides and Their Derivatives in Pigment, Barrier, and Functional Paper Coatings, *Polymers*, 12(8):1837.

14. Lipovac, Tea (2016): Škrob; struktura i utjecaj na kvalitetu prehrambenih proizvoda, Završni rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek.
15. Milani, J., Maleki, G. (2012): Hydrocolloids in Food Industry. U: Food Industrial Processes-Methods and Equipment, (Valdez B., ured.), InTech, 17-38.
16. Nasrollahzadeh M. (2021): Biopolymer-Based Metal Nanoparticle Chemistry for Sustainable Applications, Volume 1: Classification, Properties and Synthesis, Elsevier.
17. Novotni, D. (2023): Funkcionalni pekarski proizvodi bogati vlaknima, Pekarski glasnik, <https://pekarskiglasnik.com/pekarstvo-2/pekarske-crtice/92-funkcionalni-pekarski-proizvodi-bogati-vlaknima> pristupljeno (26.3.2023.).
18. Philips, G.O., Williams, P.A. (2000): Handbook of hydrocolloids, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England.
19. Pirs S., Hafezi K.(2022): Hydrocolloids: Structure, preparation method, and application in food industry, Food Chemistry 399(3):13396.
20. Saha D., Bhattacharya S.(2010): Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review , Journal of Food Science and Technology, 47(6): 587–597.
21. Schnack K.T. (2007): Funkcija i primjena hidrokoloida u mesnoj industriji: Hidrokoloidi omogućuju inovacije u kobasičarskoj industriji, Meso, IX, 70-73.
22. Skurtys, O., Acevedo, C., Pedreschi, F., Enrione, J., Osorio, F., Aguilera, J. M. (2010): Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings, Food Science and Technology, Nova Science Publishers Inc., New York.
23. Šubarić D., Babić J., Ačkar Đ. (2012): Modificiranje škroba radi proširenja primjene, Radovi Zavoda za znanstveni i umjetnički rad u Požegi, No. 1., 247-258.
24. Tamkeen J., Kukati L., Rahman A., Reddi P., Gundlapalli S.P. (2022): Applications of food hydrocolloids in drug delivery system, German J Pharm Biomaterial, 2, 4-14.
25. Tiwari, A. (2017): Handbook of Antimicrobial Coatings. Amsterdam, Elsevier.
26. Wüstenberg, T. (2015): General Overview of Food Hydrocolloids, https://application.wiley-vch.de/books/sample/352733758X_c01.pdf pristupljeno (19.02.2023.), 2-10.
27. Yemenicioglu A., Farris S., Turkyilmaz M., Gulec S. (2019): A review of current and future food applications of natural hydrocolloids, International Journal of Food Science and Technology, 1-17.