

Priprema hrane tehnikama molekularne gastronomije

Puškadija, Valentina

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:159:787613>

Rights / Prava: [Attribution-NoDerivatives 4.0 International](#)/[Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-26**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



**Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Preddiplomski studij Nutricionizam**

**Valentina Puškadija
0058215285**

Priprema hrane tehnikama molekularne gastronomije

ZAVRŠNI RAD

Predmet: Procesi pripreme hrane

Mentor: prof. dr. sc. Suzana Rimac Brnčić

Zagreb, 2022.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Preddiplomski sveučilišni studij Nutricionizam

Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo
Kabinet za procese pripreme hrane

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Nutricionizam

Priprema hrane tehnikama molekularne gastronomije

Valentina Puškadija, 0058215285

Sažetak: Molekularna gastronomija je nova znanstvena disciplina u području znanosti o hrani koja je službeno utemeljena 80-ih godina prošlog stoljeća, a glavni osnivači su Hervé This i Nicholas Kurti. Ova znanstvena disciplina proučava promjene fizikalnih i kemijskih svojstava namirnica koje nastaju prilikom obrade u cilju dobivanja inovativnih i atraktivnih jela. Korištenjem pribora i metoda koje izvorno potječu iz laboratorija i industrije moguće je dobiti složenija jela te izdvojiti sastojke koje tradicionalnim metodama ne bi bile iskorištene. Razumijevanjem fenomena i mehanizama kulinarskih transformacija hrane u kuhinji može se proširiti upotreba novih namirnica i iskorištenje najboljih sastojaka. Novim dostignućima u kulinarstvu se obogaćuje prehrana ljudi, smanjuje se količina prehrambenih nusprokuta i potiče napredak u gastronomiji. Ovaj rad obuhvaća pregled nekoliko tehnika koje se uvode u pripremu jela molekularnom gastronomijom i jela koja su nastala upotrebom znanstveno utemeljenih postupaka pripreme.

Ključne riječi: molekularna gastronomija, kulinarske tehnike, *sous vide*, sferifikacija, tekući dušik

Rad sadrži: 28 stranica, 15 slika, 4 tablice, 33 literaturna navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku pohranjen u knjižnici Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

Mentor: prof. dr. sc. Suzana Rimac Brnčić

Datum obrane: 16. rujna 2022.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Undergraduate thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
University undergraduate study Nutrition

Department of food technology engineering
Laboratory for food preparation processes

Scientific area: Biotechnical Sciences
Scientific field: Nutrition

Food preparation using molecular gastronomy techniques

Valentina Puškadija, 0058215285

Abstract: Molecular gastronomy is a new scientific discipline in the field of food science, officially founded in the 1980s and whose main founders are Hervé This and Nicholas Kurti. This scientific discipline studies the changes in the physical and chemical properties of food that occur during processing to obtain innovative and attractive dishes. By using accessories and methods originally from the laboratory and industrial range, it is possible to obtain a complex dish and separate components that could not be used with traditional methods. Scientific understanding of phenomena and mechanism of food transformation of the cooking processes in the kitchen can expand the use of new foods and the use of the best ingredients. In this way, human nutrition is enriched, the amount of food by-products is reduced, and progress in gastronomy is promoted. This paper reviews some of the techniques that have been introduced in the preparation of meals using molecular gastronomy, as well as selected foods that have been prepared using science-based preparation methods.

Keywords: molecular gastronomy, culinary techniques, *sous vide*, spherification, liquid nitrogen

Thesis contains: 28 pages, 15 figures, 4 tables, 33 references

Original in: Croatian

Thesis is deposited in printed and electronic form in the Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

Mentor: Suzana Rimac Brnčić, PhD, Full Professor

Thesis defended: September 16, 2022

Sadržaj

1.UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1. RAZVOJ MOLEKULARNE GASTRONOMIJE	2
2.2. TEHNIKE MOLEKULARNE GASTRONOMIJE.....	5
2.2.1. <i>SOUS-VIDE</i>	5
2.2.2. PRIPREMA JELA TEKUĆIM DUŠIKOM	9
2.2.3. SFERIFIKACIJA	12
2.2.4. ŽELIRANJE	14
2.2.5. EKSTRAKCIJA I DESTILACIJA	20
2.2.6. EMULGIRANJE	21
3.ZAKLJUČCI.....	25
4.POPIS LITERATURE	26

1. UVOD

Molekularna gastronomija predstavlja razvoj modernog kulinarstva u smjeru primjene znanja koja se temelje na znanstvenim principima hrane. Znanstveno utemeljeno kuhanje ili molekularno kuhanje je primjena molekularne gastronomije pri pripremi jela u kuhinjama kako bi se omogućilo stvaranje novih oblika hrane (sljubljivanje okusa naoko nespojivih namirnica, dobivanje fascinantnih pojavnih oblika hrane s obzirom na boju i okus), a zasniva se na suradnji znanstvenika i šefova kuhinja. Osim temeljnih znanja, znanstveno utemeljeno kuhanje oslanja se i na novu tehnologiju koja koristi opremu koja nije uobičajena u tradicionalnoj kuhinji već se inače koristi kod industrijske proizvodnje ili čak u laboratorijima, a primarna svrha nove ili prilagođene kuhinjske opreme i pribora je omogućiti praktičnu realizaciju jela na temelju kombinacije novih ideja i temeljnog razumijevanja fenomena transformacija hrane. Molekularna gastronomija u velikoj mjeri pridonosi educiranju javnosti o hrani te inovativnom pristupu pripremi jela.

Molekularna gastronomija ima različite ciljeve: istraživanje tehnika kuhanja s ciljem unaprijeđenja procesa kuhanja, istraživanje umjetničke komponente kulinarskih aktivnosti pri pripremi jela i njihove prezentacije te edukacija o sastavu hrane i inovacijama u kulinarstvu. Česte su i suradnje između znanstvenika koji se bave fenomenima transformacija pojedinih sastojaka hrane i šefova kuhinja koji imaju iskustva u realizaciji i praktičnom dijelu kuhanja. Na primjer, Ferran Adrià, španjolski kuhar i vlasnik restorana El Bulli, osnovao je Institut za kulinarstvo u Barceloni na kojem rade brojni znanstvenici iz područja fizike, kemije i biokemije. Navedeni Institut ima suradnju i sa Baskijskim kulinarskim institutom u San Sebastianu.

Sa nutricionističkog stajališta, razumijevanjem fenomena i mehanizama kulinarskih transformacija hrane, molekularna gastronomija povećava raspon mogućnosti pripreme hrane i doprinosi boljem iskorištenju namirnice. Nutricionizam je interdisciplinarno povezan s kulinarstvom, gastronomijom i prehrambenom tehnologijom. Nutritivna vrijednost hrane uvelike ovisi o načinu i uvjetima pripreme, a uz tehnike koje se zasnivaju na molekularnoj gastronomiji, svi se parametri mogu pratiti i regulirati kako bi konačni rezultati bili najbolji. Ovaj rad obuhvaća upravo pregled tehnika pripreme hrane koje se koriste u molekularnoj kuhinji te primjere kako se mogu primijeniti u jelima za nadopunu prehrane i dodatno iskorištenje namirnica.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Razvoj molekularne gastronomije

Gastronomija (grčki *gastèr* = želudac, i *nomìa* = zakon) je skup tehnika i kulinarskih vještina priređivanja i serviranja jela, stručno poznavanje različitih jela i načina njihova pripremanja. Gastronomija uključuje povijesne, zemljopisne, društvene i kulturne aspekte zdrave i ugodne prehrane, a njezina tri temeljna stupa su zdravlje, prehrambene navike i uživanje u kvalitetnoj i ukusnoj hrani.

Gastronomija uključuje prepoznavanje vrijednosti sirovih sastojaka, njihove kvalitete i izvrsnosti u svim fazama pripreme namirnica, raznolikost gotovih proizvoda, postupke čuvanja i distribucije namirnica. Gastronomija je usko povezana s poljoprivredom različitih geografskih područja i njihovim lokalnim proizvodima te se očuvanjem gastronomske baštine omogućava prepoznavanje i međunarodna zaštita prehrambenih proizvoda i jela oznakama zemljopisnog podrijetla, oznakama izvornosti i garantiranih tradicionalnih specijaliteta, ali i zaštita arhitektonske baštine tradicionalnih tržnica za prodaju prehrambenih proizvoda, vinarija i ostalih objekata, posuđa i strojeva povezanih s prehranom i gastronomijom.

Molekularna gastronomija je nova znanstvena disciplina koja obuhvaća razumijevanje fenomena i mehanizama transformacija hrane koji se javljaju tijekom pripreme hrane u ugostiteljstvu i domaćinstvima koristeći se znanstvenim pristupom (Caporaso i Formisano, 2016; Brenner i Sørensen, 2015; Barham i sur., 2010; This, 2006).

Tijekom 19. i 20. stoljeća, znanost o hrani se usmjerila prema industrijskoj proizvodnji i načinu čuvanja i obrade hrane za potrebe šire populacije. Već od početka 19. stoljeća započeo je nagli napredak u poljoprivredi, proizvodnim procesima i prehrambenoj industriji te je to omogućilo bolju dostupnost hrane, veću sigurnost i izbor namirnica. No, postoje negativne posljedice centralizacije uzgoja i proizvodnje koji su se pokazali u zadnjih nekoliko desetljeća; zanemarivanje održivosti ovakve poljoprivrede, oslanjanje na jako mali broj usjeva, gubitak kuharskih znanja i tradicionalnih načina pripreme opće populacije (pogotovo mladih), pretjerano konzumiranje hrane što rezultira pandemijom prekomjerne tjelesne mase u svijetu te smanjenje senzorske kvalitete i raznolikosti hrane (Vega i Ubbink, 2008).

Početak znanstveno utemeljenog kuhanja obilježio je fizičar Nicholas Kurti u Kraljevskom institutu u Londonu 1969. godine gdje je održao predavanje pod nazivom „Fizičar u kuhinji“ (slika 1).



Slika 1. Predavanje "Fizičar u kuhinji", Nicholas Kurti, London, 1969. godine
(This, 1999)

Organiziranje radionica molekularne i fizikalne gastronomije započinje 1992. godine u talijanskom gradu Erice pod vodstvom Nicholasa Kurti-ja i Elizabeth Cawdry Thomas. Prekretnica je napravljena objavom knjige Harolda McGeeja 1984. godine. Knjiga je potakla mnoge kuhare na korištenje znanstvenih principa u kuhinji i samim time nadogradnju načina kojim se pripremaju jela (Blanck, 2007). Znanstvenik Hervé This (2006) smatra da je zadatak molekularne gastronomije racionalna procjena ispravnosti i utjecaja postupaka koji čine tradicionalni recept, a primjenjuju se jer su kroz tradiciju usvojeni u navike ljudi, a ne jer su eksperimentima dokazani kao točni. Većina postupaka pripreme hrane nije još znanstveno provjerena te se na tome treba ustrajati kako bi se sa sigurnošću mogli primjenjivati pri kuhanju. Zato se u okviru molekularne gastronomije provode kulinarski testovi u znanstvenim laboratorijima za procjenu takozvanih "kulinarskih mitova". Molekularna gastronomija temelji se na proučavanju znanstvenih činjenica o kulinarskim transformacijama i nastanku novih spojeva koji rezultiraju novim okusima, teksturom i izgledom jela.

Zaslужni pojedinci za razvoj molekularne gastronomije su francuski kemičar Hervé This, mađarski fizičar Nicholas Kurti, američki pisac Harold McGee i engleski profesor fizike i molekularne gastronomije Peter Barham, a za primjenu molekularne gastronomije u kuhinji španjolski šef Ferran Adrià i britanski šef kuhinje Heston Blumenthal (Caporaso i Formisano, 2016).

Sadašnja saznanja o molekularnoj gastronomiji su uglavnom bazirana na saznanjima iz prehrambene tehnologije i povezane discipline vezane uz tehnologiju koloida i kemiju hrane. Za potrebe kuhanja javila se potreba za posuđem koje se koristilo u industrijskim mjerilima. Također, zbog sličnosti u mnogim postupcima koje se koriste u laboratoriju došlo je do upotrebe mnogobrojnog posuđa iz laboratorija. Primjer posuđa koji su se prilagodili kuhinji, a izvorno su bili dio laboratorija su: rotacijski isparivači, filteri od sinteriranog stakla, ultrazvučni homogenizatori, vodene kupelji koje osiguravaju konstantnu temperaturu koju je vrlo važno kontrolirati tijekom kuhanja (slika 2).



a) Vodena kupelj

b) Rotacijski isparivač

c) Ultrazvučni homogenizator

Slika 2. Primjeri opreme u molekularnoj kuhinji : a) Vodena kupelj; b) Rotacijski isparivač; c) Ultrazvučni homogenizator (Myhrvold i sur., 2011)

Također, tekući dušik i mljevenje zamrznute namirnice mogu dati prah koji se razlikuje od izvorne mekane teksture. Uz posuđe, postoje i mnogi sastojci koji su korišteni kao dodaci hrani u industriji kako bi se postigla određena funkcionalna svojstva te su i oni uvedeni u kuhinju, a inače se ne koriste u svakodnevnoj pripremi jela. Primjer takvih sastojaka su natrijev alginat, kalcijev laktat, fenolni spojevi ekstrahirani iz soka grožđa, arome, askorbinska kiselina, zgušnjivači i sredstva za želiranje (Precup i sur., 2021). Cilj je razviti specifične teksture i oblike, uz to pazeći na čimbenike kao što su temperatura, pH i koncentracija soli. Prilikom upotrebe posuđa i tehnika iz laboratorija u kuhinju većinom se koristila tehnika pokušaj-pogreška te se isprobavanjem došlo do konačnih rezultata. Kako bi pokušaji bili što uspješniji, potrebno je stvoriti univerzalni kulinarsko-znanstveni jezik, što implicira prijevod recepata iz svakodnevnog jezika na jezik znanosti (This, 2006).

2.2. Tehnike molekularne gastronomije

Molekularna gastronomija, od svoje prve definicije, narasla je i obuhvaća niz aktivnosti iz opisa i detaljne evaluacije tradicionalnih procesa kuhanja i pripreme hrane do primjene znanstvenih načela za dizajn inovativnih jela; primjeri uključuju primjenu znanosti o sastojcima u razvoju pjena i gelova različitih tekstura i okusa. Iz tih su razloga načela molekularne gastronomije poduprla razvoj recepata u nekim od najtraženijih restorana u svijetu. Molekularnim kuhanjem se žele pronaći optimalni uvjeti pripreme namirnice kako bi se sačuvala sva senzorska svojstva i povećala sveukupna kvaliteta jela i u tu svrhu koriste se različite tehnike i sastojci koji možda nisu novi u prehrambenoj industriji, ali su novi u pripremi jela u kuhinjama.

2.2.1. *Sous-vide*

Primjena tehnike *sous - vide* pri toplinskoj obradi namirnica prisutna je odavno kao dio proizvodnje komercijalne hrane zbog svoje ekonomičnosti, sigurnosti i učinkovitosti, no tek od nedavno postaje dio kulinarskih tehnika u restoranima vrhunske gastronomije. Moderna era *sous-videa* započinje ranih 1970-ih godina kada je francuski biokemičar i mikrobiolog, Bruno Goussault pri nižim temperaturama kroz dulje vrijeme pripremio goveđi odrezak u vakuumskim vrećicama te dobio mekan i sočan komad mesa (Kilibarda i sur., 2018).

Svaka vrsta namirnica se toplinski obrađuje pri točno određenoj temperaturi ovisno o tome kakvo se jelo na kraju želi dobiti i koja se svojstva žele naglasiti (tablica 1).

Tablica 1. Temperature *sous-vide* obrade različitih vrsta namirnica (Caporaso N, Formisano D, 2016; Baldwin, 2010)

Vrsta namirnice	Temperatura <i>sous-vide</i> obrade (°C)	Vrijeme <i>sous-vide</i> obrade (h)
GOVEDINA		
File	60 – 63	1 – 2 ½
But, koljenica, plećka	55 – 60	48 – 72
Trbušina		24 – 48
Hamburger (do 25 mm debljine)		1 – 2 ½
SVINJETINA		
File	55 – 60	2 – 4
Kotlet		6 – 8
Šunka	55 – 60	5 ½ - 9
OSTALO MESO		
Pileća prsa	63,5	2 – 3
Pileći batak	71	4 – 6
Pureća prsa	60	2 ½ - 3 ½
Pureći i pačji batak	80	8 – 12
RIBA I MORSKI PLODOVI		Vrijeme <i>sous-vide</i> obrade (min)
Jastog, Jakobove kapice	56,5	30 – 40
Škampi	60	
Losos	60	
Palamida	70	
Atlantska skuša	70-90	
VOĆE I POVRĆE		
Cikla	85	90 – 120
Mrkva		30 – 50
Repa		30 – 60
Cvjetača		25 – 35
Brokula		30 – 45
Kupus		

Tablica 1. Temperature *sous-vide* obrade različitih vrsta namirnica (Caporaso N, Formisano D, 2016; Baldwin, 2010) - nastavak

Vrsta namirnice	Temperatura <i>sous-vide</i> obrade (°C)	Vrijeme <i>sous-vide</i> obrade (min)
VOĆE I POVRĆE		
Kukuruz	85	30 – 45
Tikvica		
Luk		60 – 90
Poriluk		45 – 60
Šparoga		
Tikva	80	60 – 90
Krumpir		
Grašak		30 – 40
Suhi grah	90	90
Jabuka	85	30 – 40

Prilikom pripreme mesa pri nižim temperaturama zadržava se sočnost i mekoća mesa te privlačnija boja. Obrada mesa pri nižim temperaturama se izvodi tehnikom *sous-vide* kod koje se namirnica stavlja u plastičnu vrećicu što omogućuju uklanjanje zraka, te to poboljšava ujednačenost zagrijavanja i izbjegava stvaranje neželjenog okusa koji ovisi o kisiku. Uklanjanje kisika prilikom pripreme dobro djeluje i na povrće. Ovom tehnikom se produžuje vrijeme pripreme hrane, ali su rezultati ovakve pripreme bolji u odnosu na tradicionalnu bržu pripremu. Svaka vrsta mesa ima svoju optimalnu temperaturu i vrijeme pripreme *sous-vide* tehnikom. Za ispravnu pripremu svinjskog mesa optimalna temperatura je 55-60 °C. Temperatura od 56.5 °C se primjenjuje kod pripreme govedine, mesa bizona, janjetine i svinjskih kotleta. Ista temperatura odgovara određenim vrstama ribe kao što su jastog i školjke Jakobove kapice. Temperatura pripreme se povisuje sa povećanjem čvrstoće mesa, tako da se za pileća i pureća prsa primjenjuje temperatura od 60 °C, dok je za pileći batak potreban 71 °C. Nasuprot tome, za ribu se primjenjuje niža temperatura. Na slici 3 prikazan je losos pripremljen tehnikom *sous-vide* pri 41 °C kroz 25 minuta.



Slika 3. Losos pripremljen *sous-vide* tehnikom (Myhrvold i sur., 2011)

Temperatura za *sous-vide* pripremu povrća i voća je između 80 i 90 °C, ali vrijeme varira od 30 minuta do 4 sata ovisno o vrsti koja se priprema (Baldwin, 2010). Prema García-Segovia i suradnicima (2007) tekstura je parametar na koji najviše utječe dugo kuhanje mesa na umjerenim temperaturama. Prema njihovoj studiji, dulje vrijeme kuhanja dovodi do solubilizacije kolagena, većeg stvaranja želatine i smanjenja žilavosti mesa.

Primjer jela pripremljenog ovom tehnikom je meso prilagođeno ljudima sa smanjenom žvačnom snagom i propadanjem zuba. Prema podacima Europske komisije (FAO, 2019), 1/5 europskog stanovništva čine odrasli stariji od 65 godina kojima je potrebno omogućiti zdravo starenje. Dugovječnost se može osigurati pravilnom prehranom bogatom nutrijentima i proteinima za održavanje tjelesne mase. Najčešći problem je žvakanje i probava tvrdih namirnica kao što je meso. Jedna od značajki *sous-vide* pripreme mesa je mekoća. Dakle, *sous-vide* se može koristiti za proizvodnju mesnih jela prilagođenih ovoj populacijskoj skupini. Botinestean i suradnici (2021) su proučavali utjecaj pripreme goveđeg mesa *sous-vide* tehnikom i obradom papainom na teksturu i boju mesa. Rezultati su pokazali da je optimalno vrijeme *sous-vide* pripreme 120 min sa dodatkom minimalne količine papaina od 0,01 g na 100 g mesa. *Sous-vide* pripremom i dodatkom papaina se smanjila žilavost mesa te je postignuta poželjna boja mesa.

Jaje može biti kuhano u vodi pri temperaturi od 65 °C ako se želi dobiti koagulirani bjelanjak, a da žumanjak ostane tekući zahvaljujući različitim temperaturama koaguliranja pojedinih proteina jaja (tablica 2).

Tablica 2. Temperature denaturacije proteina jaja (This, 2009)

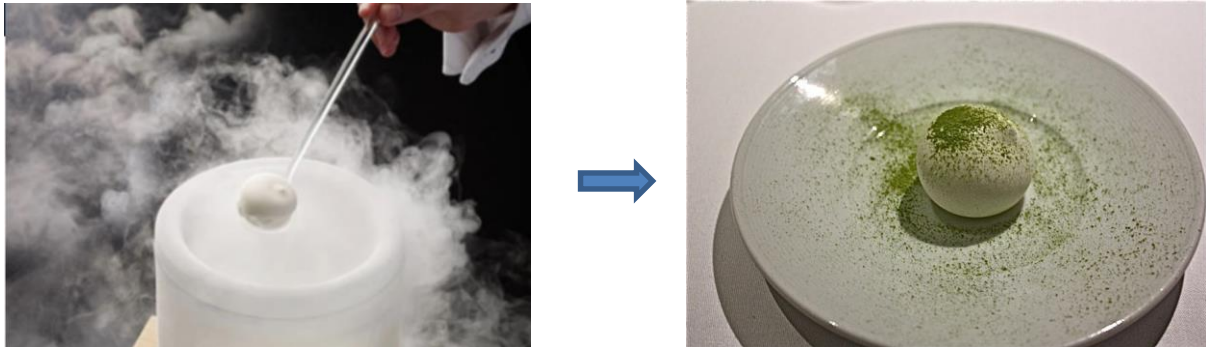
Proteini		Temperatura denaturacije (°C)
	bjelanjak	
ovotransferin		61
ovomukoid		70
lizozim		75
ovalbumin		84,5
	žumanjak	
Lipoproteini niske gustoće (LDL)		70
Lipoproteini visoke gustoće (HDL)		72
Livetini		80
fosfitin		Više od 140

2.2.2. Priprema jela tekućim dušikom

Plinoviti dušik kondenzira kada se dovede do niske temperature (-195,76 °C). Entalpija pohranjena tijekom ovog procesa može se iskoristiti za brzo zamrzavanje namirnica. Pomoću tekućeg dušika utječe se na brzinu smrzavanja leda koja je u funkciji brzine uklanjanja topline kao i brzine difuzije vode iz otopine. Brzim zamrzavanjem nastaje veliki broj malih kristala leda, a kristali su jednoliko formirani u stanici i izvan stanice te zbog toga ne dolazi do deformiranja stanice. Primjenom tekućeg dušika fronta leda prodire brzinom većom od 5 cm/h, čime se održava stanična struktura hrane (Herceg i sur., 2009).

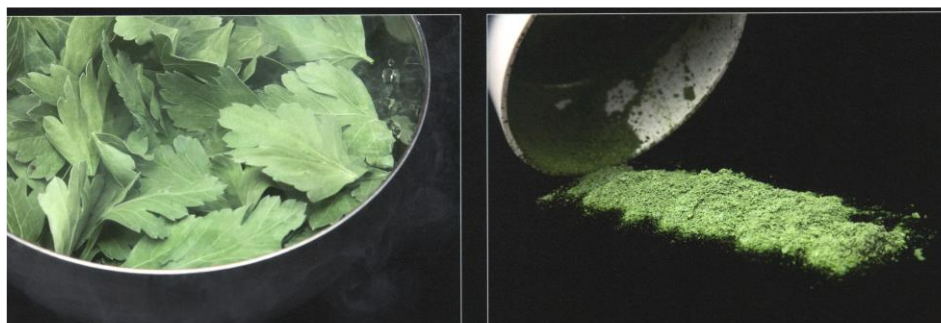
U molekularnoj kuhinji tekući dušik koristi se za stvaranje posebno atraktivnih jela i jedinstvenih kombinacija. Na primjer, Heston Blumenthal je 2001. godine za potrebe svog restorana Fat Duck osmislio mousse koji se priprema poširanjem pjene u tekućem dušiku, a sastoji se od nekoliko pomno odabranih sastojaka: zeleni čaj, sok od limete, jabučna kiselina i votke (slika 4). Mousse se konzumira prije jela ili između dva slijeda jela. Postoji razlog zašto se koriste baš ti sastojci; polifenoli iz zelenog čaja osvježavaju dah, kiselost soka limete i

jabučne kiseline draže usta, a alkohol iz votke raspršuje masnoću i poboljšava percepciju okusa. Niska temperatura pruža izraženiji vizualni i taktilni doživljaj jela.



Slika 4. Poširanje tekućim dušikom: „Nitro Poached Green Tea and Lime Mousse“ (Blumenthal, 2008)

Tekući dušik može se koristiti za mljevenje začina te se na taj način bolje čuvaju hlapivi spojevi koji su nositelji boje i arome i sprječava oksidacija ulja (slika 5) (Balasubramanian i sur., 2012). Također se često koristi i za ribanje (engl. cryo-grating) i tanko narezivanje (engl. cryo-slicing).



Slika 5. Kriomljevanje začina (Myhrvold i sur., 2011)

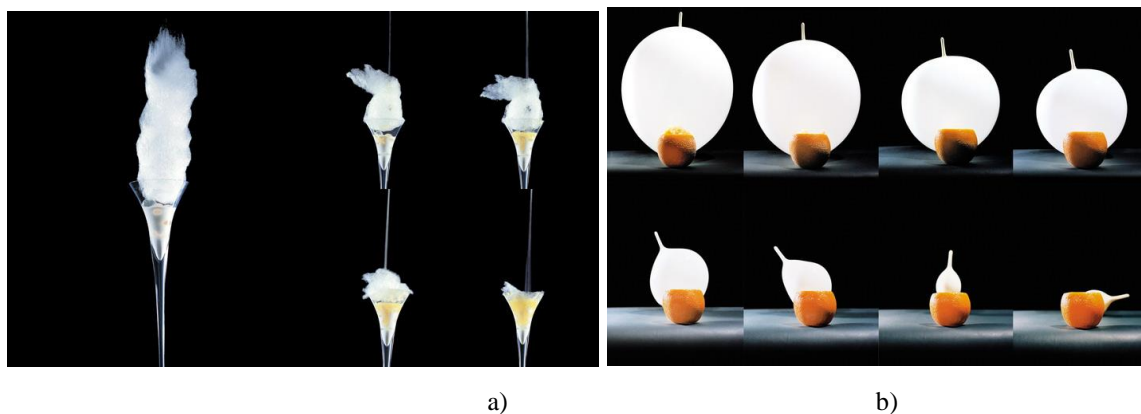
Tekući dušik koristi se i za pripremu sladoleda koji ima glatku teksturu zbog brzog zamrzavanja i manjih kristala leda. Priprema „instant“ sladoleda s tekućim dušikom za stolom u restoranu uvijek je poseban doživljaj za goste. Brzom izradom sladoleda postiže se vrlo glatka i kremasta

tekstura. Poznato je da se konzumacijom mogu detektirati krute čestice veličine 1/500 milimetra, a kako bi se postigla tekstura u kojoj se ne osjete krute čestice, potrebno je brzo zamrzavanje. Naime, čim se formiraju kristali leda, oni također počinju rasti. U prvih nekoliko minuta nakon pripreme sladoleda, ukupna prosječna veličina kristala brzo će se povećati kako se najmanji kristali tope, a oni veći rastu. Dakle, važno je osigurati da se kristalizacija odvija na što je moguće nižoj temperaturi (dodavanjem i miješanjem tekućeg dušika što je brže moguće, postizujući najveću moguću brzinu hlađenja) i poslužiti je što je prije moguće nakon zamrzavanja (ali ne smije se poslužiti dok sav tekući dušik ne ispari).

Kako bi se postigli najbolji rezultati, iznimno je važno znati koliko je tekućeg dušika potrebno za zamrzavanje količine sladoleda koji se priprema, a to ovisi o brojnim čimbenicima kao što su sastav sladoledne smjese (udio vode, udio masti), količina dušika koja ispari u okolnu atmosferu i za hlađenje smjese za sladoled. Prema Barham-u (2021) potrebno je oko 0,8 litara tekućeg dušika za pripremu 1 litre sladoleda.

Potreban je oprez prilikom korištenja tekućeg dušika jer može naštetiti raznim organskim sustavima pogotovo ako nije u potpunosti ispario.

Tijekom proteklih desetak godina mnogi su barovi počeli pripremati koktele i sorbete s tekućim dušikom. Nekoliko kapi tekućeg dušika dodanih koktelu daju privlačan vizualni dimni efekt (slika 6). Međutim, iznimno je važno da svatko tko koristi tekući dušik na ovaj način bude vrlo svjestan rizika i mora osigurati da su svi tragovi tekućeg dušika isparili prije konzumiranja koktela.



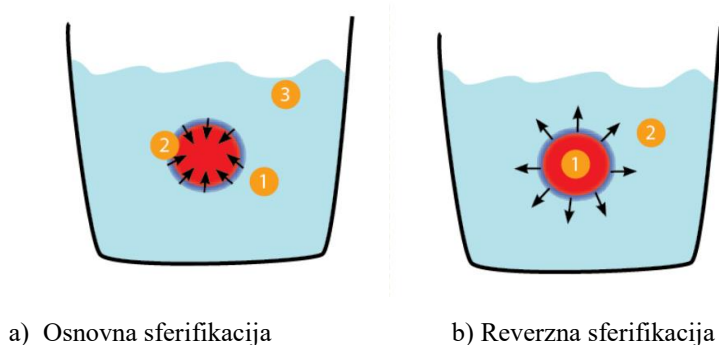
Slika 6. Priprema a) koktela i b) sorbeta s tekućim dušikom (Adria i sur, 2006)

2.2.3. Sferifikacija

Kapsuliranje je metoda kojom se inkorporiraju različiti sastojci hrane (vitamini, minerali, tvari arome) u kapsule. Primjena ove tehnike je u stalnom porastu u prehrambenoj industriji jer se kapsulirani materijal na taj način štiti od nepoželjnih vanjskih uvjeta (voda, temperatura, pH) koji utječu na njihovu stabilnost i održivost. Kapsuliranje također služi za „maskiranje“ nepoželjnih mirisa i okusa pojedinih sastojaka hrane.

Sferifikacija (engl. spherification) bi se mogla razmatrati u širem smislu kao metoda kapsuliranja u obliku kuglica. Dvije su vrste sferifikacije (Sivakumaran i Prabodhani, 2018). Osnovna sferifikacija je proces u kojem se središnji tekući dio miješa s natrijevim alginatom (najkorišteniji hidrokolid dobiven iz smeđih algi) te se injektira u otopinu kalcija s kojim će tvoriti trodimenzionalnu mrežu gela. Ta metoda nije najbolje rješenje jer će se trodimenzionalna mreža prostirati kroz cijelu kuglicu od vanjske strane prema sredini, a cilj je da unutrašnjost ostane tekuća.

Reverzna sferifikacija je suprotan proces, tekućina koju želimo imati u središtu sfere se pomiješa sa kalcijem i onda lagano dodaje u otopinu natrijeva alginata u kojoj ostaju formirane kapljice obavijene gelom (slika 7).



Slika 7. Razlika između osnovne i reverzne sferifikacije: a) Osnovna sferifikacija
b) Reverzna sferifikacija (Tsai i sur, 2017)

Sferifikacija i geliranje se primjenjuju za formulaciju novih prehrambenih proizvoda ili funkcionalne hrane ili za optimiziranje osjetilnih aspekata dodavanjem novih aroma i okusa. Španjolski šef kuhinje Ferran Adrià je usavršio proces reverzne sferifikacije. Kao glavnu

sirovinu je koristio maslinovo ulje. Maslinovo ulje pomiješano s kalcijem formiralo je sferu u otopini alginata. Izazovi vezani za sferifikaciju uključuju izbor točne kiselosti i koncentracija kalcija, te najprikladnije gustoće otopine i koncentracije tvari za okus. Također je važno znati optimalan omjer između svih sastojaka kako bi sfere ostale stabilne. Predložena metoda je bila pogodna za proizvodnju kapsula s uljnom jezgrom. Proces se može koristiti za izradu, na primjer, malih kuglica sa čvrstom vanjskom ovojnicom i tekućim središtem koji izgledaju i imaju teksturu sličnu kavijaru, ali imaju bilo koji odabrani okus. Jedan primjer korištenja ove tehnike u restoranu su kuglaste zelene "masline" koje se poslužuju na žlici u El Bulli-ju (slika 8).



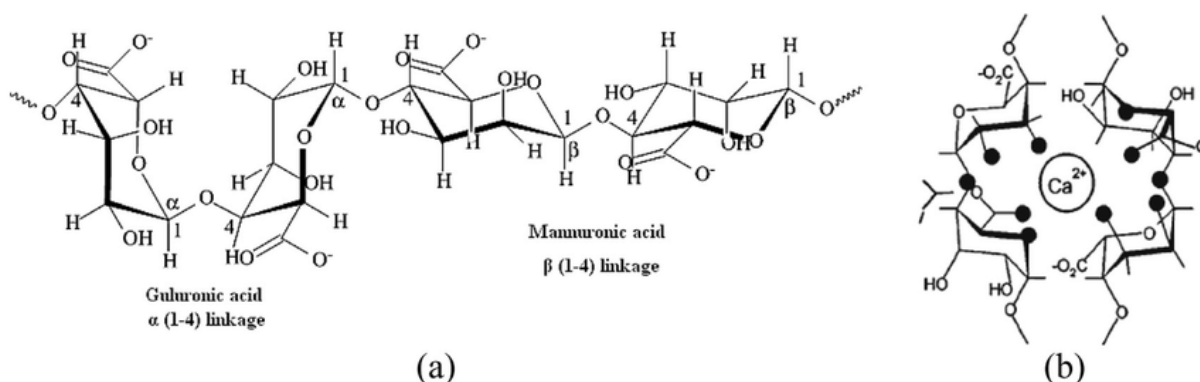
Slika 8. Crne i zelene "masline" pripremljene tehnikom sferifikacije (Adrià i sur., 2014)

Kapsuliranje se često koristi kod sušenja eteričnih ulja kako bi fenoli i druge aktivne tvari ostale sadržane i očuvane u „kapsuli“ koja može biti građena od raznih spojeva biljnog ili životinjskog podrijetla. Najčešće se koriste maltodekstrin, agar guma i proteini soje kao vanjska ovojnica za čuvanje ulja. Zbog svoje široke upotrebe i cijenjenih svojstava, kapsulaciji se podvrgnulo maslinovo ulje kako bi se mogao koristiti u obliku praha. Prema istraživanju Guiné i sur. (2013), maslinovo ulje se miješa sa maltodekstrinom kako bi se dobio kruti oblik te je dovoljno da granule dođu u kontakt sa tekućinom i ulje opet pređe u tekući oblik. Pozitivna strana stvaranja granula od maslinovog ulja je ta što se mogu dodavati različite arome, kao što je češnjak, origano i peršin i na taj način koristiti se u svim jelima kao i kada je u tekućem obliku sa istim svojstvima. Ulje u prahu je predviđeno da se jede sirovo tj. da se ne obrađuje ni na jedan drugi način.

2.2.4. Želiranje

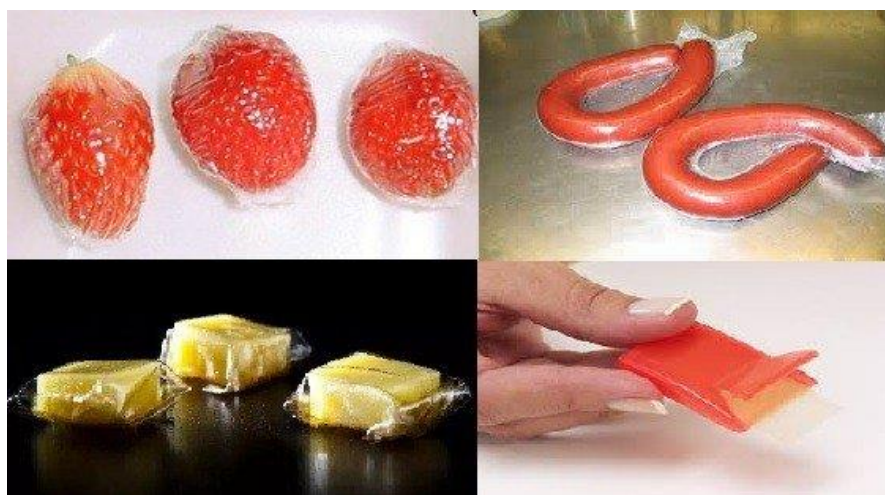
Želiranje je proces udruživanja dugih polimernih lanaca koji stvaraju trodimenzionalnu mrežu otpornu na tečenje pod djelovanjem pritiska. Do stvaranja gela može doći pod utjecajem povišene temperature, tlaka i divalentnih kationa. Koncentracija molekula koje čine polimernu mrežu ovisi o njihovoj molekularnoj masi - kraće (manja molekularna masa) molekule trebaju biti u višoj koncentraciji. Zbog tih razlika u koncentraciji molekula, želatinski gelovi se mogu formirati i otopiti u velikim temperaturnim rasponima. Prirodni biopolimeri koji imaju sposobnost otapanja i dispergiranja u vodi zovu se hidrokoloidi. Na sebe vežu velike količine vode pri čemu bubre i mijenjaju viskoznost sredine ili stvaraju gelove čvrste strukture (Lelas V, 2008). Ovaj fenomen je važan u kulinarstvu i prehrambenoj industriji budući da pridonosi reološkim i teksturnim svojstvima hrane. U suvremenom kuhanju najkorišteniji prirodni biopolimeri su natrij alginat i karagenan dobiveni iz algi, pektin, škrob i celuloza dobivenih iz biljaka i agar-agara, s različitim fizičkim i kemijskim svojstvima.

Najvažnija značajka alginata je upravo to da ima sposobnost tvorbe gela u prisutnosti divalentnih ili polivalentnih iona od kojih je najvažniji kalcijev ion koji se i koristi prilikom sferifikacije. Alginati se sastoje od guluronske i manuronske kiseline međusobno povezane α -glikozidnom vezom (slika 9).



Slika 9. (a) Strukturna formula alginata (b) Interakcija između kalcijevih kationa i atoma kisika guluronske kiseline (Moghaddam i sur., 2014)

Otapanje soli alginske kiseline moguće je u vodenim otopinama ili suspenzijama čiji je pH blizu 7. Snižanjem pH smanjuje se i topljivost soli alginske kiseline te kod pH nižeg od 3,5 dolazi do njihovog taloženja. Upotreba alginata je raširena u prehrambenoj industriji u proizvodnji sladoleda, krema, pekarskih proizvoda i dr. (Lelas, 2008). U posljednje vrijeme se radi na proizvodnji biofilmova za produženje trajnosti proizvoda. Alginat je jedan od glavnih spojeva kojima bi se oblagala hrana (uglavnom voće i povrće, slika 10) uz dodatak drugih spojeva kako bi se poboljšala svojstva takvih filmova, npr. aloe vera i ulje češnjaka (Abdel Aziz i Salama, 2021).



Slika 10. Jestivi filmovi od alginata (Cabrera i sur., 2020)

Karagenan se proizvodi iz crvenih morskih algi (*Chondrus crispus*, *Gigartina radula*, *Euchema cottoni*), a kemijski su to sulfatni esteri galaktoze i 3,6- anhidrogalaktoze. Postoje tri vrste karagena – kapa, iota i lambda, a razlikuju se prema broju i položaju sulfatnih skupina. Topivost karagena se povećava povišenjem temperature te svojstva otapanja ovise o stupnju sulfatiranja, odnosno, što je karagen više sulfatiran, to ima bolju topljivost. Lambda karagen ne želira nego povećava viskoznost otopina, iota karagen zahtjeva prisutnost kalcijevih iona da bi došlo do stvaranja gela i kapa karagen želira u fazi hlađenja ako su prisutni kalijeve ioni ili proteini u otopini. Karagen se mnogo upotrebljava u proizvodima na bazi mlijeka kao što su sladoled, želirani mliječni proizvodi, čokoladno mlijeko zbog interakcije s proteinima mlijeka i kalcijem (Lelas, 2008).

Agar – agar se dobiva ekstrakcijom iz morskih alga. Kemijski je to ester sulfatne kiseline i galaktoze (galaktosulfat) u kojega je odnos sulfatne grupe i galaktoze (prisutni su i D i L oblici) 1:53. Agar – agar je bez boje i mirisa i netopiv je u hladnoj vodi dok u toploj vodi već u malim koncentracijama tvori stabilan gel. Koristi se kao stabilizator u proizvodnji suspenzija, kao sredstvo za želiranje i proizvodnju emulzija (Lelas, 2008). U kombinaciji sa caruba gumom postaje elastičan pa se može koristiti kao dodatak preljevima ili glazurama za slastice, a u kombinaciji sa guar gumom stvara čvrsti gel. Brzo dehidrira ako se pusti nezaštićen na zraku pa se kao takav može koristiti za proizvodnju jestivih filmova.

Škrob se nalazi u biljkama u obliku škrobnih zrnaca. Vanjski dio zrnca je sastavljen od amilopektina (70%), a unutarnji od amiloze (30%). Oba polisaharida potpunom hidrolizom daju D-glukozu. Amilopektin je razgranata molekula koja se grana u prosjeku nakon svakih 25 jedinica glukoze. Molekula amiloze je lanac oblika uzvojnice i jedinice glukoze su povezane α -1,4 glikozidnom vezom. Ona brže stvara gelove zbog svoje linearne strukture koja lakše stvara trodimenzionalnu mrežu gela. Također, zbog svoje linearne strukture, molekule amiloze pokazuju izrazitu tendenciju asocijacije pri čemu se stvoreni mikrokristali talože. To svojstvo nije poželjno pa kako bi se izbjeglo asociiranje OH skupina preko vodikovih veza, škrob se modificira tako da se molekulama uvedu fosfatni i acetatni radikali koji se vežu na bočne OH skupine i blokiraju njihovu asocijaciju (Lelas V, 2008). Na slici 11 je prikazan Bouchée ultra pripremljen od koaguliranih proteina ribe, triglicerida, kukuruznog škroba, glukoze, kuhinjske soli i tvari koje daju osjećaj svježine (najčešće se dobivaju maceracijom krastavaca).



Slika 11. Bouchée ultra (This, 2014)

Izvor škroba može biti korjenasto povrće (krumpir, tapioka, kuzu) ili žitarice (pšenica, kukuruz, riža). Za potrebe molekularne gastronomije važno je znati da je škrob iz korjenastog povrća proziran i ne utječe na okus hrane dok škrob iz žitarica u većim količinama ima snažnu aromu te je bijele boje tako da dolazi do zamućenja prilikom korištenja. Škrob biljke kuzu je specifičan jer nema istu strukturu kao škrob iz drugih izvora. Razlika je u tome što kuzu škrob ima želatinastu strukturu dok je poznato da je škrob ostalih vrsta kremast i ljepljiv. Kuzu nije osjetljiv na visoke temperature tako da se može dodati na početku pripreme jela i nastaviti dalje procesirati na visokim temperaturama. Primjer gdje se koristi u molekularnoj kuhinji je za pripremu vrlo efektnog kristalnog kruha (slika 12).



Slika 12. Kristalni kruh (Adrià i sur, 2014)

Pektin je makromolekula sastavljen od jedinica D-galakturonske kiseline povezanih α -1,4 glikozidnom vezom. Neke su karboksilne skupine esterificirane metanolom, a stupanj esterifikacije (DE) određuje funkcionalna svojstva pektina. Pektin je prisutan u svim biljkama, a komercijalni pektin se proizvodi iz kore citrusa ili jabuka. Pektini čiji je DE veći od 50% koriste se za želiranje proizvoda na bazi voća visokog udjela suhe tvari jer imaju sposobnost stvaranja gelova u vodenim otopinama visokog udjela suhe tvari i niske pH-vrijednosti. Nisko esterificirani pektini čiji je DE manji od 50% koriste se za proizvodnju džemova i želea sa smanjenim udjelom šećera, voćnog jogurta, sladoleda i slično jer imaju sposobnost stvaranja gelova u otopinama manjeg udjela suhe tvari. Stvaranje pektinske mreže ovisi o pH vrijednosti sredine i udjelu šećera. Kiselost utječe na stupanj disocijacije karboksilnih skupina dok visoki udio šećera ima ulogu u vezanju vode. Dakle, doći će do tvorbe gela pri pH manjem od 3,5 i udjelu šećera većem od 55%. (Lelas, 2008). Na slici 13 prikazana je slastica od manga, pistacije i bijele čokolade pripremljena sa nisko esterificiranim pektinom.



Slika 13. Slastica od manga, pistacije i bijele čokolade pripremljena sa nisko esterificiranim pektinom (Alicia, 2015)

Pektin se može koristiti kao dodatak bezalkoholnim pićima sa smanjenim udjelom šećera kako bi se poboljšala tekstura koja se inače dobije određenom koncentracijom šećera. Pektin se može koristiti za kontrolu veličine kristala leda u sorbetima ili sladoledu. Pektin ima i druge namjene u mliječnoj industriji. Visoko esterificirani pektin će spriječiti agregaciju kazeina zagrijavanjem pri pH vrijednosti nižoj od 4,3. Stoga se može koristiti kao stabilizator za tekuće jogurte te za mješavine mlijeka i voćnih sokova. Također će stabilizirati zakiseljeni napitak soje i proizvode na bazi sirutke, gdje se sprječava taloženje proteina (May, 1990).

Potrebno je poznavanje svojstava hidrokoloida, kao što je topljivost, na koji način zagrijavanje utječe na sposobnost stvaranja gelova te kakve teksture i izgled gelova omogućuju, kako bi se pravilno znali upotrijebiti pri molekularnom kuhanju. Dobro poznavanje svih sredstva za geliranje i stabilizatora omogućuje šefovima *kuhinja* da osmisle i naprave jelo kao što su prozirni ravioli. Prozirne raviole je osmislio Ferran Adrià 2009. godine te su tako postali jedan od simbola njegovog restorana El Bulli. Prozirni ravioli se sastoje od jestivog filma napravljenog od

vode, sojinog lecitina i škroba. Film se topi u dodiru s vodom, ali s uljem ostaje stabilan tako da može sadržavati maslinovo ulje i razna punjenja (slika 14).



Slika 14. Prozirni raviol (Adria i sur, 2014)

Izbor sredstva za geliranje je raznolik te se biraju prema željenim konačnim svojstvima jela i načinu njegove pripreme kako bi iskorištenje bilo maksimalno. Tako će se na primjer agar koristiti kada je potrebno zadržati čvrstoću pri visokim temperaturama, a alginat kada je potrebno stvoriti samo „koru“ na površini kapljica u tekućem stanju.

2.2.5. Ekstrakcija i destilacija

Kruto-tekuća ekstrakcija predstavlja metodu velike primjenjivosti za izolaciju glavnih sastojaka hrane, kao što su šećer ili biljna ulja, te za izdvajanje specifičnih spojeva. Koristi se za ekstrakciju boja i aroma iz dijelova biljaka, životinjskih tkiva, kora, rakova, kukaca i mikroorganizama kako bi se dodala u jela i učinila ih aromatičnima. Umaci čine osnovicu zapadne kuhinje, a temeljci čine osnovicu većine umaka. Priprema temeljaca sastoji se od izdvajanja okusa i arome mesa, morskih plodova, povrća ili nekih drugih kombinacija ovih sastojaka. Brzina difuzije neke tvari u danom smjeru proporcionalna je njezinu koncentracijskom gradijentu (1. Fickov zakon difuzije), a općenito se povećava s porastom temperature (jer se čestice gibaju brže) i smanjuje s porastom gustoće. Na brzinu ekstrakcije utječe i usitnjenost namirnice. Tako na primjer, što su manji komadi hrane korišteni za pripremu temeljca, brže migriraju tvari okusa iz hrane u temeljac. Razlika u brzini ekstrakcije ovisi o kvadratu najmanjih dimenzija komada, pa usitnjavanje namirnice na pola ubrzava ekstrakciju tvari okusa četiri puta.

Destilacija se koristi za proizvodnju čistih kemijskih spojeva, tekućina i plinova kako bi se mogli prodavati i dalje koristiti u druge namjene. Najčešće se destilacija koristi za proizvodnju alkohola i deodorizaciju masti i ulja. U molekularnoj gastronomiji se destilacija koristi za proizvodnju aromatičnih ekstrakata tj. esencijalnih ulja iz različitih izvora (lišće, cvijet, drvo) kako bi se onda dodavali jelima kao zasebna komponenta. Kada se pomiješa nepolarno otapalo s hranom, nastaju polučvrsti ili pastozni oblici tvari koji se nazivaju uljne smole, a te tvari sadrže voskove i smole koji su bili u hrani kao i ekstrahirana aromatična ulja. Nakon provedene ekstrakcije nepolarno otapalo se mora ukloniti, obično destilacijom ili isparavanjem.

2.2.6. Emulgiranje

Većina namirnica su zapravo kompleksne mikrostrukture koje se sastoje od više faza. Sastoje se od jedne ili više dispergiranih faza okruženih kontinuiranom fazom ili matriksom. Takvi sustavi se općenito nazivaju disperznim sustavima - koloidima, a ovisno o vrsti faza koje čine te sustave dijele se na: *tekući aerosol* (kapljevina dispergirana u plinu), *čvrsti aerosol* (čvrste čestice dispergirane u plinu), *pjena* (plin dispergirani u kapljevini), *emulzija* (kapljevina dispergirana u kapljevini), *sol*, *koloidna suspenzija* ili *pasta* (čvrste čestice dispergirane u kapljevini), *čvrsta pjena* (mjehurići plina dispergirani u čvrstoj fazi). Dobro poznavanje svojstava takvih koloidnih sustava omogućuje kuharima kreiranje jela sa željenim karakteristikama. Emulgirani sustavi su fundamentalno metastabilni, te je stoga važno razumjeti temeljne fizičke principe te nestabilnosti. To omogućuje produljenje roka trajanja, zadržavanje arome, okusa, tekstura jela. Kako bi faze unutar namirnica ostale stabilne šefovi koriste emulgatore. Molekule tih tvari smanjuju površinsku napetost između faza te to smanjuje i njihovo odvajanje. Dodatak stabilizatora olakšava stvaranje emulzija i njihovo održavanje. Određene namirnice već same po sebi imaju u svome sastavu tvari koje ih čine dobrim emulgatorima te se pravilnom kombinacijom sastojaka mogu dobiti stabilna jela upotrebom samo prirodnih emulgatora (tablica 3).

Tablica 3. Tvari koje se često koriste u svrhu emulgiranja (Barham i sur. 2010)

SASTOJAK	TVAR KOJA IMA SVOJSTVO EMULGIRANJA
žutanjak	fosfolipid (lecitin)
bjelanjak	globularni proteini
sirutka u prahu	proteini sirutke
mlijeko u prahu	kazeini i proteini sirutke
zrno soje	fosfolipidi i proteini
sjeme gorušice (posebno žute)	sluz gorušice (guma sastavljena uglavnom od polisaharida)
laneno sjeme	sluz sjemenki lana (polisaharidi), djeluju kao zgušnjivači

U tablici 3 su nabrojane uobičajene namirnice i spojevi u njihovom sastavu koji su zaslužni za njihova emulgirajuća svojstva. Emulgirajuća svojstva imaju svi kemijski spojevi čija je molekula izgrađena iz jednoga hidrofilnog – polarnog dijela i hidrofobnog (lipofilnog) – nepolarnog dijela. Najviše upotrebljavani prirodni emulgator je lecitin. Osim njega, rabe se

monogliceridi i digliceridi octene, limunske, mliječne i drugih kiselina, poliglicerol esteri masnih kiselina, propilen glikolesteri masnih kiselina, sorbitan esteri masnih kiselina i drugi (Lelas, 2008).

Tablica 4. Funkcija emulgatora u određenoj hrani (Hasenhuettl i Hartel, 2016)

FUNKCIJA	EMULGATOR	PRIMJER HRANE
Prozračivanje pjene/stabilizacija	Esteri propilen glikola	Torte i tučeni preljevi
Stabilizacija disperzije	Mono/digliceridi	Maslac od kikirikija
Zamućenje	Estera poliglicerola	Citrus napitak
Inhibicija kristala	Esteri poliglicerola	Preljevi za salate
Neljepljivost	Lecitin	Slatkiši
Modifikacija viskoznosti	Lecitin	Čokolada
Kontrola aglomeracije masti	Polisorbat 80, poliglicerol, Esteri	Sladoled, tučeni preljevi
Poboljšanje sjaja	Sorbitan monostearat, Esteri poliglicerola	Premazi za slastice

U tablici 4 su nabrojani najkorišteniji emulgatori i njihova uloga u proizvodima kojima se dodaju. Hansenhuettl i Hartel (2019) su izdvojili skupine namirnica u kojima se emulgatori najviše koriste, a to su: mliječni proizvodi i njihove zamjene, hrana za dojenčad, dresinzi i umaci, pekarski proizvodi, slastice, proizvodi od mesa i drugi proizvodi kod kojih se želi smanjiti količine masti i postići bolja nutritivna kvaliteta.

Proteinski emulgatori iz biljnih izvora (na primjer proteini soje i graška) su poznati kao dobri emulgatori i prilično su dobro zastupljeni na tržištu. Ovi proteini mogu dobro emulgirati uljne sustave, ali se njihova sposobnost emulgiranja smanjuje pri vrijednostima pH nižima od 5. Brašno gorušice ima površinski aktivna svojstva koja proizlaze iz sluzi sjemena i proteina gorušice koji su slični biljkama kao što su soja i uljana repica. No, gorušica ima jaku aromu zbog koje može promijeniti okus hrane u koju se dodaje tako da je količina upotrebe ograničena. Hidrofobni škrob koji nastaje modificiranjem škroba ima zadovoljavajuća svojstva emulgiranja vezanjem za kapljice ulja te ih time stabilizira kako ne bi došlo do steričkog odbijanja i odvajanja od vodene faze (Hasenhuettl i Hartel, 2019). Aquafaba se u molekularnoj

gastronomiji koristi kao emulgator zbog svog svojstva vezanja sastojaka, stvara pjenu i koagulira na visokim temperaturama te je ujedno i alternativno rješenje za veganska jela. Otpadne vode od prerade slanutka sadrže značajne količine termostabilnih, topivih, i hidrofилnih proteina, koji pridonose svojstvima emulgiranja. Aquafaba donosi značajne količine ugljikohidrata, topivih vlakana i minerala uz povećanje koncentracije proteina (Precup i sur., 2021). Proteinski emulgatori iz biljnih izvora zamjenjuju emulgatore životinjskog podrijetla za potrošače koji su na veganskoj prehrani ili jednostavno preferiraju biljne izvore emulgatora.

Monogliceridi i njihovi derivati koriste se većinom u proizvodima na bazi masti, kao što su margarin, namazi, pekarski proizvodi i smjese za kolače. U mliječnim emulzijama mono- i digliceridi se koriste u sladoledu i vrhnju u kombinaciji s hidrokolooidima. Proteini iz mlijeka imaju ulogu emulgatora u sladoledu, ali da bi emulzije ostale stabilne i kako bi se spriječila aglomeracija masnih kapljica tijekom zamrzavanja sladoleda potreban je dodatak monoglicerida.

Destilirani monogliceridi se koriste u namirnicama bez masti ili proizvodima sa smanjenim udjelom masti. Kada se destilirani monogliceridi zagrijavaju do točke tališta s vodom nastaje gel. Struktura gela se sastoji od slojeva vode koji se izmjenjuju s lipidnim dvoslojevima. Točna temperatura stvaranja gela ovisi o duljini lanca masne kiseline i o čistoći monoglicerida. Monogliceridi se dodaju tijestu za kruh jer povećavaju fermentacijsku stabilnost tijesta. Potpuno fermentirana tijesta s dodatkom ovog emulgatora su otporna na urušavanje uslijed mehaničkih udara tijekom transporta u pekarama preko pladnjeva ili skladištenja. Također, dodatak hidratiranih monoglicerida tijestu za tjesteninu rezultirat će manjim gubicima tijekom kuhanja i smanjenom ljepljivošću kuhane tjestenine (Moonen i Bas, 2004). Postoji više derivata monoglicerida, a dijele se na dvije glavne funkcionalne vrste te se također primjenjuju uglavnom u pekarstvu (Hansenhuetl i Hartel, 2019).

Sorbitan monostearat je često korišten neionski emulgator topiv u ulju. Reakcija sorbitan estera s etilen oksidom dovodi do stvaranja emulgatora polioksietilen sorbitan monostearata ili polisorbata (PS60 ili polisorbat 60). Sorbitan esteri izvrsni su emulgatori za poboljšanje prozračnosti, sjaj i postojanost glazura i premaza. Općenito djeluju kao emulgatori, agensi za prozračivanje i kreme u kolačima, preljevima, keksima i krekerima. Polisorbat 60 često se koristi kao pojačivač tijesta u količini od oko 0,2 % mase brašna. Može se koristiti u dresinzima i preljevima kao što je npr. majoneza kao zamjena za žutanjak (Hansenhuetl i Hartel, 2019).

Lecitin je najviše upotrebljavani prirodni emulgator kojim je bogata soja i žumanjak jajeta. Komercijalno se više koristi sojin lecitin jer je stabilniji. Površinski aktivne komponente lecitina su amfifilne molekule koje pokazuju i lipofilna i hidrofилna svojstva. Lecitin osigurava značajno smanjenje viskoznosti čokolade i premaza. Na primjer, dodavanje 0,5 % lecitina u premaz daje isto smanjenje viskoznosti kao i dodatak 5 % kakao maslaca ili biljne masti. Dodatkom lecitina u smjesu, hidrofилna funkcionalna skupina u lecitinu se veže za površinu šećera dok je lipofilna skupina orijentirana na okolnu uljnu fazu. To omogućuje česticama da lakše klize jedna preko druge smanjujući viskoznost. Lecitin također ima prednost u zaštiti premaza od vlage i granulacije šećera (Hansenhuetl i Hartel, 2019). Emulgatori se u molekularnoj gastronomiji najviše koriste za proizvodnju različitih vrsta pjena posebnih aroma, boja i tekstura (Burke i sur, 2021). Na slici 15 je prikazana stabilna pjena od mrkve pripremljena s lecitinom (Adria, 2014).



Slika 15. Pjena od mrkve s lecitinom (Adria i sur, 2014)

Pjena od mrkve se priprema tako da se u sok od mrkve doda sojin lecitin te se miksanjem štapnim mikserom dobije pjena sa stabilnim mjehurićima zraka te se tako može servirati uz druge namirnice i time dobiti zanimljiv izgled i tekstura jela. Također, kod pripreme dresinga za salatu i *vinaigrette* mogu se kombinirati emulgatori i sredstva za želiranje. Tako će dodatak sojinog lecitina i ksantan gume u *vinaigrette* dati stabilan umak veće gustoće.

3. ZAKLJUČCI

1. Molekularna gastronomija je nova znanstvena disciplina koja obuhvaća razumijevanje fenomena i mehanizama transformacija hrane.
2. Za razvoj molekularne gastronomije zaslužni su fizičar Nicholas Kurti i kemičar Hervé This.
3. Priprema jela tekućim dušikom omogućuje brzo zamrzavanje i stvaranje malih kristala leda. Osim za obogaćivanje vizualnog doživljaja jela i pića, koristi se i za kriomljevenje, tanko narezivanje i ribanje namirnica osjetljive strukture.
4. *Sous vide* je tehnika pripreme jela na nižoj temperaturi u vodenoj kupelji bez prisutnosti kisika korištenjem vakuum vrećice što omogućuje očuvanje okusa i hranjivih tvari.
5. Sferifikacija je proces kojim se jedna tvar oblaže drugom tvari. Aktivna tvar se fizički omotačem odvaja od sredine u kojoj se nalazi, čime se poboljšavaju kemijska i fizička stabilnost aktivnog sastojka, omogućava formulaciju jela sa inače nekompatibilnim sastojcima te omogućava kontrolirano otpuštanje aktivne tvari.
6. Želiranje pridonosi reološkim i teksturnim svojstvima hrane. Hidrokoloidi imaju široku primjenu u molekularnoj kuhinji za postizanje željene teksture, a najčešće se koriste natrij alginat, karagenan, pektin, škrob i agar-agar.
7. Dobro poznavanje koloidnih sustava omogućuje kuharima kreiranje jela sa točno određenim svojstvima.

4. POPIS LITERATURE

- Abdel Aziz MS, Salama HE (2021). Developing multifunctional edible coatings based on alginate for active food packaging. *International Journal of Biological Macromolecules*, **190**, 837–844. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.09.0>
- Adria F, Adria A., Soler J (2006) *El Bulli Catalogue 2003-2004*, Phaidon, London
- Adria F, Adria A., Soler J (2014) *El Bulli Catalogue*, Phaidon, London.
- Alicia F (2010) *Modern Gastronomy: A to Z*, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Alicia, F. (2015) *A Chef's Guide to Gelling, Thickening, and Emulsifying Agents*
- Balasubramanian S, Gupta MK, Singh KK (2012) Cryogenics and its application with reference to spice grinding: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **52**(9), 781–794. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.509552>
- Baldwin DE (2010) *Sous vide for the home cook*, 3. izd., Paradox press, New York City, str. 27-31.
- Barham P, Skibsted LH, Bredie WLP, Frøst MB, Møller P, Risbo J, Snitkjær P, Mortensen LM (2010) Molecular gastronomy: a new emerging scientific discipline *Chemical Reviews*, **110**, 2313–2365. <https://doi.org/10.1021/cr900105w>
- Blanck JF (2007). Molecular Gastronomy: Overview of a Controversial Food Science Discipline. *Journal of Agricultural & Food Information* **8**(3), 77–85. https://doi.org/10.1300/J108v08n03_07
- Blumenthal H. (2008) *The Big Fat Duck Cookbook*, Bloomsbury Publishing.
- Botinestean C, Hossain M, Mullen AM, Kerry JP, Hamill RM (2021) The influence of the interaction of *sous-vide* cooking time and papain concentration on tenderness and technological characteristics of meat products. *Meat Science*, **177**, 108491. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108491>
- Brenner MP, Sørensen PM (2015) Biophysics of molecular gastronomy. *Cell*, **161**, 5–8. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.03.002>
- Burke RM, Kelly AL, Lavelle C, This H (2021) *Handbook of Molecular Gastronomy; Scientific Foundations, Educational Practices, and Culinary Applications*, CRC Press, New York, str. 171-180. <https://doi.org/10.1201/9780429168703>
- Cabrera G, Nešić A, Dimitrijevic-Brankovic S, Davidović S, Radovanović N, Delattre C (2020). Prospect of Polysaccharide-Based Materials as Advanced Food Packaging.

Molecules, **25**, 135. <https://doi.org/10.3390/molecules25010135>

Caporaso N, Formisano D (2016) Developments, applications, and trends of molecular gastronomy among food scientists and innovative chefs, *Food Reviews International*, **32:4**, 417-435. <https://doi.org/10.1080/87559129.2015.1094818>

CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.

García-Segovia P, Andrés-Bello A, Martínez-Monzó J (2007). Effect of cooking method on mechanical properties, color and structure of beef muscle (M. pectoralis). *Journal of Food Engineering*. **80**, 813-821. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.07.010>

Guiné R, Dias A, Peixoto A, Matos M, Gonzaga M, Silva M (2013) Application of molecular gastronomy principles to the development of a powdered olive oil and market study aiming at its commercialization. *International Journal of Gastronomy and Food Science* **1**, 101–106. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2013.05.001>

Hasenhuettl GL, Hartel RW (2019). Food emulsifiers and their applications, 3.izd., Springer, str. 299 – 312.

Herceg Z, Režek Jambrak A, Rimac Brnčić S, Krešić G (2009). Procesi konzerviranja hrane: Novi postupci - Tehnička knjiga, Zagreb.

Kilibarda N, Brdar I, Baltić B, Marković V, Mahmutović H, Karabasil N i sur. (2018). The Safety and Quality of Sous Vide Food. *Meat Technology*, **59**, 38-45. <https://doi.org/10.18485/meattech.2018.59.1.5>

Lelas V (2008) Procesi pripreme hrane, Golden marketing - Tehnička knjiga, Zagreb, str. 61-67.

May CD (1990) Industrial pectins: Sources, production and applications. *Carbohydrate Polymers*, **12**, 79-99. [http://dx.doi.org/10.1016/0144-8617\(90\)90105-2](http://dx.doi.org/10.1016/0144-8617(90)90105-2)

Moghaddam MK, Mortazavi SM, Khayamian T (2015). Preparation of calcium alginate microcapsules containing n-nonadecane by a melt coaxial electrospray method. *Journal of Electrostatics*, **73**, 56-64. <https://doi.org/10.1016/j.elstat.2014.10.013>

Moonen H, Bas H (2004). Mono- and Diglycerides. *Emulsifiers in Food Technology*, 40–58. <https://doi.org/10.1002/9780470995747.ch2>

Myhrvold N, Young C, Bilet M (2011) Modernist cuisine : The Art and Science of Cooking. The Cooking Lab, Bellevue, WA.

Precup G, Mitrea L, Călinoiu LF, Martău AG, Nemeş A, Teleky BE i sur. (2021) Gastronomy and Food Science, 1. Izd., Elsevier Inc., United Kingdom.

Sivakumaran K, Prabodhani WDMH (2018) An overview of the applications molecular

gastronomy in food industry. *International Journal of Food Science and Nutrition*, **3**, 35-40.

This H (1999) Nicholas Kurti, one of the founding fathers of Molecular Gastronomy. *Acta Physica Hungarica* **10** (1):21-28

This H (2006) Molecular gastronomy: Exploring the science of flavor. Columbia University Press, New York.

This H (2009) Molecular Gastronomy, a Scientific Look at Cooking. *Accounts of Chemical Research*, **42**, 5, 575–583

This H (2014) Note by note cooking: : the future of food. Columbia University Press, New York.

Tsai F, Chiang P, Kitamura Y, Kokawa M, Islam M (2017) Producing liquid-core hydrogel beads by reverse spherification: Effect of secondary gelation on physical properties and release characteristics. *Food Hydrocolloids*, **62**, 140-148.

Vega C, Ubbink J (2008) Molecular gastronomy: A food fad or science supporting innovative cuisine? *Trends in Food Science and Technology*, **19**, 372–382. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.200801.006>

Izjava o izvornosti

Ja Valentina Puškadija izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio/la drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

Valentina Puškadija
Vlastoručni potpis