

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Tjaša BLAZNIK

**VPLIV ZGOŠČEVALCEV NA REOLOŠKE
LASTNOSTI OMAK V PASTERIZIRANIH
OHLAJENIH GOTOVIH JEDEH**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2008

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Tjaša BLAZNIK

**VPLIV ZGOŠČEVALCEV NA REOLOŠKE LASTNOSTI OMAK V
PASTERIZIRANIH OHLAJENIH GOTOVIH JEDEH**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**THE EFFECT OF THICKENERS ON RHEOLOGICAL PROPERTIES
OF SAUCES IN PASTEURIZED CHILLED READY-TO-EAT MEALS**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2008

POPRAVKI

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija živilske tehnologije. Tehnološki del je bil opravljen v obratu proizvajalca Proconi, d.o.o. v Murski Soboti, senzorično ocenjevanje in fizikalno-kemijske ter reološke analize so bile opravljene na Katedri za tehnologijo mesa in gotovih jedi, Oddelka za živilstvo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani. Primerjalne reološke analize smo opravili v podjetju Helios, d.d. v Domžalah.

Študijska komisija Oddelka za živilstvo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Božidarja Žlenderja in za recenzentko prof. dr. Terezijo Golob.

Mentor: prof. dr. Božidar Žlender
Recenzentka: prof. dr. Terezija Golob

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat raziskovalnega dela.

Tjaša BLAZNIK

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn

DK UDK 641.887:641.51:664.22/.25(043)=163.6

KG gotove jedi/polidisperzni sistemi/omake/škrob/zgoščevalci omak/krompirjev škrob/rižev škrob/koruzni škrob/modificirani koruzni škrob/zgoščevanje omak/skladiščenje omak/senzorične lastnosti /reološke lastnosti/viskoznost/tekstura

AV BLAZNIK, Tjaša

SA ŽLENDER, Božidar (mentor)/GOLOB, Terezija (recenzentka)

KZ SI – 1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101

ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo

LI 2008

IN VPLIV ZGOŠČEVALCEV NA REOLOŠKE LASTNOSTI OMAK V
PASTERIZIRANIH OHLAJENIH GOTOVIM JEDEH

TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)

OP X, 70 str., 8 pregl., 24 sl., 99 vir.

IJ sl

JI sl/en

AI V diplomski nalogi je bil raziskan vpliv zgoščevalcev ter časa skladiščenja na reološke in senzorične lastnosti omak v pasteriziranih ohlajenih gotovih jedeh. Izbrane so bile štiri omake, ki so se razlikovale po vrsti dodanega škroba kot zgoščevalca (krompirjev, koruzni, modificirani koruzni ter rižev škrob). S senzoričnimi, reološkimi (Brookfieldov rotacijski viskozimeter, povratna ekstruzija) in fizikalno-kemijskimi metodami (merjenje pH) smo primerjali vse štiri omake drugi, triindvajseti in sedemintrideseti dan od dneva proizvodnje. Senzorična in reološka analiza sta pokazali, da vrsta zgoščevalca ter čas skladiščenja vplivata na reološko in senzorično kakovost omak. Vrsta škroba značilno vpliva na stabilnost, gostoto, homogenost, lesk, vonj, barvo ter aromo omak. Čas skladiščenja ima odločilen vpliv na lesk ter barvo omak. Rezultati merjenja viskoznosti in teksture s povratno ekstruzijo so pokazali, da so omake, zgoščene z modificiranim koruznim škrobom, najstabilnejše. Primerjava senzoričnih lastnosti z izmerjenimi parametri teksture je pokazala nizko, vendar statistično značilno povezavo. Vrednosti pH se v času skladiščenja niso bistveno spreminjale.

KEY WORD DOCUMENTATION:

DN Dn

DC UDC 641.887:641.51:664.22/.25(043)=163.6

CX ready-to-eat meals/polydispersed systems/sauces/starch/sauce thickeners/potato starch/rice starch/corn starch/modified corn starch/sauce thickening/storage/sensory properties /rheological properties /viscosity/texture

AU BLAZNIK, Tjaša

AA ŽLENDER, Božidar (supervisor)/GOLOB, Terezija (reviewer)

PP SI – Ljubljana, Jamnikarjeva 101

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Food Science and Technology

PY 2008

TI THE EFFECT OF THICKENERS ON RHEOLOGICAL PROPERTIES OF SAUCES IN PASTEURIZED CHILLED READY-TO-EAT MEALS

DT Graduation Thesis (University studies)

NO X, 70 p., 8 tab., 24 fig., 99 ref.

LA sl

AL sl/en

AB In the graduation thesis reological and sensory properties of sauces thickened with various starches and the effect of storage time were studied. Four types of sauces, differing in type of starch used, were selected (potato, corn, modified corn and rice starch). The sensory, rheological (Brookfield rotational viscosimeter, Back-extrusion test), and physicochemical (pH value measurement) were applied to compare all four types of sauces, two, twenty-three and thirty-seven days after production. Sensory and rheological analysis showed, that the use of appropriate thickener and storage time, affected rheological and sensory quality of sauces. Type of starch used for thickening significantly affected stability, density, homogeneity, gloss, smell, colour and flavour of different sauces. Storage time crucially affected gloss and colour of sauces. The best stability on basis of viscosity measurements and back-extrusion test showed sauces, thickened with modified corn starch. Corelation among sensory properties and texture parameters was moderate, but statistically significant. pH values remained unchanged in storage time.

KAZALO VSEBINE

Ključna dokumentacijska informacija	III
Key word documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
Okrajšave in simboli	X
1 UVOD	1
1.1 NAMEN DELA	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 GOTOVE JEDI	3
2.1.1 Vrste gotovih jedi.....	3
2.1.2 Tehnologije izdelave pasteuriziranih ohlajenih gotovih jedi	4
2.1.2.1 <i>Sous-vide</i> postopek	5
2.1.3 Obstočnost pasteuriziranih ohlajenih gotovih jedi	7
2.1.3.1 Vzroki kvara	7
2.1.3.2 Podaljšanje obstojnosti pasteuriziranih ohlajenih gotovih jedi	8
2.1.4 Regeneracija pasteuriziranih ohlajenih gotovih jedi.....	10
2.2 OMAKE	10
2.2.1 Vrste omak	10
2.2.2 Priprava omak	11
2.2.3 Sestava omak.....	12
2.2.3.1 Emulgatorji, stabilizatorji in zgoščevalna sredstva	12
2.2.3.2 Začimbe	12
2.2.3.3 Maščobe.....	12
2.2.4 Omake kot polidisperzne emulzije.....	13
2.2.5 Stabilnost omak	13
2.2.5.1 Emulgatorji	15
2.2.5.2 Stabilizatorji	16
2.2.5.3 Zgoščevalna sredstva.....	16
2.2.6 Obstočnost omak.....	18
2.3 ŠKROB	18
2.3.1 Zgradba in sestava škrobnih zrn	18
2.3.2 Želiranje in zgoščevanje.....	20
2.3.3 Modificirani škrobi.....	21
2.3.3.1 Metode modifikacij škrobov.....	22
2.3.3.2 Vrste modificiranih škrobov	22
2.3.4 Uporaba škroba v živilski industriji	24
2.4 REOLOŠKE LASTNOSTI OMAK	25
2.4.1 Splošno o reoloških lastnostih.....	25
2.4.2 Klasifikacija tekočin	26
2.4.2.1 Newtonske tekočine.....	26
2.4.2.2 Nenewtonske tekočine	26
2.4.3 Reometrija.....	28
2.4.3.1 Merjenje viskoznosti	29

2.4.3.2	Tekstura	31
2.4.4	Reološke lastnosti škrobnih suspenzij	33
2.4.5	Reološke lastnosti omak	33
2.4.6	Pomen reologije v živilstvu	34
2.5	SENZORIČNA KAKOVOST	35
2.5.1	Splošno o senzorični kakovosti	35
2.5.2	Senzorična analiza	35
2.5.2.1	Senzorični preskuševalci	36
2.5.2.2	Metode senzoričnega ocenjevanja	36
2.5.2.3	Pomen in uporaba senzorične analize	39
2.5.3	Senzorične lastnosti pasteriziranih ohlajenih gotovih jedi	39
2.5.4	Senzorične lastnosti omak	40
3	MATERIAL IN METODE DELA	41
3.1	MATERIAL RAZISKAVE	41
3.1.1	Vzorci za analizo	41
3.2	NAČRT POSKUSA	41
3.2.1	Predposkus	41
3.2.2	Načrt glavnega eksperimenta	42
3.2.3	Priprava vzorcev	42
3.3	METODE DELA	44
3.3.1	Senzorična analiza	44
3.3.1.1	Reološke analize omak	46
3.3.1.2	Fizikalno-kemijska analiza	48
3.3.1.3	Statistična analiza	48
4	REZULTATI	50
4.1	REZULTATI SENZORIČNE ANALIZE	50
4.2	REZULTATI REOLOŠKE ANALIZE	53
4.2.1	Rezultati merjenja viskoznosti z rotacijskim viskozimetrom	53
4.2.2	Rezultati merjenja teksture s povratno ekstruzijo	55
4.3	REZULTATI PRIMERJAVE SENZORIČNIH LASTNOSTI Z IZMERJENIMI PARAMETRI TEKSTURE	56
4.4	REZULTATI FIZIKALNO-KEMIJSKE ANALIZE	57
4.4.1	Merjenje vrednosti pH	57
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	58
5.1	RAZPRAVA	58
5.2	SKLEPI	60
5.3	POVZETEK	61
6	PREGLED VIROV	63
ZAHVALA		

KAZALO PREGLEDNIC

str.

Preglednica 1: Dodatni ukrepi za podaljšanje obstojnosti ohlajenih gotovih jedi (Rybka-Rodgers, 2001: 451)	9
Preglednica 2: Povezava teksturnih lastnosti s primarnimi parametri ter uporabljenimi izrazi (Chen, 2007: 584)	31
Preglednica 3: Rezultati senzorične analize omak, narejenih z različnimi škrobi, z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri.....	50
Preglednica 4: Vpliv vrste škroba in časa skladiščenja na senzorično kakovost omak.....	51
Preglednica 5: Primerjava izmerjene "navidezne" viskoznosti v vzorcih z različnimi vrstami škroba v treh časovnih obdobjih (Brookfieldov rotacijski viskozimeter)	53
Preglednica 6: Vpliv vrste škroba in časa skladiščenja na teksturo omak, izmerjeno s povratno ekstruzijo (Texture Analyzer TA.TX Plus).....	55
Preglednica 7: Pearsonovi korelacijski koeficienti med senzoričnimi lastnostmi in parametri texture omak (N =108)	56
Preglednica 8: Izmerjene vrednosti pH za vzorce z različnimi vrstami škrobov v treh časovnih obdobjih.....	57

KAZALO SLIK	str.
Slika 1: Primeri pakiranja posameznih komponent gotove jedi v enovit obrok (Ryynänen, 2001: 284).....	4
Slika 2: Prikaz splošnega postopka sistema tehnologije ohlajenih gotovih jedi (Skvarča, 1995: 212).....	5
Slika 3: Prikaz <i>sous- vide</i> postopka kot možnosti priprave ohlajenih gotovih jedi (Skvarča, 1995).....	6
Slika 4: Primer tehnologije omak, zgoščenih s škrobom (Recek, 2008).....	11
Slika 5: Prikaz polidisperzne emulzije (Abramovič, 2004: 20).....	13
Slika 6: Shematski prikaz nestabilnosti emulzije (Abramovič, 2004:21)	14
Slika 7: Monosloj molekul emulgatorja (Abramovič, 2004: 22)	15
Slika 8: Prikaz mikrostrukture omake, zgoščene s škrobom (McGee, 1988 : 348)	17
Slika 9: Del amilozne molekule (Fox, 1995: 105).....	19
Slika 10: Del amilopektinske molekule (Fox, 1995: 106).....	19
Slika 11: Koruzni (a), krompirjev (b), pšenični (c) in rižev škrob (d) pod elektronskim mikroskopom (Jackson, 2003: 5563)	20
Slika 12: Prikaz želiranja škroba (Buleon in Collona, 2007: 33).....	21
Slika 13: Tokovni diagram časovno neodvisnih tekočin: a– newtonska, b– psevdoplastična, c– dilatantna, d– tekočine z mejo plastičnosti (Žumer, 1999: 6).....	27
Slika 14: Skica rotacijskega viskozimetra Brookfield RVF (Černivec, 2005:1).....	30
Slika 15: Kompresijsko-ekstruzijski test (Bourne, 2002: 127).....	32
Slika 16: Primer hedonskega testa (Lawless, 1998:221).....	36
Slika 17: Primeri običajnih linearnih lestvic (Golob in sod., 2006: 40).....	37
Slika 18: Primeri intenzivnostnih lestvic (a-številčna, b-grafična, c-opisna) (Golob in sod., 2006: 40).....	37
Slika 19: Načrt poskusa	43

Slika 20: Vzorci omak (zaprte omake na levi in odprte na desni).....	44
Slika 21: Merjenje "navidezne" viskoznost z rotacijskim viskozimetrom Brookfield	46
Slika 22: Merjenje teksturnih parametrov z aparaturo Texture Analyzer TA.XT Plus.....	47
Slika 23: Značilna krivulja kompresijsko-ekstruzijskega testa	48
Slika 24: "Navidezna" viskoznosti omak, zgoščenih z različnimi vrstami škrobov	53

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

CGS = absolutni merski sistem z osnovnimi enotami za dolžino, maso in čas

KV (%) = koeficient variabilnosti

max = maksimalna vrednost

min = minimalna vrednost

N = število obravnavanj

O/V = emulzija tipa olje v vodi

V/O = emulzija tipa voda v olju

so = standardni odklon

μ = povprečna vrednost

SI = mednarodni sistem enot

1 UVOD

Omak je izdelek, s katerim lahko obogatimo okus, videz ali teksturo mnogih jedi. Uporabna je kot dodatek mesnim ali zelenjavnim jedem. Tržišče ponuja velik izbor omak, ki se med seboj razlikujejo predvsem po vrsti uporabljene osnovne omake. K pestrosti ponudbe dodatno prispevajo tudi začimbe. Osnovne sestavine omak so: voda, rastlinsko olje, emulgatorji, stabilizatorji, zgoščevalna sredstva in začimbe.

Večja osveščenost potrošnikov postavlja zahteve tudi pri proizvodnji omak. Veliki vsebnosti maščob se lahko izgonemo tako, da del maščobe nadomestimo z dodatkom zgoščevalnih sredstev. Ob dodatku ustrezne količine začimb se lahko izognemo uporabi sintetičnih antioksidantov. Omake predstavljajo izdelek z visoko dodano vrednostjo, zato morajo proizvajalci nameniti veliko pozornost tehnologiji izdelave in izboru primernih sestavin za doseg želenih lastnosti izdelka.

Pretežni del omake predstavlja voda in manjši del maščobe, zato govorimo o emulziji olja v vodi (O/V emulzija). Za stabilnost emulzije je izrednega pomena primeren izbor stabilizatorjev in zgoščevalnih sredstev, ki vplivajo na senzorične in reološke lastnosti omak. Senzorične lastnosti se lahko ob neprimernem izboru vrste ter količine stabilizatorjev in zgoščevalnih sredstev med shranjevanjem močno poslabšajo. Najpogostejše se poslabšata stabilnost in homogenost omak, lahko tudi občutek v ustih. Z daljšim skladiščenjem omaka izgubi lesk, prav tako se zmanjša intenzivnost barve, vonja in arome. Reološka stabilnost omak je povezana s postopkom izdelave ter načinom konzerviranja in skladiščenja. Vpliv stabilizatorjev in zgoščevalnih sredstev na reološke lastnosti se kaže predvsem v spremembi viskoznosti in teksture omak.

1.1 NAMEN DELA

Namen diplomske naloge je bil ugotoviti, kako različne vrste dodanih zgoščevalnih sredstev vplivajo na reološko in senzorično kakovost ter stabilnost omak, ki se uporabljajo kot dodatek pasteriziranim ohlajenim gotovim jedem. Vplive vrste škroba in spremembe v času skladiščenja smo spremljali s senzoričnimi, reološkimi in fizikalno-kemijskimi metodami. V diplomski nalogi smo proučevali štiri vrste omak, ki so se razlikovale po vrsti dodanega škroba: omaka, zgoščena s koruznim škrobom, omaka, zgoščena s krompirjevim škrobom, omaka, zgoščena z modificiranim koruznim škrobom ter omaka, zgoščena z riževim škrobom. Ugotavljali smo vpliv vrste škroba in časa skladiščenja na reološke in senzorične lastnosti omak v pasteriziranih ohlajenih gotovih jedeh. Primerjali smo tudi rezultate senzorične analize z instrumentalno izmerjenimi parametri teksture.

Predpostavili smo, da se bodo senzorične in reološke lastnosti posameznih omak v času sedemtedenskega skladiščenja razlikovale glede na uporabljeno zgoščevalno sredstvo, pri čemer naj bi krompirjev škrob izkazoval najslabše lastnosti, medtem ko naj bi bil modificirani koruzni škrob najprimernejše zgoščevalno sredstvo.

Primerjali smo rezultate senzoričnih lastnosti z instrumentalno izmerjenimi parametri teksture in predpostavili, da bo povezava med njimi visoka.

2 PREGLED OBJAV

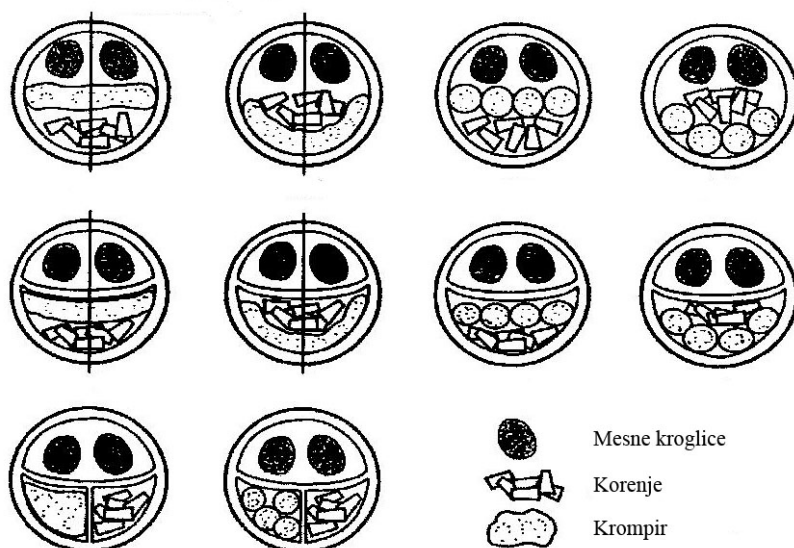
2.1 GOTOVE JEDI

Gotove jedi so izdelki, ki so med postopkom izdelave prešli vse potrebne tehnološke faze, vključno s konzerviranjem ter imajo določeno trajnost. Uživajo se lahko takoj po pripravi ali po regeneraciji (Žlender, 2005a).

2.1.1 Vrste gotovih jedi

Tehnološki postopki predpriprave in priprave so načeloma enaki za vse kategorije gotovih jedi. Glede na nadaljnje industrijske postopke (npr. pakiranje, konzerviranje, shranjevanje), ločimo naslednje vrste gotovih jedi (Žlender, 2005):

- tople gotove jedi: posamezne komponente obroka se toplotno obdelajo, porcionirajo in kombinirajo v enovit obrok. Distribucija mora potekati pri $T = 60$ do $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ v časovnem intervalu treh ur. Če je distribucija daljša, pride do poslabšanja senzoričnih lastnosti, zmanjšanja hranilne vrednosti ter do potencialnega razvoja patogenih mikroorganizmov;
- ohlajene gotove jedi: sestavine se običajno toplotno obdelajo in še vroče polnijo v embalažo. Sledi hitro hlajenje in skladiščenje pri temperaturi do $3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Obstočnost je do sedem dni, v modificirani atmosferi do tri tedne;
- ohlajene pasteurizirane (*»sous-vide«*) gotove jedi: posamezne komponente toplotno obdelamo, še vroče polnimo v embalažo in vakuumsko pakiramo. Sledi pasteurizacija ($80\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ min}$), hlajenje in skladiščenje pri temperaturi do $3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Obstočnost ohlajenih pasteuriziranih jedi je do štiri tedne;
- zmrznjene gotove jedi: jedi toplotno pripravimo, ohladimo. Sledi pakiranje, pri čemer je pomembna pravilna izbira embalažnega materiala, da ne pride do zamrzovalnega ožiga. Zamrzovanje mora potekati pri temperaturi pod $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jedi nato skladiščimo pri temperaturi, nižji od $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Obstočnost je od nekaj mesecev do enega leta. Pomembna je pravilna regeneracija;
- sterilizirane gotove jedi: toplotno neobdelane surovine polnimo v embalažo, jih neprodušno pakiramo in steriliziramo, pri temperaturah med $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ in $125\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sledi hlajenje in skladiščenje, ki poteka v nekondicioniranih skladiščih. Jedi so obstojne do nekaj let, vendar pride med sterilizacijo do izrednega poslabšanja senzoričnih lastnosti in zmanjšanja hranilne vrednosti. Pri sterilizaciji je zato pomembna pravilna uporaba postopka ter izbira embalaže primerne oblike in velikosti;
- dehidrirane gotove jedi: surovine toplotno obdelamo ter jih nato dehidriramo. Liofilizacija je za kakovost jedi najboljši postopek dehidracije. Sledi pakiranje v embalažo, nepropustno za tekočine in pline. Skladiščenje in distribucija potekata v nekondicioniranih pogojih. Obstočnost teh jedi je do nekaj let, pri čemer ne pride do bistvene spremembe kakovosti.

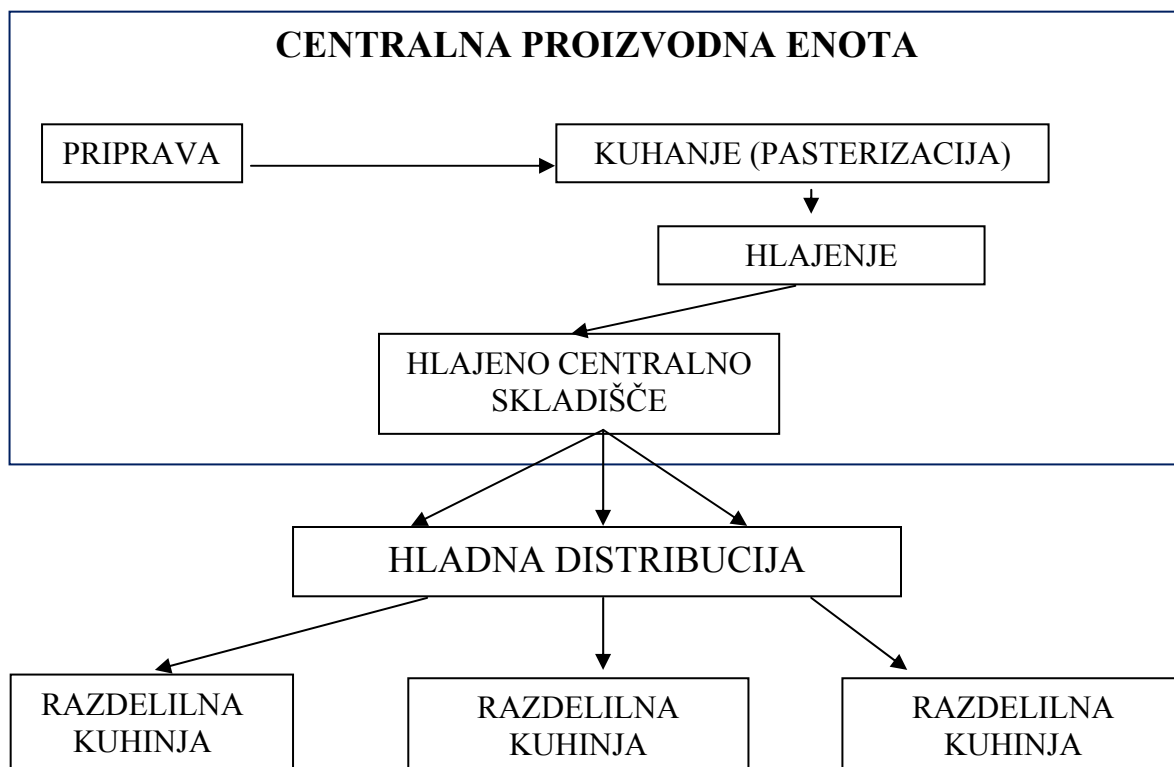


Slika 1: Primeri pakiranja posameznih komponent gotove jedi v enovit obrok (Ryynänen, 2001: 284)

2.1.2 Tehnologije izdelave pasteriziranih ohlajenih gotovih jedi

Ohlajene gotove jedi (*angl.* cook-chill foods) so jedi, ki se po predpripravi in toplotni pripravi (pasterizacija) takoj hladijo, zatem se skladiščijo in transportirajo s hladno verigo. Skupna obstojnost jedi je nekaj dni (do tri) pri temperaturi +3 °C. Pred uživanjem se toplotno regenerirajo (Skvarča, 1995).

Po pripravi in toplem polnjenju komponent gotovih jedi v embalažo sledi odstranjevanje kisika, tesno zapiranje in pasterizacija do središčne temperature 80 °C, najmanj 10 minut (Žlender, 1978). Nato sledi hlajenje, najkasneje v 30-tih minutah po toplotno obdelavi (Bem in sod., 2003), ki kot postopek konzerviranja omogoča časovno in prostorsko ločeno pripravo in porabo jedi, s čemer je dosežena racionalizacija v tehnologiji gotovih jedi. Za proizvodnjo varnega izdelka se zahtevajo visoki mikrobiološki in senzorični standardi. S tega vidika tehnologija ohlajenih gotovih jedi ne predstavlja nič večjega tveganja v primerjavi z ostalimi tehnologijami gotovih jedi (Skvarča, 1995). Za pakiranje ohlajenih gotovih jedi se uporablja plastificiran karton (za večporcijske enote), polipropilen ter polietilen (za pogrevanje jedi v konvekcijskih pečicah v embalaži do 150 °C). Za pogrevanje pri višjih temperaturah ali pri mikrovalovnem pogrevanju je primernejši polietilenteraftalat. V uporabi je tudi aluminijasta embalaža različnih oblik (Žlender, 1978).

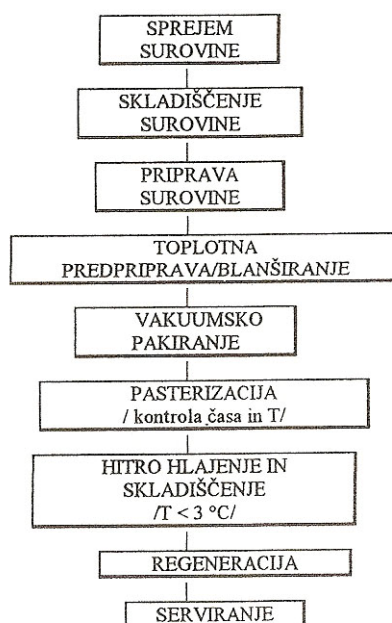


Slika 2: Prikaz splošnega postopka sistema tehnologije ohlajenih gotovih jedi (Skvarča, 1995: 212)

2.1.2.1 *Sous-vide* postopek

Sous-vide postopek izvira iz Francije in pomeni "pod vakuumom". Postopek je enostaven: sveže, surove surovine predpakirajo v vrečke ali delno propustne posode in jih vakuumsko zaprejo, nato sledi pasterizacija, hlajenje in hranjenje pri temperaturi nižji od 4 °C do serviranja (Ghazala in sod., 1995).

Hermetično zapiranje preprečuje izgubo vode, pri čemer izdelek ohrani mehko, skrčenje je minimalno. Vakuumsko pakiranje podaljša obstojnost z inhibicijo rasti aerobnih mikroorganizmov in preprečuje oksidativni ter druge kemijske kvare. Potrošniki pričakujejo od *sous-vide* izdelkov boljši okus in izgled v primerjavi z doma pripravljenimi jedmi. Posodice, ki jih uporabljajo kot embalažo, so majhne, s čemer je zagotovljeno hitro segrevanje in hlajenje *sous-vide* izdelkov. S pakiranjem v modificirano ali kontrolirano atmosfero se izognemo kondenzaciji in migraciji vlage. Edini dvom, ki se pojavlja v zvezi s *sous-vide* postopkom, je rast patogenov med shranjevanjem. Izognemo se mu z doseganjem temperature pasterizacije v najhladnejšem delu jedi, ki jo imenujemo središčna temperatura (Ghazala in sod. 1995).



Slika 3: Prikaz sous- vide postopka kot možnosti priprave ohlajenih gotovih jedi (Skvarča, 1995)

Sous-vide postopek poveča kakovost in podaljša obstojnost izdelkov (Armstrong in McIlveen, 2000) do 42 dni (Smith and West, 2003). Izboljšanje senzoričnih lastnosti, predvsem arome in teksture, so glavne prednosti postopka v primerjavi s konvencionalnimi "cook-chill" in kuhanimi izdelki. Izboljšanje arome je rezultat vakuumskega pakiranja, ki varuje živilo pred izgubo arome zaradi oksidacije in izhlapevanja. Izguba teže pri *sous-vide* postopku je 5 do 10 %, pri jedeh, pripravljenih po običajnih postopkih je med 25 in 40 %. Kuhanje pri temperaturah, nižjih od 100 °C se odraža v izboljšani teksturi, predvsem v mehkobi mesa in sočnosti (Armstrong in McIlveen, 2000). Ker se pripravljajo živila v lastnem soku, so potrebe po uporabi aditivov (soli, kisa), začimb in dišavnic zelo majhne (Skvarča, 1995).

Postopek *sous-vide* ni primeren za popolno ponudbo gotovih jedi, saj se nekatere jedi, kot so številne sestavljene jedi, ne morejo pripraviti na tak način (Skvarča, 1995). Ker se živila kuhajo v plastičnih posodah pod delnim vakuumom, ki zmanjšajo prenos toplote, se lahko pojavi možnost nezadostne obdelave (Smith in West, 2003).

2.1.3 Obstojnost pasteriziranih ohlajenih gotovih jedi

2.1.3.1 Vzroki kvara

Obstojnost živil je omejena s spremembami, ki nastanejo med skladiščenjem in zaradi katerih postane živilo nesprejemljivo za potrošnika glede zagotavljanja varnosti ter kakovosti (Hole, 2003). Procese kvara povzročajo v večini primerov dejavniki okolja, kot so temperatura, vlažnost, kisik in svetloba (Prokopov in Tanchev, 2007). Za pojav neželenih sprememb so odgovorni fizikalni, kemijski, mikrobiološki in encimski dejavniki. Kateri izmed naštetih dejavnikov bo povzročil kvar, je odvisno od vrste živila in pogojev shranjevanja (Hole, 2003).

Najpomembnejši fizikalni dejavnik pri živilih, zgoščenih s škrobom, je sinereza oziroma odpuščanje vode. Do pojava pride predvsem med skladiščenjem pri nizkih temperaturah, ko linearni amilozni polimeri težijo k združevanju, kar ima za posledico odpuščanje vode (Hole, 2003).

Najpomembnejše kemijske komponente, kot so lipidi, proteini ter ogljikovi hidrati, so podvrženi kemijskim spremembam, ki so lahko obsežnejše ob prisotnosti encimov. Najpomembnejša kemijska vzroka kvara sta oksidacija in hidroliza. Kemijske reakcije imajo za posledico nastanek novih komponent z neželenimi senzoričnimi, lahko celo toksičnimi lastnostmi ali razgradnjo komponent živil, pri čemer lahko pride do izgube hranilne vrednosti ali poslabšanja senzoričnih lastnosti (Hole, 2003).

Oksidacija maščob poteka med shranjevanjem surovin, toplotno obdelavo in nadaljnjim shranjevanjem končnih izdelkov (Karpińska in sod., 2001). V multifaznih sistemih na procese oksidacije vplivajo številni dejavniki, kot so kemijska sestava, fizikalno-kemijske lastnosti oljne in vodne faze, vrsta sredstva za znižanje površinske napetosti in površina oljne faze (Calligaris in sod., 2007). Nenasičene vezi v maščobah in oljih predstavljajo aktivne centre, ki lahko reagirajo s kisikom, pri čemer nastanejo oksidacijski produkti, zaradi katerih postane živilo neprimerno za uporabo. Proces avtooksidacije in posledično neželenih sprememb v aromi in okusu maščob ter maščobnih živil opisujemo s pojmom žarkosti. Žarkost je lahko posledica oksidativnega kvara ali hidrolitičnih sprememb zaradi encimske aktivnosti. Oksidacijo pospešujejo: količina prisotnega kisika, stopnja nenasičenosti lipidov, prisotnost antioksidantov, prooksidantov, nekaterih organskih komponent ter lipoksigenaze, lastnosti pakirnega materiala, izpostavljenost svetlobi in temperatura skladiščenja (deMann, 1999). Oksidacija predstavlja velik problem pri zagotavljanju stabilnosti emulzij. Glede na sestavo in temperaturo shranjevanja so maščobe pojavljajo v tekoči, trdni ali v tekoče-trdnih fazi (Calligaris in sod., 2007).

Mikroorganizmi so najpogostejši vzrok kvara živil, saj imajo živila ponavadi visoko vodno aktivnost, kar omogoča njihovo rast. Njihova prisotnost je odvisna od vrste živila, načina obdelave ter temperaturnega režima. Mikroorganizmi povzročajo pojav nezaželenih senzoričnih lastnosti, kot so razbarvanje, izguba arome in okusa; lahko se pojavi sluz ali celo toksini, ki so najnevarnejši, saj potrošnik ne more zaznati njihovo prisotnost (Hole, 2003).

2.1.3.2 Podaljšanje obstojnosti pasteriziranih ohlajenih gotovih jedi

Za podaljšanje obstojnosti ohlajenih pasteriziranih gotovih jedi se najpogosteje uporabljajo naslednje metode ali njihove kombinacije:

- toplotna obdelava,
- nizek pH in dodatek organskih kislin,
- modificirana ali kontrolirana atmosfera,
- nizke temperature.

Toplotna obdelava do središčne temperature 70 do 90 °C z uporabo šok hlajenja po toplotni obdelavi je pogoj za dobro obstojnost kuhanih-ohlajenih in *sous-vide* gotovih jedi (Bem in sod., 2003). Pasterizacija je ključnega pomena pri zagotavljanju minimalne rasti mikroorganizmov, ki povzročajo kvar. Čas toplotne obdelave je potrebno določiti za vsak izdelek posebej in mora biti čim krajši, da zagotovi najboljšo kakovost (Ghazala in sod., 1995). Zaradi temperatur, nižjih od 100 °C, pasterizirane jedi niso obstojne brez skladiščenja pri nizkih temperaturah, nižjih vrednostih vodne aktivnosti in pH (Bizjak in Bem., 2003).

Vrednost pH ima velik pomen pri zagotavljanju inhibicije rasti mikroorganizmov, ki povzročajo kvar živil. Kombinacija nizkega pH in uporaba organskih kislin, kot so propionska, sorbinska in benzojska, imajo sinergistični vpliv na rast mikroorganizmov. Živila z nizkim pH v hermetično zaprti embalaži morajo doseči komercialno sterilne pogoje s kombinacijo pasterizacije in vodne aktivnosti ali s kombinirano pasterizacijo in zakisanjem (Rahman, 2007).

Uporaba kemijskih aditivov (sredstva za konzerviranje, antioksidanti, barvila, ...) je pogosto povezana z zdravstvenimi problemi, kot so alergije in resnejše karcinogene bolezni (Murcia in sod., 2003). V kontrolirani in modificirani atmosferi sta deleža kisika in ogljikovega dioksida takšna, da upočasnjujeta vse biokemijske aktivnosti. Za vsako živilo in način pakiranja je potrebno posebej proučiti optimalno sestavo atmosfere (Golob, 1997).

Prav tako je pomembna izbira embalažnega materiala, ki mora imeti naslednje lastnosti: odpornost na visoke temperature, majhna propustnost za pline, predvsem kisik in vlago, primerna mehanska trdnost in majhna migracija snovi iz embalaže na živilo (Schellekens, 1997). Embalažni materiali se razvijajo predvsem v smeri visoko propustnih folij, folij, primernih za mikrovalovno segrevanje in trislojnih zavitkov (Golob, 1997).

Obstojnost *sous-vide* izdelkov, skladiščenih pri 3 °C, je 4 do 5 tednov (Bem in sod., 2003) ter je odvisna od temperaturnega režima kuhanja in hranjenja (Schellekens, 1996). Gotove ohlajene jedi so obstojne do 21 dni pod dvema pogojema (Bem in sod., 2003):

- gotove ohlajene jedi morajo biti proizvedene s segrevanjem do središčne temperature najmanj 90 °C v trajanju 10 minut, natančno skladiščene, transportirane in distribuirane pri konstantno nizkih temperaturah pod 8 °C,
- jedi, proizvedene pri nižjih temperaturah, morajo biti minimalno segrete v središču nad 63 °C, skladiščene, transportirane ter distribuirane pri temperaturah do 2 °C.

Za podaljšanje obstojnosti se v živilski industriji uporabljajo antioksidanti, predvsem sintetični antioksidanti, kot sta BHT (butilirani hidroksitoluen) in BHA (butilirani hidroksianizol), čeprav so potrošniki bolj nagnjeni k uporabi naravnih antioksidantov. Začimbe in zelišča se pogosto uporabljajo za izboljšanje senzoričnih lastnosti živil, poleg tega zavirajo nastanek nezaželenih sprememb v kemijski sestavi živil, ki jih povzročata hidroliza in oksidacija (Karpińska in sod., 2001).

Preglednica 1: Dodatni ukrepi za podaljšanje obstojnosti ohlajenih gotovih jedi (Rybka-Rodgers, 2001: 451)

Ukrepi		Prednosti	Slabosti
Fizikalni			
dodatna toplotna obdelava		sterilnost živila	kakovost živila
sevanje		možnost obdelave že pakiranega izdelka	odpor potrošnikov, visoki stroški, posebno pakiranje
MAP		upočasnitev oksidacije in mikrobiološkega kvara	ni vpliva na patogene mikroorganizme
hidrostatični tlak		možnost obdelava pakiranega izdelka	odpornost spor, možen vpliv na strukturo živila
Kemijski			
pH, sol in začimbe		nizki stroški	vpliv na senzorične lastnosti in prehranske potrebe
laktat		toplotno stabilen, učinkovit proti sporogenu (vključno <i>C. botulinum</i>)	vpliv na senzorične lastnosti in nezmožnost inhibicije <i>B. Cereus</i>
Biološki			
bakteriocini		številni so toplotno stabilni, učinkoviti proti sporogenu (vključno <i>C. Botulinum</i>)	odpornost patogenov, nestalen inhibitorski vpliv, razgradnja med shranjevanjem
varovalne kulture		dovzetne na spremembe temperature, učinkovite proti sporogenu (vključno <i>C. Botulinum</i>), potencialno probiotično delovanje	stroški in rokovanje s kulturami, toplotna občutljivost, izguba zmožnosti tvorbe bakteriocinov

2.1.4 Regeneracija pasteriziranih ohlajenih gotovih jedi

Pri regeneraciji živil je potrebno paziti predvsem na temperaturo toplotne obdelave, ki naj ne bi ob koncu regeneracije presegla 80 °C. Čas zadrževanja na tej temperaturi je odločilen za kakovost živila, ki se lahko kaže v zmanjšanju hranilne vrednosti in poslabšanju senzoričnih lastnosti jedi (Smith in West, 2003).

Regeneracija lahko poteka direktno v originalni embalaži ali vsebino izpraznimo ter jo pogrejemo na kuhalni plošči ali konvekcijski pečici. Direktna regeneracija v originalni embalaži je možna z uporabo mikrovalov (Taber, 1996).

Mikrovalovno segrevanje se pogosto uporablja, ker je regeneracija hitra in priročna (Sakai in sod., 2005). Največji problem pri mikrovalovnem segrevanju predstavljajo številne komponente jedi, ki se različno segrevajo. S kulinaričnega in mikrobiološkega stališča naj bi vsa območja v jedi dosegle najmanj 70 °C, medtem ko segrevanje do temperature 100 °C vpliva na pregrevanje nekaterih komponent jedi ali njenih delov, na izsušitev ter izgubo okusa, hranilne vrednosti, poslabšanje teksture in videza (Wäppling-Raaholt in sod., 2006).

2.2 OMAKE

Različne omake so bile že od nekdaj eden od načinov za dopolnjevanje, izboljšanje in spreminjanje jedi glede na priložnosti in potrebe. V antiki in srednjem veku so bile omake pogosto sredstvo za prikrivanje slabega okusa in neprijetnega vonja mesa, predvsem v vročih mesecih (Samide, 2003).

V zadnjem času se je poraba omak zaradi spremembe prehranskih navad pri potrošnikih močno povečala. Za živilsko industrijo so omake izrednega pomena, saj predstavljajo izdelek z visoko dodano vrednostjo z zelo enostavnim proizvodnim procesom. Pestrost izdelkov je zlahka dosegljiva in jo lahko dosežemo že z mešanjem različnih emulzij ali dodatkom začimb (Mandala in sod., 2004).

Kulinarično lahko omake definiramo kot tekoči izdelki, ki se med seboj razlikujejo glede na dodane začimbe, ki dajejo omakam boljši izgled, aromo in teksturo (Martinez-Padilla in Rivera-Vargas, 2006). Omake prispevajo k aromi jedi in naredijo izdelek sprejemljiv za potrošnika (Brandt, 2001), vendar ne smejo prekrivati okusa jedi (Gašperlin, 2005).

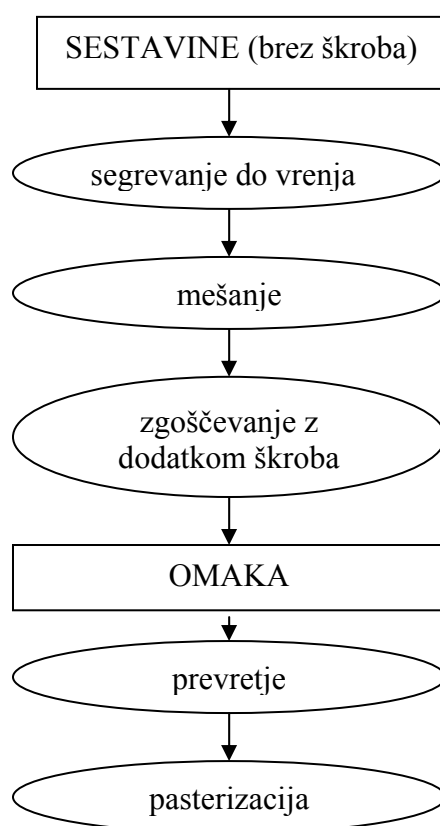
2.2.1 Vrste omak

Omake ločimo glede na (Gašperlin, 2005):

- sestavine (enostavne, maslene, kruhove, kisle, marinade, sladke,...)
- temperaturo serviranja (tople, hladne),
- senzorične lastnosti (svetle, temne).

Leta 1902 je Escoffier razdelil omake, zgoščene z moko, na tri glavne skupine: rjave, bele in bešamel omake. Razlike se pojavljajo v različnih kombinacijah prežganja in tekočine. Rjave omake so sestavljene iz popečene zelenjave, mesa in kosti, zgoščene z rjavim prežganjem. Sestavine bele omake so: nepopečeno meso, zelenjava in kosti ter blede rumeno prežganje. Bešamel je omaka pripravljena iz mleka ter belega prežganja. Te omake so osnova za proizvodnjo številnih drugih omak (McGee, 1988).

2.2.2 Priprava omak



Slika 4: Primer tehnologije omak, zgoščenih s škrobom (Recek, 2008)

Pri omakah je pomembna daljša toplotna obdelava za dosego zaželenega okusa, ki dopolni in zaokroži okus ustrezne jedi. Omake imajo pri pripravi določene zahteve, ki jih moramo upoštevati (Mrzlikar, 2006):

- uporaba neoporečnih sestavin,
- pravilno zaporedje delovnih postopkov,
- uporaba bogatih osnov,
- dober izbor in premišljeni odmerki sestavin.

2.2.3 Sestava omak

2.2.3.1 Emulgatorji, stabilizatorji in zgoščevalna sredstva

Emulzije se primarno stabilizirajo s proteini, ki se adsorbirajo v plasti okrog kapljic in s tem preprečujejo koalescenco. Vir proteinov so lahko polnomastno ali posneto mleko, natrijev kazeinat, kislina smetana, pšenica, jajca ter jajčni rumenjak ali beljak. Dodatno se uporabljajo polisaharidi (škrob in/ali gumiji), ki sekundarno stabilizirajo emulzije (Mandala in sod., 2004). Dodajajo se v vodno fazo emulzije olja v vodi, pri čemer pride do nastanka gelu podobne strukture. Poveča se viskoznost kontinuirne faze in izboljšajo se elastične lastnosti celotnega sistema (Quintana in sod., 2002).

Beljakovine se lahko v omakah pojavljajo kot emulgatorji ali stabilizatorji. To jim omogoča njihova težnja po adsorpciji na površini oljno-vodne faze, pri čemer tvorijo stabilno plast okrog oljnih kapljic (Sahin in Sumnu, 2006).

V omakah omogoča škrob ohranitev stabilnosti in teksture omake, z njim lahko tudi dosežemo zmanjšanje kalorične vrednosti na račun maščob (Wade, 2005a). Za zgoščevanje omak se največkrat uporablja pšenični škrob v obliki moke, pogosto se uporabljata tudi krompirjev in koruzni škrob (Fox in Cameron, 1995).

Bolj razvejani škrobi so primernejši za uporabo pri proizvodnji industrijsko pripravljenih omak zaradi zmanjšane retrogradacije. Najprimernejši so voskasti škrobi z majhno vsebnostjo amiloze, kar preprečuje retrogradacijo. Obstojni so dolgo časa, prav tako so stabilni pri zmrzovanju in tajanju. Riževi škrobi so razvejani in v kombinaciji z drugimi škrobi preprečujejo retrogradacijo. V številnih omakah se uporabljajo kemijsko modificirani škrobi zaradi boljše stabilnosti med zmrzovanjem in tajanjem (Wade, 2005a).

2.2.3.2 Začimbe

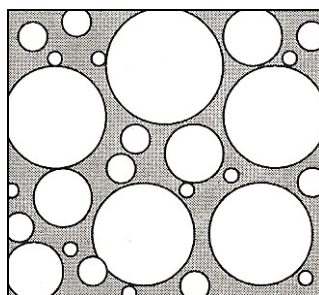
Za izboljšanje okusa se pogosto dodajajo sol in kisline. Tako kot škrobne molekule tudi sol teži k vezavi molekul vode in povzroča združevanje škrobnih molekul v grudice. Kisline v obliki vina ali kisa imajo nasproten učinek in povzročajo razgradnjo škrobnih verig na kratke segmente. Škrobna zrnca tako želirajo in razpadajo pri nižjih temperaturah. Omake postanejo manj viskozne. Ostale začimbe, kot so zelišča in dišavnice, so veliki, netopni delci z malo ali nič vpliva na samo strukturo omak (McGee, 1988).

2.2.3.3 Maščobe

Maščobe so v omakah prisotne v obliki masla ali olja. Z vodo in v vodi topnimi komponentami se ne mešajo in kaže, da nimajo pomembnega vpliva na škrob. Vplivajo na gladkost omake v ustih tako, da obdajo škrobne molekule, s čemer preprečujejo nastanek grudic (McGee, 1988).

2.2.4 Omake kot polidisperzne emulzije

Omake so polidisperzne emulzije (Martinez-Padilla in Rivera-Vargas, 2006). Disperzija je sistem nepovezanih delcev razpršenih v kontinuirni fazi, ki zaradi vodi podobne gostote ustvarjajo videz homogenosti (Walstra, 1996). Emulzije so koloidni sistemi, v katerih je ena tekočina dispergirana v drugi, pri čemer se ti dve fazi ne mešata (Sahin in Sumnu, 2006). Razdelimo jih glede na sestavo kontinuirne in dispergirane faze, in sicer na emulzije olja v vodi (O/V) in emulzije vode v olju (V/O). Omake so v večini primerov sestavljene iz kontinuirne vodne in dispergirane oljne faze.



Slika 5: Prikaz polidisperzne emulzije (Abramovič, 2004: 20)

Posledice obstoja dispergirane faze so naslednje (Walstra, 1996):

- med posameznimi sestavinami ni termodinamičnega ravnotežja,
- aromatične komponente so vključene v posamezne razdelke, kar lahko vodi do njihovega upočasnjene sproščanja med uživanjem jedi,
- privlačne sile med posameznimi komponentami ustvarjajo določeno konzistenco,
- težnja vode po difuziji,
- strukturni elementi lahko ustvarjajo videz nehomogenosti,
- med shranjevanjem lahko prihaja do sprememb v homogenosti (npr. ločitev faz).

2.2.5 Stabilnost omak

Emulzije so termodinamično nestabilni sistemi (Quintana in sod., 2002), kar je posledica spontanega izdvajanja dispergiranih kapljic (Abramovič, 2004). Destabilizacija se pri omakah pojavlja po pripravi in/ali med shranjevanjem. Za potrošnika je najpomembnejša dolgotrajna stabilnost omak (Mandala in sod., 2004).

Pri proizvodnji emulzij je potrebno zagotoviti stabilnost med oljno in vodno fazo. Pri tem predstavlja največjo oviro kompleks proteinov in lipidnih molekul, ki se pojavlja na meji med obema fazama. Proteini ali lipidi lahko samostojno stabilizirajo površino na meji med obema fazama, vendar sta mehanizma stabilizacije med seboj nezdružljiva. Proteini stabilizirajo emulzijo tako, da ustvarijo mrežo, ki je odporna na deformacijo. Stabilizacija je tako odvisna od mobilnosti proteinskih molekul. Stabilizacija z lipidi poteka s hitro difuzijo na mejno površino med obema fazama. Nezdržljivost mehanizmov pomeni da, ko je maščoba adsorbirana na proteinsko-stabilizirano površino, povzroči predrtje proteinske mreže, kar vodi v nestabilnost emulzije (Morris, 2004).

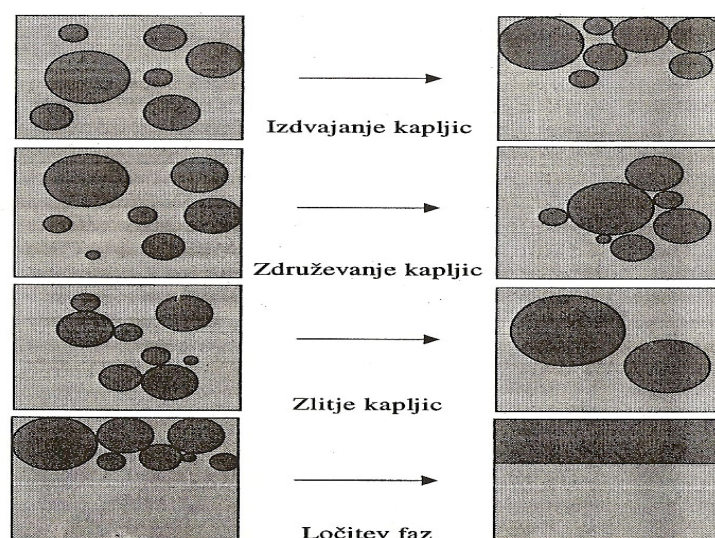
Hitrost porušenja emulzije je podano s Stoksovim zakonom:

$$v = \frac{2 \cdot g \cdot \Delta\rho}{9 \cdot \eta} \cdot r^2 \quad \dots(1)$$

V enačbi pomeni v hitrost porušenja emulzije, g pospešek prostega pada, $\Delta\rho$ razlika v gostoti disperzne in kontinuirne faze, η viskoznost kontinuirne faze in r polmer dispergiranih kapljic. Iz zapisa je razvidno, da bo emulzija stabilnejša, če povečamo viskoznost kontinuirne faze in zmanjšamo razliko v gostoti disperzne in kontinuirne faze.

Disperzni sistemi so podvrženi dvema skupinama nestabilnosti (Walstra, 1996):

- spremembe v velikosti delcev (razgradnja/rast, ločitev faz, koalescenca),
- spremembe v ureditvi delcev (agregacija, sedimentacija).



Slika 6: Shematski prikaz nestabilnosti emulzije (Abramovič, 2004:21)

Pri razgradnji ali rasti delcev nastanejo spremembe v velikosti in ureditvi delcev. Oba pojava sta odvisna od njihove koncentracije, topnosti in razpršenosti (Walstra, 1996).

Ločitev faz je skrajna stopnja sprememb v nestabilni emulziji in je stabilno stanje, v katerega preidejo vse emulzije spontano in nepovratno. Kaže se kot nastanek dveh slojev posameznih faz, in sicer olja na površini ter sloja vode na dnu (Abramovič, 2004).

Koalescenca se pojavi, ko pride do težnje dveh oljnih kapljic po združevanju (Coupland, 2006). Večja kapljica, ki nastane z zlitjem manjših, ima manjšo površino, kot je skupna površina manjših kapljic, iz katerih je nastala. Skupki kapljic in večje kapljice, nastale kot posledica zlitja manjših, se hitro usedejo na dno oziroma se dvignejo proti vrhu, kar pospeši porušenje emulzije (Abramovič, 2004).

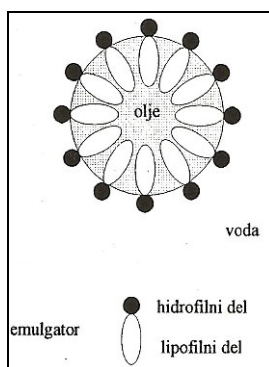
Kapljice disperzne faze se v emulziji stalno neurejeno gibljejo (Brownovo gibanje) in zato nenehno prihajajo v medsebojni stik. Pri tem se tvorijo skupki, agregati ali grozdi različnih oblik ter velikosti. Agregacija je povraten proces, saj lahko kapljice ob blagem mešanju ali stresanju ponovno enakomerno razporedimo po kontinuirni fazi (Abramovič, 2004).

Sedimentacija je posledica delovanja sile vzgona na delce različnih gostot. Odvisna je od temperature, velikosti delcev, njihove simetričnosti, koncentracije in sposobnosti združevanja (Walstra, 1996).

2.2.5.1 Emulgatorji

Pri tehnološki uporabi izrazov pogosto prihaja do zmede pri uporabi pojmov emulgator in stabilizator. Najbolj očitna je razlika v zagotavljanju stabilnosti. Emulgator mora zagotoviti kratkotrajno stabilnost, ki je nujna za samo pripravo emulzije. Dolgotrajno stabilnost dosežemo z zgoščevanjem vodne faze ali adsorpcijo tankega sloja polisaharida na polarno stran oljno-vodne faze. Večina polisaharidov deluje kot stabilizatorji preko spreminjanja reoloških lastnosti disperzije vodnega medija. Proteini s svojo amfipilno naravo pogosto delujejo kot emulgatorji in stabilizatorji (Garti, 2001).

Emulgatorji so površinsko aktivne snovi, ki olajšajo nastanek emulzije in povečajo njeno stabilnost. Zbirajo se na meji med dvema fazama. Snovi z emulgivnim učinkom so sestavljene iz hidrofilnega in hidrofobnega dela. Hidrofilna skupina se usmeri proti vodni, hidrofobna proti oljni fazi (Abramovič, 2004). Monogliceridi, polisorbati, saharozni estri maščobnih kislin in lecitin so primeri emulgatorjev, uporabljenih v živilski industriji. Lecitin, ki se nahaja v jajčnem rumenjaku je eden najpogostejše uporabljenih emulgatorjev. Pomembna je količina prisotnega emulgatorja, ki mora biti dovolj velika, da prekrije površino kapljic (Sahin in Sumnu, 2006).



Slika 7: Monosloj molekul emulgatorja (Abramovič, 2004: 22)

Plast molekul emulgatorja se adsorbira na površini dispergiranih kapljic. Pri tem se na meji med oljno in vodno fazo cepijo vodikove vezi med molekulami. Posledica je znižanje medfazne napetosti (Abramovič, 2004).

Stabilnost emulzij lahko izboljšamo z uporabo emulgatorja s sorazmerno velikim hidrofobnim delom. Emulgator se preko lipofilnega dela poveže z molekulami na površini oljne kapljice, pri čemer je v vodo usmerjeni hidrofilni del močno hidratiran. Sloj vezane vode, ki se na tak način oblikuje okoli kapljice, prepreči neposredni stik kapljic in njihovo zlitje (Abramovič, 2004).

2.2.5.2 Stabilizatorji

Lastnosti dobrega stabilizatorja so naslednje (Sahin in Sumnu, 2006):

- dovolj močan hidrofobni karakter, ki omogoča adsorpcijo polimera med obema fazama,
- dovolj velika učinkovitost za popolno prekritje površine kapljic,
- zmožnost nastanka stabilne plasti znotraj vodnega medija, ki jo omogoča hidrofilnost,
- prisotnost nabitih skupin, ki omogočajo odbijajoče elektrostatične interakcije med delci.

Proteini so najpomembnejši stabilizatorji v omakah. So mnogo bolj učinkoviti v emulzijah olja v vodi. Visoka koncentracija povečuje učinkovitost stabilizacije, vendar je ta odvisna tudi od vrste proteina (Fisher in Mitchell, 1992).

Stabilizacija s proteini je najbolj učinkovita, če prekrivajo celotno medfazno površino, pri čemer ustvarijo debel film (Garti, 2001). Adsorpcija posameznih proteinov na površino oljno-vodne faze je močna, vendar se v omakah ponavadi pojavlja njihova mešanica, kar vodi do kompleksnejših procesov. V začetni fazi adsorpcije je na površini dovolj prostora za vse proteine. Če je emulzija v stanju mirovanja, je večja adsorpcija manjših molekul proteinov. Ob nastajanju emulzije, ko je le-ta v turbulentnem stanju, je povečan transport večjih molekul na površino (Fisher in Mitchell, 1992).

Najpogosteje uporabljen stabilizator v živilski industriji je kazein, vendar se dodajajo tudi lizocim, goveji serum albumin, miozin, β -laktoglobulin in sojini proteini. Zadnje čase se je v tehnologiji gotovih jedi in pri razvoju novih izdelkov povečala uporaba slednjih, katerih cena je na enoto proizvedenega izdelka nižja (Garti, 2001).

2.2.5.3 Zgoščevalna sredstva

Hidrokoloidi so visokomolekularni hidrofilni biopolimeri, ki se uporabljajo kot funkcionalne sestavine v živilih za uravnavanje mikrostrukture, teksture, arome in obstojnosti živil. Pojem hidrokoloidi zajema številne izmed polisaharidov, ekstrahiranih iz rastlin, morskih trav in mikrobioloških virov. V to skupino spadajo tudi modificirani polimeri, pripravljeni s kemijsko ali encimsko obdelavo škroba ali celuloze. Zaradi svojega

polidisperznega in močno hidrofilnega karakterja je izjema med hidrokoloidi želatina, ki spada med beljakovine (Dickinson, 2003).

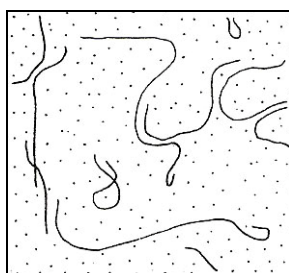
Hidrokoloidi se pogosto uporabljajo v živilski industriji, predvsem v tehnologijah, ki se soočajo s problemom ločevanja posameznih faz v disperznih sistemih. Uporablja se tudi v tehnologijah proizvodnje izdelkov z zmanjšano hranilno vrednostjo ob nezmanjšani prehranski vrednosti, kjer poskušajo kakovost izdelka zagotoviti z uporabo aditivov.

Najpogosteje se uporabljajo hidrokoloidi z naslednjimi lastnostmi (Hribar in Gobec, 1999):

- ne smejo tvoriti gela,
- tvoriti morajo stabilne emulzije pri nizkem pH,
- odporni morajo biti na toplotno obdelavo in
- ne smejo senzorično spremeniti izdelka.

Za izboljšanje stabilnosti emulzije se hidrokoloidi dodajajo vodni fazi emulzije olja v vodi. Njihova učinkovitost je odvisna od koncentracije in strukturnih lastnosti sistema. Nastanek gelu podobne šibke mreže v kontinuirni fazi povzroči povišanje viskoznosti pri majhnih strižnih napetostih ter vpliva na elastične lastnosti celotnega sistema. Njihova učinkovitost povečanja viskoznosti je odvisna od velikosti in oblike polimernih molekul, kot tudi orientiranosti delcev v vodni fazi. Koncentracija mora biti ustrezna, v nasprotnem primeru se lahko pojavi njihova flokulacija (Quintana in sod., 2002).

Zgoščevanje omak z nativnim ali modificiranimi škrobi poteka tako, da škrobne molekule med mešanjem vežejo vodo in ustvarijo razvejano mrežo. Z vidika zgoščevanja so pomembne tudi vodikove vezi, ki nastanejo med škrobnimi in ostalimi prisotnimi molekulami. V nekaterih primerih se škrobne molekule povezujejo med seboj, pri čemer ločujejo posamezne tekoče faze in tako ovirajo njihovo gibanje (McGee, 1988). Nadomestitev dela škroba z gumiji (alginati, ksantan, karagenan, guar gumi, derivati celuloze, pektin, gumi arabika, želatina, moka iz endosperma rožičevih semen) viskoznost omak še poveča (Dolz in sod., 2007).



Slika 8: Prikaz mikrostrukture omake, zgoščene s škrobom (McGee, 1988: 348)

2.2.6 Obstočnost omak

Obstočnost je definirana kot čas, v katerem so pojavijo prve opazne spremembe v celostni sprejemljivosti živila (Ledauphin in sod., 2006). Odvisna je od pogojev, ki jih moramo natančno opredeliti ter se zahtev tudi držati. Glede na pogoje ločimo: obstočnost pod idealnimi pogoji, skromnimi pogoji in pod pogoji, podobnim tistim, s katerimi se srečujemo med običajno, vsakodnevno distribucijo ter skladiščenjem. Problem, ki se pojavlja predvsem pri skladiščenju, je nihanje temperature, zaradi česar je izredno težko postaviti okvire obstočnosti (Skvarča, 1995).

Določanje obstočnosti se izvaja z analizo sprememb, ki nastajajo pri razgradnji in mikrobiološkem razkroju kot funkcija časa, pogojev shranjevanja ali obdelave živila. Po pretečenem času pride pri vsakem izdelku do izrazitega poslabšanja njegovih lastnosti ter razgradnje. Pri tem izdelek postane neprimeren za uporabo (Ledauphin in sod., 2006).

Za omake je značilna relativno dolga obstočnost, ki jo dosežemo z nizkim pH ob dodatku organskih ali anorganskih kislin, z znižanjem vodne aktivnosti ob dodatku visokih koncentracij sladkorjev ali kislin in z dodatkom konzervansov, kot sta sorbinska in benzojska kislina. Zaradi večje osveščenosti potrošnikov in njihovega zavračanja kemijskih konzervirnih sredstev je živilska industrija prisiljena iskati nove tehnike konzerviranja živil (Vermeulen in sod. 2007).

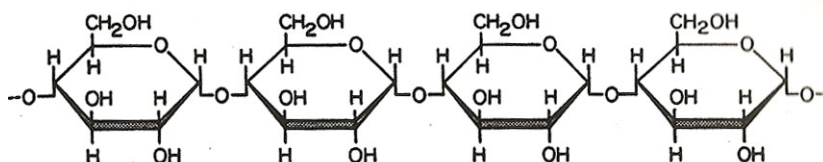
2.3 ŠKROB

Škrob je najpogostejše zastopan rezervni polisaharid v rastlinskih tkivih, ki se po razgradnji škrobnih zrn uporablja kot sestavina živil (Buleon in Colonna, 2006). Količinsko je najpogostejše uporabljen hidrokoloid (Wischmann in sod., 2002).

2.3.1 Zgradba in sestava škrobnih zrn

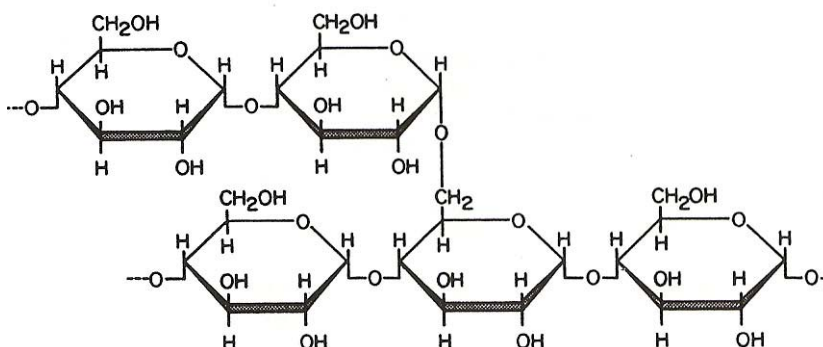
Škrob je mešanica dveh različnih glukoznih polimerov, ki sta vgrajena v kristalinična zrnca znotraj rastlinskih organov, sposobnih sinteze škroba. Amiloza je linearni polimer, s prevladujočimi linearnimi α -1,4-glikozidnimi vezmi. Amilopektin je daljši polimer z α -1,4-glikozidnimi vezmi, ki povezujejo linearne verige in α -1,6-glikozidnimi vezmi, ki se pojavljajo na razvejitvenih mestih. Slednjih je v škrobu le 4 do 6 % (Jackson, 2003). Amiloza omogoča nastanek filma z dobro sposobnostjo želiranja, medtem ko amilopektin oblikuje šibak film in posledično krhke gele ali sploh ne omogoča želiranja (Frank, 2005).

Škrobnna zrnca so plastovito razporejena v amiloplastih. Poleg amiloze in amilopektina vsebujejo še manjšo količino proteinov in lipidov. Škrobnna zrna imajo delno kristalinično strukturo, kar nakazuje na visoko stopnjo orientiranosti glukanskih molekul. Približno 70 % mase škrobnega zrnca predstavlja območje z amorfnno strukturo, 30 % je kristalinične. Amorfnno strukturo sestavlja v večini amiloza, medtem ko je amilopektin prisoten v kristaliničnem območju (Belitz in Grosch, 1999).



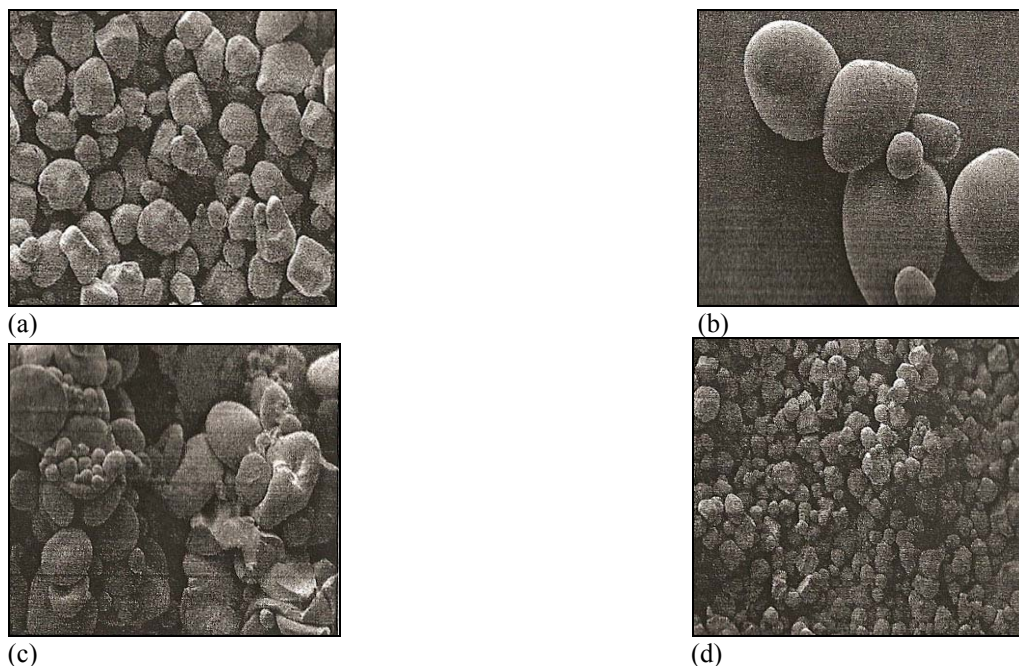
Slika 9: Del amilozne molekule (Fox, 1995: 105)

Z žarčenjem nativnega škroba z X-žarki dobimo diagram, ki nam prikazuje različne tipe škroba, in sicer A, B, C ter dodatni V-tip, ki je značilen za nabrekli zrnca. Tipa A in B predstavljata pravo kristalinično strukturo, C tip je mešanica kristalinične in amorfne strukture. Tip A je prisoten predvsem v žitnem škrobu, tip B pri krompirjevem in retrogradiranem škrobu. Tip C so našli pri mešanicah koruznega in krompirjevega škroba ter pri stročnicah (Belitz in Grosch, 1999).



Slika 10: Del amilopektinske molekule (Fox, 1995: 106)

Oblika in velikost škrobnih zrn je odraz predvsem izvora škroba in okoljskih dejavnikov, ki vplivajo na rast pridelka. Rižev in koruzni škrob imata oglata zrnca, medtem ko so škrobna zrnca krompirja ovalna, pšenična okrogla in koruzna ploščata. Pod polarizirano svetlobo je mogoče opazovati strukturo in velikost škrobnih zrn. Glede na velikost so riževa zrnca najmanjša (6 μm v premeru), krompirjeva so največja (100 μm v premeru). Zrnca koruznega škroba so nekje vmes (35 μm v premeru). Pšenični škrob ima dve velikosti škrobnih zrn: majhne merijo 4 μm v premeru, večje približno 14 μm (Jackson, 2003).

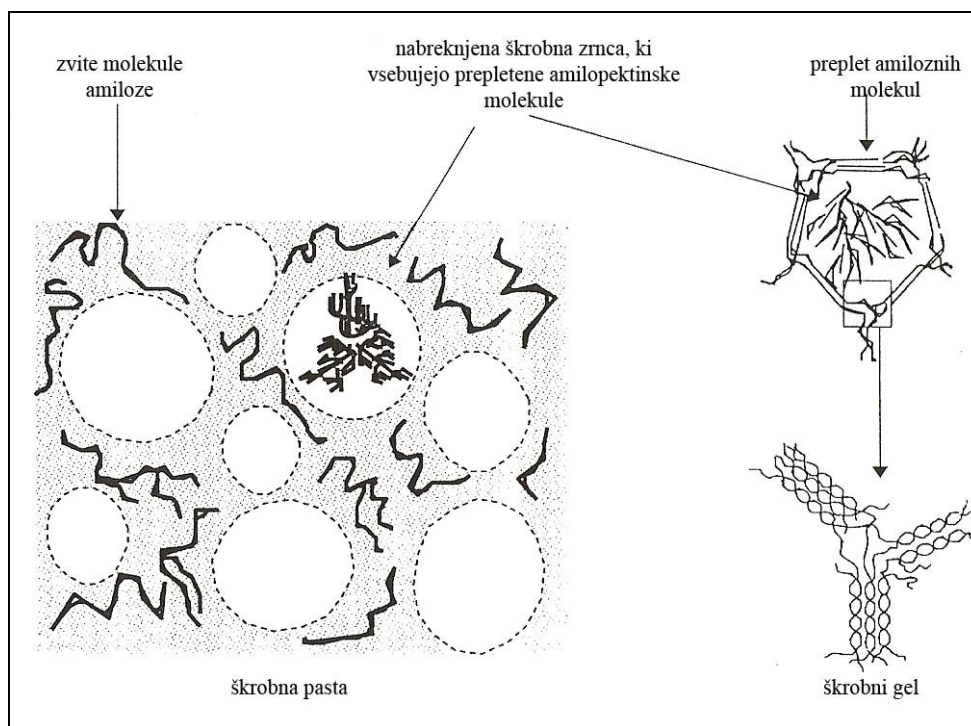


Slika 11: Koruzni (a), krompirjev (b), pšenični (c) in rižev škrob (d) pod elektronskim mikroskopom (Jackson, 2003: 5563)

2.3.2 Želiranje in zgoščevanje

Fizikalne lastnosti škroba so odvisne od razmerja med amilozo in amilopektinom (Fredriksson in sod., 1998). Škrobna zrnca so v hladni vodi netopna, vendar začnejo pri segrevanju do temperature želiranja nabrekati (deMann, 1999). Kristalinična struktura se poruši zaradi razgradnje vodikovih vezi amilopektina (Hoover, 2001). Nabrekli zrnca so bogata na amilopektinu, medtem ko linearne molekule amiloze difundirajo iz škrobnih zrn (Fredriksson in sod., 1998). Teoretično večja škrobna zrnca nabrekajo pri nižji temperaturi (deMann, 1999), medtem ko visoko-amilozni škrobi nabrekajo pri višji temperaturi (Raphaelides in Georgiadis, 2008). Temperatura želiranja (zaklejitve) krompirjevih škrobnih zrn je med 59 in 67 °C, koruznih med 64 in 72 °C. Na temperaturo nabrekanja vplivajo pH, predhodna obdelava, hitrost segrevanja in prisotnost soli ter sladkorjev. Segrevanje nad temperaturo želiranja povzroči nadaljnje nabrekanje zrn. Mešanica postane prosojna in se začne zgoščevati. Z mešanjem škrobne paste se struktura zrn poruši in viskoznost pade (deMann, 1999).

Želiranje tako povzroči spremembe strukturnih lastnosti na amilopektinu kot tudi na amilozi. Molekule amilopektina, ki v nativni obliki oblikujejo dvojni heliks v kristaliničnem delu, se tako v želiranem škrobu začnejo povezovati med seboj, počasi kristalizirajo in niso zmožne povezav z amilozo. Amiloza, ki je prvotno v amorfnih oblikah, zmanjšuje stopnjo kristalizacije amilopektina in se raztaplja v topli vodi (Tolstoguzov, 2003).



Slika 12: Prikaz želiranja škroba (Buleon in Collona, 2007: 33)

Ohlajanje škrobne paste omogoči nastanek gela ali pride pod pogoji počasnega ohlajanja do obarjanja linearnih komponent v sferokristale. Ta pojav imenujemo retrogradacija, kar označuje prehod topnega škroba v netopno obliko in je v veliki meri odvisna od velikosti linearnih molekul (deMann, 1999).

2.3.3 Modificirani škrobi

V preteklosti je zaradi enostavnih in manj zahtevnih izdelkov zadostovala uporaba nativnih škrobov (Skvarča, 1993). V današnjem času so možnosti uporabe nativnih škrobov omejene, zato si številni raziskovalci prizadevajo razširiti njegovo uporabnost z modifikacijo škrobov s fizikalnimi, kemijskimi ali biokemijskimi metodami (Škrabanja in sod., 1997). Različnost škrobov se kaže tako v izvoru kot v njihovih funkcionalnih ter fizikalnih lastnostih škrobnih zrn (Frank, 2005a).

Zaradi zahtev po specifičnih lastnostih jedi se vedno pogosteje uporabljajo modificirani škrobi, ki so odporni na pogoje segrevanja, striga in pH v kombinaciji s pogoji, ki jih zahteva sama tehnologija. Modificiramo lahko katerikoli škrob, vendar nam modifikacija koruznega in krompirjevega škroba zagotavlja najboljše rezultate (BeMiller, 2003).

Z modifikacijo škrobov želimo doseči dobro sposobnost zgoščevanja, obstojnost pri visokih temperaturah, med zmrzovanjem in tajanjem, ob prisotnosti kislin, med delovanjem striga in preprečiti ločitev faz, izkosmičenje, sinerezo, retrogradacijo in če je potrebno, topnost v mrzli vodi (Skvarča, 1993).

2.3.3.1 Metode modifikacij škrobov

Kemijske modifikacije škrobov so potrebne pri zahtevah po spremembi funkcionalnosti škrobov (Fredriksson in sod., 1998). Kemijsko škrobe modificiramo s konverzijo, substitucijo, zamreženjem ali uvajanjem funkcionalnih skupin. S konverzijo dosežemo znižano viskoznost osnovne surovine, povečano topnost v vodi, reguliramo lahko jakost gelov ali modificiramo stabilnost škrobov. Modifikacija s substitucijo je proces, pri katerem ena reaktivna skupina reagira s škrobnimi polimeri, pri čemer se spremenijo reološke lastnosti in struktura izdelka. S tem dosežemo inhibicijo retrogradacije, preprečevanje kosmičenja in želiranja, znižanje temperature zaklejitve, povečanje viskoznosti, izpopolnjene koloidne lastnosti in modifikacijo hidrofilnega ter hidrofobnega značaja. Zamreženje je reakcija dveh ali več reaktivnih skupin s hidroksilnimi skupinami škroba, pri čemer pride do povečanja odpornosti na daljše kuhanje in druge proizvodne pogoje, kot so temperatura, pH in strig, ter oblikovanja kratke teksture. Z uvedbo funkcionalnih skupin (npr. lipofilne) se lahko škrobnim komponentam dodajajo izdelki za stabilizacijo emulzij in kapsulacijo arom (Skvarča, 1993).

Fizikalne modifikacije so metode, ki povzročijo nabrekanje škroba in s tem oblikovanje visoke viskoznosti, sposobnost nabrekanja v hladni vodi ter prilagajanje velikosti škrobnih zrn za kontrolo raztapljanja in hidratacije (Skvarča, 1993).

Biokemijska modifikacija je encimska obdelava škrobov z različnimi amilazami, kjer škrobi ohranijo eno ali več izvornih lastnosti, makromolekule pa so sestavljene iz glukoznih enot v linearni ali razvejani verigi (Skvarča, 1993).

Kombinacije kemijske, fizikalne in/ali biokemijske modifikacije nam omogočajo doseči lastnosti škrobov, kot so adhezija, prozornost raztopin ali past, obarvanost, stabilizacijo emulzije, nastanek filma, sproščanje arom, večjo hidratacijo, zadrževanje vlage in njeno kontrolo v končnem izdelku, občutek v ustih, kontrolo migracije olja, teksturo škrobne paste, agregatno stanje, sijaj izdelka, rok trajanja, stabilnost proti kislinam, toploti in strigu, itd. (BeMiller, 2003).

2.3.3.2 Vrste modificiranih škrobov

Nabrekliji škrobi

Nabreklije škrobe pridobivamo s segrevanjem vodne suspenzije nativnega škroba pri temperaturi nad točko zaklejitve. Modifikacija je fizikalne narave in povzroči močne poškodbe na strukturi škrobnih zrn. Ti škrobi nabrekajo že v hladni vodi, pri določeni koncentraciji tudi želirajo. Imajo dobro stabilnost in odlične sposobnosti vezanja vode (Skvarča, 1993).

Nabrekliji škrobi se uporabljajo za pripravo praškastih zmesi za "instant" pudinge, kreme (polnila sadnih kolačev), omake, prelive, glazure za sladice in za proizvodnjo zmrznjenih in steriliziranih gotovih jedi (Skvarča, 1993).

Redko kuhani škrobi

Nastanejo z relativno močno hidrolitično razgradnjo nativnega škroba. Delimo jih v tri skupine (Skvarča, 1993):

- s kislino razgrajeni škrobi: nastanejo z obdelavo vodne suspenzije nativnega škroba pri temperaturi pod točko zaklejitve z majhnimi količinami klorovodikove, dušikove (V) ali ortofosforne kisline. Škrobna zrnca, opazovana pod mikroskopom ohranijo značilno strukturo. S kislino razgrajeni škrobi so v hladni vodi netopni in ne nabrekajo. Kislinška hidroliza skrajša molekule, zato imajo ti škrobi nižjo viskoznost, povečano retrogradacijo in dobre sposobnosti želiranja. Uporabljajo se v glavnem kot zgoščevalna, vezivna in želirna sredstva, zlasti v industriji bonbonov;
- z oksidacijskimi sredstvi razgrajeni škrobi: nastanejo z obdelavo vodne suspenzije nativnega škroba pri temperaturi pod točko zaklejitve navadno z dodatkom natrijevega hipoklorita. Pri reakciji pride do razgradnje nekaterih vezi na molekuli, zato se viskoznost zniža. Oblikujejo se kleji z majhno retrogradacijo, slabo sposobnostjo želiranja in boljšo transparenco kot s kislino razgrajeni škrobi. Uporabljajo se predvsem kot gostila, vezivna sredstva in stabilizatorji emulzij;
- substituirani škrobi (škrobni etri in estri): dobimo jih z uvajanjem monofunkcionalnih skupin, ki reagirajo z eno ali več hidroksilnimi skupinami v glukozni enoti škrobne molekule in ji spremenijo polarnost, s čemer preprečujejo tvorbo intramolekularnih in intermolekularnih vodikovih vezi. Škrobne etre pridobivamo z obdelavo vodne suspenzije škroba, navadno s propilenoksidom (hidroksipropilni škrob) ob prisotnosti alkalnih katalizatorjev. Ta oblikuje stabilno viskoznost zgoščevalnih sredstev, vpliva na gladek občutek v ustih. Uporabljajo se predvsem v kombinaciji z rastlinskimi gumami. Škrobni estri imajo podobne lastnosti kot škrobni etri. Pridobivajo se z uporabo anorganskih in organskih kislin, vendar intramolekularne in intermolekularne vodikove vezi ovirajo vezavo reagentov nižje polarnosti v zrno, zato reakcije izvajamo v alkalnem mediju, ki aktivira škrob. Kisline razbijejo orientacijo molekulskih segmentov in s tem ovirajo retrogradacijo oziroma povečajo zmožnost vezave vode. Pri tem se izboljša stabilnost zlasti med zmrzovalno-tajalnimi procesi. Substituirani škrobi ostanejo občutljivi na nizek pH, visoke temperature in mehanske vplive. Z esterifikacijo se zniža temperatura zaklejitve in poveča hitrost kuhanja škroba. Če je stopnja substitucije dovolj visoka, začno zrna nabrekati že v hladni vodi. Topnost škrobnih estrov je odvisna od polimerizacijske stopnje zaestrenega škroba in od vrste uvedene kisline. Uporabni so v solatnih prelivih za stabilizacijo oljne emulzije in v prigrizkih kot aditiv za oblikovanje teksture;
- zamreženi škrobi: dobimo jih v reakcijah med hidroksilnimi skupinami škrobnih molekul z reagenti, ki tvorijo vezi med posameznimi molekulami. Z uvedbo medmolekularnih vezi ustvarimo nekakšno varovalno mrežo škrobnega zrna. Pridobivamo jih z obdelavo škroba v vodni suspenziji z majhnimi količinami natrijevega trimetafosfata pri temperaturi pod točko zaklejitve. Zamreženje povzroči zmanjšanje stopnje in hitrosti nabrekanja škroba in posledično zmanjšanje stopnje razgradnje. Zmanjša se občutljivost na procesne pogoje (visoka temperatura, podaljšani čas kuhanja, nizek pH in strig) (BeMiller, 2003). Zamreženi škrobi in njihove kombinacije se uporabljajo v proizvodnji otroške hrane (zlasti v sadnih

izdelkih za stabilizacijo teksture), kot polnilo za sadne pite, v solatnih prelivih (zgoščevanje brez znižanja viskoznosti, kljub nizkemu pH in homogenizaciji), v zmrznjenih gotovih jedeh (kot gostilo in stabilizator), v mlečnih izdelkih, desertih in pudingih, v steriliziranih gotovih jedeh (juhe, omake, mesne omake), kot stabilizator pri pripravi praškastih zmesi za instant izdelke, panade in za dietetično prehrano (Skvarča, 1993);

- škrobni acetati: dobimo jih tako, da škrob reagira z anhidridi očetne kisline in nastane škrobno acetatni ester. Produkti reakcije zaklejiijo pri nižji temperaturi in imajo dobre zgoščevalne sposobnosti, so milega okusa, oblikujejo prijetno teksturo, njihovi geli so sorazmerno prozorni, imajo boljšo stabilnost pri segrevanju, zmrzovanju in skladiščenju. Uporabljajo se kot preliv pri sadnih tortah, v instant mešanicah. Zamreženi acetilirani škrobi so uporabni v zmrznjenih (vloženo sadje, mesne omake), steriliziranih (otročka hrana, sadni nadevi), dehidriranih (suhe mešanice, instant omake) in pečenih izdelkih (pecivo, pite, polnjena peciva).

Praženi dekstrini

Pražene dekstrine dobimo s praženjem nativnih in sušenih škrobnih zrn, običajno v prisotnosti kislinskih katalizatorjev, pri temperaturah nad točko zaklejitve. Razgradnja je hidrolitična in od pogojev hidrolize je odvisno ali nastanejo beli ali rumeni dekstrini. Beli dekstrini so sestavljeni v glavnem le iz nekoliko razvejanih, skrajšanih molekulskih verig. Za njih je značilna zmanjšana tvorba gela in sposobnost oblikovanja filma (Skvarča, 1993).

Uporabljajo se predvsem kot nosilci arom, za zaščitne in dekorativne prevleke v konditorstvu in kot lepljive prevleke. Vplivajo na teksturo glazure, na izboljšanje hrustljivosti, preprečujejo vpijanje olja, uporabni so kot emulgatorji v vodi netopnih oljnih aromah (Skvarča, 1993).

2.3.4 Uporaba škroba v živilski industriji

Škrob se v živilski industriji pojavlja kot sestavina živil rastlinskega izvora in je kot tak namenjen zagotavljanju prehranskih potreb, vendar je za potrebe predelave živil in podaljšanje obstojnosti oziroma stabilnosti živil veliko pomembnejši (Moore in sod., 1984).

Škrob močno vpliva na teksturne lastnosti številnih živil in se v industriji uporablja kot (Singh in sod., 2003):

- zgoščevalno sredstvo,
- stabilizator koloidnih sistemov,
- želirno sredstvo,
- sredstvo za uravnavanje volumna,
- sredstvo za vezavo vode,
- vezivno sredstvo.

Škrob ima zmožnost vezave arome, barvnih komponent ter vitaminov. V živilu vpliva na sproščanje arome in zmanjšuje posledice vpliva temperature na občutljivejše komponente, kot so vitamini in aromatične komponente (Wade, 2005a). Nativni škrobi, pridobljeni s kuhanjem, služijo nabrekanju v hladni vodi in delujejo kot stabilizatorji za prelive in omake ter kot sredstva za disperzijo dehidriranih jedi. Uporabljajo se predvsem pri proizvodnji bio-živil (Frank, 2005).

S fizikalnimi in kemijskimi modifikacijami škroba pridobimo številne zaželeno lastnosti. Z aglomeracijo predželiranih škrobov zagotovimo boljšo topnost dehidriranih živil. Zamreženje škrobnih granul poveča njihovo odpornost na strig. S povišanjem temperature želiranja se viskoznost pri višjih temperaturah zmanjša in pri nižjih poveča. Uporaba zamreženih škrobov je zaželena pri izdelkih, kjer je potreben dober prenos toplote med kuhanjem, pri čemer dobimo med ohlajanjem čvrstejši izdelek (Frank, 2005).

Rižev in krompirjev škrob imata blago aromo zaradi nizke vsebnosti proteinov in maščob. Rižev škrob ima več razvejitvenih mest, vendar so škrobne molekule krajše. Posledica je večja odpornost na stres med obdelavo živila, zelo počasna retrogradacija in gladka tekstura v ustih. Pšenični škrob se uporablja predvsem kot stabilizator emulzij zaradi visoke vsebnosti fosfolipidov. Značilnost krompirjevega škroba je, da nabreka pri nizkih temperaturah in ima sposobnost zadrževanja velikih količin vode. Prav tako je pomembna njegova odpornost na retrogradacijo med shranjevanjem (Skarra, 2006). Krompirjev škrob oblikuje uporabne filme in ima veliko zmožnost vezanja snovi. Velike količine krompirjevega škroba se uporabljajo kot zgoščevalci v juhah, omakah, pudingih (Ratnayake in Jackson, 2003).

2.4 REOLOŠKE LASTNOSTI OMAK

2.4.1 Splošno o reoloških lastnostih

Izraz reologija je prvi uporabil profesor Bingham in jo definiral kot vedo, ki proučuje tok, deformacijo in preoblikovanje snovi. Ta definicija je ostala v veljavi do današnjih dni (Žumer, 1999). Reologija proučuje realne snovi, katerih lastnosti ob pojavu napetosti ne moremo opisati z enostavnimi linearnimi zakoni, kot sta Hookov zakon za raztezek trdnih snovi in Newtonov zakon za viskoznost (Pohar in Žumer, 1996). Večina industrijsko pomembnih snovi se pojavlja med obema ekstremoma in izkazujejo tako viskozne kot elastične lastnosti. Take snovi imenujemo viskoelastične (Klofutar, 1999).

Makroreologija definira snovi kot homogene ali "kvazihomogene" deformacije. Njihove zakonitosti opisuje na osnovi empiričnih dognanj. Mikroreologija definira deformacije ter zakonitosti na osnovi mikrostrukture snovi in sprememb na mikrostrukturi, ki nastajajo kot posledica deformacije (Popov-Raljić, 1999).

Na področju reologije so najpomembnejši pojavi:

- strižno odvisna viskoznost,
- časovno odvisna viskoznost in delna povrnljivost deformacije,
- pojav razlik v normalnih napetostih kot posledica strižnih deformacij,
- naraščanje viskoznosti pri raztezku (Žumer, 1999).

Za uvrstitev neke snovi med trdne snovi ali tekočine potrebujemo informacijo o trajanju deformacije, ki jo povzroči napetost. Le-to dobimo s pomočjo Deborahovega števila:

$$De = \lambda/t \quad \dots(2)$$

kjer je λ karakteristični čas snovi in t karakteristični čas trajanja deformacije. V nasprotju s tekočino bo trdna snov izkazovala visoke vrednosti λ (Lefebvre, 2003).

2.4.2 Klasifikacija tekočin

V splošnem se tekočine delijo na (Žumer, 1999):

- neviskozne tekočine,
- newtonske tekočine,
- nenewtonske tekočine.

2.4.2.1 Newtonske tekočine

Za newtonske tekočine velja Newtonov zakon (3) o viskoznosti, kjer je sorazmernostni koeficient med strižno napetostjo in strižno hitrostjo ob delovanju striga, imenovan newtonska viskoznost tekočine (Pohar in Žumer, 1999), odvisen od temperature in pritiska ter ne od tokovnih razmer in je pri danih pogojih snovna lastnost tekočine (Žumer, 1999). Snovi, ki se pretakajo homogeno in večina disperznih sistemov izkazuje newtonsko obnašanje (Popov-Raljić, 1999). Te so: čaj, kava, pivo, gazirane pijače, sadni sokovi in mleko (Sahin in Sumnu, 2006).

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \quad \dots(3)$$

2.4.2.2 Nenewtonske tekočine

Realne tekočine so večinoma reološko kompleksnejše od newtonskih tekočin. Razmerje med strižno napetostjo in strižno hitrostjo ni konstantno temveč je odvisno od strižne hitrosti ter jo zato imenujemo "navidezna" viskoznost (Pohar in Žumer, 1999). Viskoznost je tako odvisna od strukture sistema in notranjih sprememb, do katerih pride pri gibanju tekočine. Pri majhnih strižnih hitrostih se struktura lahko poruši ali teži k ponovni regeneraciji. S povečevanjem strižne hitrosti porušenje strukture presega hitrost njene

regeneracije. Pri visokih hitrostih striga se struktura popolnoma ali deloma ireverzibilno spreminja. Takrat je viskoznost tekočine najmanjša (Popov-Raljić, 1999).

Pretakanje tekočine je odvisno od fizikalnih in kemijskih lastnosti, sestave, oblike, razporeditve ter velikosti molekul, temperature, vsebnosti vlage in notranje strukture sistema. Z dodajanjem različnih snovi lahko spreminjamo viskoznost, s čemer se lahko spremeni tip pretakanja tekočin. Za opisovanje teh značilnosti se najpogosteje uporablja Ostwald-de-Waeleova enačba (Popov-Raljić, 1999):

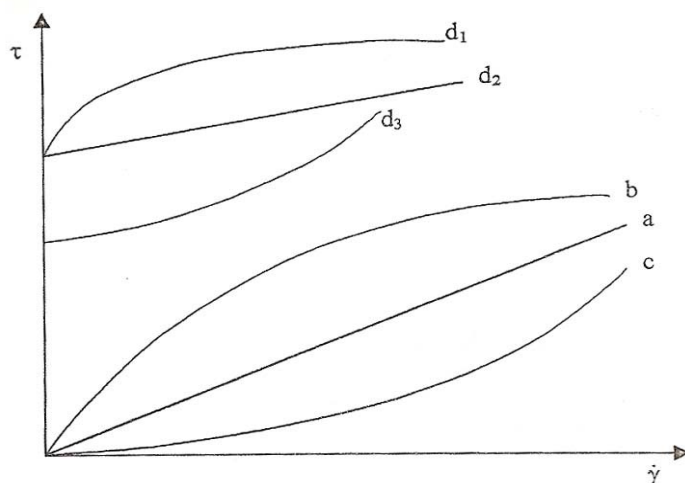
$$\tau = K \cdot D^n \quad \dots(4)$$

V enačbi (4) se pojavljata dve konstanti: konstanta K , ki je faktor konzistence in je odvisen od lastnosti tekočine in konstrukcijskih značilnosti ter dimenzij merilnega senzorja, ter konstanta n , ki je indeks obnašanja tekočin (Popov-Raljić, 1999).

Časovno neodvisne tekočine s strižno odvisno viskoznostjo

Psevdoplastičnost je zmanjševanje viskoznosti z naraščajočo strižno hitrostjo in je v praksi zelo pogost pojav (Žumer, 1999). Tipični primer psevdoplastičnih snovi so: jabolčna omaka, bananin pire in koncentrirani sadni sokovi (Stoke in Telford, 2004).

Dilatantne tekočine se v praksi pojavljajo redkeje od psevdoplastičnih, čeprav večina koncentriranih suspenzij z neagregiranimi trdimi delci v gotovem območju strižnih hitrosti izkazuje dilatantno obnašanje. Dilatantnost pomeni naraščanje viskoznosti z naraščajočo strižno hitrostjo (Žumer, 1999).



Slika 13: Tokovni diagram časovno neodvisnih tekočin: a– newtonska, b– psevdoplastična, c– dilatantna, d– tekočine z mejo plastičnosti (Žumer, 1999: 6)

Časovno neodvisne tekočine z mejo plastičnosti

Nekatere tekočine stečejo šele potem, ko je presežena neka mejna napetost. Takšne tekočine imajo neko notranjo, dovolj rigidno tridimenzionalno strukturo, ki se je sposobna upirati napetostim, ki so manjše od kritične mejne napetosti. Pod mejno napetostjo se tekočina obnaša kot elastično trdno telo in pri manjših obremenitvah shranjuje energijo. Pri napetostih nad mejno se struktura poruši in tekočina steče (Žumer, 1999).

Časovno odvisne tekočine

Za tiksotropne tekočine je značilno zvezno zmanjševanje viskoznosti s časom pri konstantni strižni hitrosti. Tiksotropija se pojavlja pri strukturiranih tekočinah; zmanjševanje viskoznosti je posledica rušenja mikrostrukture pod strižnimi pogoji. Proces obnove strukture v mirovanju je mnogo počasnejši in je lahko popoln ali samo delen. Tiksotropno obnašanje izkazujejo nekatere emulzije in disperzije (Žumer, 1999).

Reopektičnost v praksi srečujemo veliko redkeje kot tiksotropijo. Pri teh tekočinah viskoznost narašča s časom pri konstantni strižni hitrosti in pri naraščajoči strižni hitrosti (Žumer, 1999).

Viskoelastične snovi izkazujejo hkrati viskozne in elastične lastnosti. Pri teh tekočinah se del energije porablja zaradi viskoznega trenja in se pretvarja v toploto, del se shranja podobno kot pri elastičnem trdnem telesu. Primeri viskoelastičnih snovi so: polisaharidi, puding, majoneza, polimeri (Žumer, 1999).

2.4.3 Reometrija

Dobro poznavanje osnovnih zakonitostih reologije in reometrije ne zadošča za popolno reološko karakterizacijo tekočin, temveč je pomembno tudi dobro poznavanje dejanskih razmer. Tekočino je potrebno reološko okarakterizirati v območjih strižnih hitrostih oziroma strižnih napetostih, ki se pojavljajo v realnih razmerah pri proizvodnji, predelavi in uporabi določene tekočine. Vse to nam omogočajo viskozimetri in reometri. Pri izbiri so odločilnega pomena lastnosti tekočine in namen reološkega proučevanja. Instrumenti, ki nam omogočajo določanje viskoelastičnih lastnosti trdnih, trdno-tekočih snovi in tekočin se imenujejo reometri, viskozimetri pa omogočajo določanje le viskozno-tokovnega obnašanja tekočin (Zupančič Valant, 1999).

Instrumenti, namenjeni proučevanju reološkega obnašanja tekočin, se v splošnem delijo v dve skupini:

- absolutni instrumenti (rotacijski ter kapilarni reometri in viskozimetri),
- relativni instrumenti (viskozimeter s padajočo kroglico, viskozimeter s turbinskimi mešali, penetrometer,...) (Zupančič Valant, 1999).

Reološke lastnosti so mehanske lastnosti, ki so posledica deformacije in toka tekočine ob prisotnosti napetosti (Sahin in Sumnu, 2006). Živila so si glede na reološke značilnosti zelo različna. Med postopkom tehnološke obdelave pogosto prihaja do velikih sprememb na živilu, kar ima za posledico spreminjanje reoloških lastnosti nekega živila (Popov-Raljić, 1999).

2.4.3.1 Merjenje viskoznosti

Viskoznost je merilo za upor tekočine ali plina do pretoka (Klofutar, 1999). Enota za koeficient viskoznosti v SI sistemu je Pa·s, v sistemu CGS je enota poise (P), to je g/cm·s (Sahin in Sumnu, 2006). Povezava med obema enotama je naslednja (Klofutar, 1999):

$$1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 10 \text{ P} \quad \dots(5)$$

Molekule tekočine se ves čas gibljejo naključno, kljub temu je hitrost v določeni smeri enaka nič. Drugačno stanje nastopi, ko se pojavi napetost, ki povzroči tok tekočine. Sila, ki je potrebna, da tekočina steče, je odvisna od viskoznosti tekočine. Tok tekočine se pojavi zaradi premikanja plasti tekočine med dvema ploščama. Pri tem je potrebna določena razlika v hitrosti sosednjih molekul in jo imenujemo gradient hitrosti. Plasti tekočine izkazujejo določen upor sili, ki jih poganja ter ga imenujemo napetost. Strižna napetost (τ) je napetost, ki nastane, ko molekule drsijo med dvema ploščama druga ob drugi. Gradient hitrosti oziroma strižna hitrost ($-dv/dr$ ali γ) je merilo za hitrost, s katero potujejo plasti molekul ena mimo druge (Toledo, 2007).

Viskoznost je odvisna od temperature in se pri večini tekočin zmanjšuje s povečevanjem temperature. Vpliv temperature na viskoznost opišemo z Arrheniusovo zvezo (Sahin in Sumnu, 2006):

$$\mu = \mu_{\infty} \left(\frac{E_a}{RT} \right) \quad \dots(6)$$

E_a = aktivacijska energija (J/kg mol),

R = plinska konstanta (8314,34 J/kg mol K),

T = absolutna temperatura (K),

μ_{∞} = konstanta (Pa·s).

Rotacijski viskozimetri

Princip delovanja rotacijskih viskozimetrov temelji na merjenju sile, ki deluje na rotirajoče telo in je posledica viskoznosti merjenega vzorca. Sila je pod stalnimi pogoji delovanja funkcija hitrosti. Sam postopek merjenja in obdelave pridobljenih podatkov je enostaven. Primerni so za proučevanje plastičnih, dilatantnih, tiksotropnih, reopektičnih ter viskoelastičnih surovin ali končnih izdelkov (Popov-Raljić, 1999).

Rotacijski reometri se razlikujejo glede na način merjenja (Zupančič Valant, 1999):

- reometer z nastavljivo strižno hitrostjo (merimo strižno napetost),
- reometer z nastavljivo strižno napetostjo (merimo strižno hitrost).

Kljub temu, da so rotacijski viskozimetri nenatančni pri merjenju newtonskih tekočin, nam omogočajo merjenje pri nespremenljivih pogojih, večkratno merjenje istega vzorca pri različnih strižnih hitrostih in kontinuirno merjenje viskoznosti vzorca, katerega lastnosti so odvisne od temperature. Odstopanja med merjenjem strižne hitrosti znotraj enega vzorca

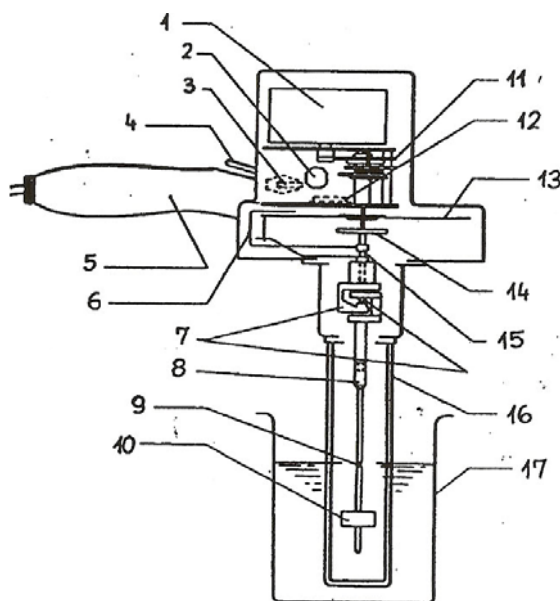
so majhna ali jih sploh ni (Viswanath in sod., 2007). Pri določeni strižni napetosti ali strižni hitrosti lahko določimo reološke lastnosti v odvisnosti od časa (Popov-Raljić, 1999).

Viskozimeter Brookfield RVF

Viskozimeter Brookfield RVF je rotacijski viskozimeter za merjenje viskoznosti nenewtonskih tekočin. Dobljena vrednost predstavlja "navidezno" viskoznost, ki služi za medsebojno primerjavo reoloških lastnosti preiskovanih vzorcev. Glede na vrednost viskoznosti preiskovane snovi je potrebno izbrati pravo kombinacijo vreteno-frekvenca, da bo meritev izvedljiva in da se zagotovi ustrezna natančnost meritve. Dobljen rezultat je odvisen od uporabljene kombinacije vreteno-frekvenca, časa merjenja in temperature preiskovane snovi (Černivec, 2005).

OPIS APARATA

- 1 Sinhronizacijski motor
- 2 Gumb za nastavitev frekvence
- 3 Stikalo za vklop in izklop motorja
- 4 Sklopka
- 5 Ročaj
- 6 Kazalec
- 7 Torna sklopka - prenos trenja
- 8 Matica z navojem na vretenu
- 9 Zareza na vratu vretena
- 10 Telo vretena
- 11 Pogonski element gredi
- 12 Vodna tehnica - libela
- 13 Številčnica
- 14 Kalibrirana spiralna vzmet
- 15 Pogonska gred
- 16 Kovinski ščitnik za vreteno
- 17 Merilna posoda



Slika 14: Skica rotacijskega viskozimetra Brookfield RVF (Černivec, 2005:1)

Princip delovanja

Motor viskozimetra vrti vreteno s konstantno strižno hitrostjo v preiskovani snovi. Odpor tekočine na povzročeno gibanje se prenaša preko vretena in povzroči napetost spiralne vzmeti, kar se odraža z odklonom kazalca na številčnici viskozimetra (Černivec, 2005).

Izračun "navidezne" viskoznosti

$$\eta = \frac{A \cdot k}{1000} \quad \dots(7)$$

Po enačbi (7) izračunamo viskoznost η tako, da vrednost odklona kazalca na številčnici A pomnožimo s koeficientom kombinacije vreteno-frekvenca k in delimo s 1000. Rezultat je podan v Pa·s.

2.4.3.2 Tekstura

Tekstura je skupni vtis mehanskih, geometrijskih in površinskih lastnosti izdelka, ki se zaznajo z mehanskimi, tipnimi in, kadar je to ustrezno, tudi z vidnimi in slušnimi receptorji. Mehanske lastnosti se nanašajo na odziv izdelka na obremenitev. Geometrijske lastnosti se nanašajo na velikost, obliko in razporeditev delcev v izdelku, npr. zrnatost (gladek, kašast, zrnat), struktura (vlaknat, celičast, kristalen). Površinske lastnosti se nanašajo na občutek, ki ga povzroči delež vode in/ali maščobe ter način, kako se v ustih te sestavine sproščajo (Plestenjak in Golob, 1999).

Preglednica 2: Povezava teksturnih lastnosti s primarnimi parametri ter uporabljenimi izrazi (Chen, 2007: 584)

Teksturne lastnosti	Primarni parametri	Uporabljeni izrazi
mehanske lastnosti	Trdota	mehek, trden, trd
	Kohezivnost	drobljiv, lomljiv, hrustljiv
	Viskoznost	redk, viskoz
	Elastičnost	plastičen, elastičen
geometrijske lastnosti	Velikost delcev in oblika	prašnat, zrnat, grobo zrnat, gladek
	Oblika delcev in razporeditev	vlaknat, celičen, kristaliničen
druge lastnosti	Sočnost	suh, vlažen, moker, voden
	Oljavost	oljav, mazav

Vrednotenje teksture se opravlja s senzoričnimi in instrumentalno-reološkimi analizami. Senzorična analiza teksture je časovno dolgotrajna in zahteva izbrane, usposobljene ocenjevalce ter ustrezno opremljene prostore (Plestenjak in Golob, 1999). Instrumentalne metode se nadomeščajo s senzoričnimi, navadno z namenom zmanjšanja stroškov ali povečanja učinkovitosti (Lawless, 1998). Eksperimentalno vrednotenje teksture je težavno zaradi ustvarjanja kontroliranih in ponovljivih pogojev. Tekstura se med grizenjem in žvečenjem prav tako zelo hitro spreminja, kar je z merjenjem mehanskih lastnosti težko spremljati (Plestenjak in Golob, 1999).

Povezanost senzorične in instrumentalne analize je odvisna od količine in števila uporabljenih vzorcev. Instrumentalna analiza mora kolikor je le mogoče posnemati pogoje, katerim so bili izpostavljeni senzorični preskuševalci. Ker med merjenjem s katerokoli od obeh tehnik pride do poškodb na vzorcu, tega vzorca ne smemo nato uporabiti v drugi analizi (Lawless, 1998). Pri izbiri instrumentalne metode moramo izbrati tisto, ki izkazuje glede na naše zahteve s senzorično analizo najboljšo povezavo (Lee in sod., 1999).

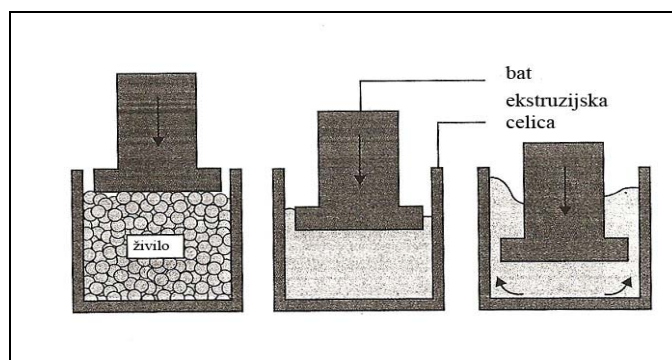
Merjenje teksturnih lastnosti z instrumenti ima nekaj prednosti pred senzorično analizo (Bourne, 2002):

- nižja cena,
- hitrejša metoda,
- rezultati senzorične analize se pogosto smatrajo kot mnenja in ne dejstva,
- boljša ponovljivost rezultatov,
- rezultati, dobljeni z instrumentalnimi analizami, se lahko uporabijo kot notranji ali mednarodni standardi za zagotavljanje teksturne kakovosti.

Kompresijsko-ekstruzijski test

Povratna ekstruzija je metoda za ugotavljanje tokovnega obnašanja tekočin. Uporabna je predvsem za paste in suspenzije z grudastimi delci (Gujral in Sodhi, 2002). V živilski industriji ima omenjena metoda velik potencial zaradi enostavnosti, hitrosti in nizkih stroškov (Paoletti in sod., 1995).

Pri kompresijsko-ekstruzijskem testu delujemo z določeno silo na živilo, pri čemer pride do stiskanja, dokler se struktura ne poruši. Živilo se nato ekstrudira nazaj skozi porušeno strukturo. Od tod ime povratna ekstruzija. Meri se maksimalna sila, potrebna za ekstruzijo in je merilo teksturne kakovosti (Bourne, 2002).



Slika 15: Kompresijsko-ekstruzijski test (Bourne, 2002: 127)

Tipična krivulja, ki jo dobimo po izvajanju povratne ekstruzije je prikazana na Sliki 23. Na njeno obliko vplivajo elastičnost, viskoelastičnost, viskoznost, obnašanje živila ob delovanju sile, velikost vzorca, hitrost deformacije, temperatura vzorca, vrsta testne celice in homogenost vzorca (Bourne, 2002).

2.4.4 Reološke lastnosti škrobnih suspenzij

Številne študije reoloških lastnosti škroba proučujejo enostavne sisteme škrob-voda, kjer je neposredna povezava z živili, ki vsebujejo škrob nemogoča. Za popolno razumevanje reološkega obnašanja škroba kot sestavine živil, je potrebno proučevanje na sistemih, ki so zelo podobni končnim izdelkom (Wischmann in sod., 2002).

Merjenje reoloških lastnosti škrobnih suspenzij navadno poteka z amilografom ali rotacijskim viskozimetrom, katerega delovanje je opisano pod točko 3.1.1.1.

Z amilografom merimo viskoznost škrobnih past tako, da 3 do 5 % disperzijo škroba mešamo v cilindrični posodici. Sila, s katero vretena mešajo disperzijo, se zapisuje na računalniku. Test se začne s postopnim segrevanjem (1,5 °C/min) škrobne disperzije. Škrobna zrnca nabrekajo in viskoznost mešanice se povečuje z naraščajočo temperaturo, ker zrnca zavzemajo čedalje več prostora znotraj posodice (Jackson, 2003). Stopnja nabreknenosti škrobnih zrnec je odvisna od količine amilopektina, amiloza pri tem deluje kot inhibitor nabreknanja (Singh in sod., 2003). Ko temperatura doseže 95 °C, se škrobna mešanica še vedno meša, medtem ko temperaturo vzdržujemo na tej višini eno uro. Zaradi izpostavljenosti nabreknenih zrnec strigu se začne viskoznost mešanice zmanjševati, kar je posledica razpada zrnec na manjše delčke. Po ciklu zadrževanja na temperaturi 95 °C, se škrob ohladi do temperature 50 °C. Nastanejo močne vodikove vezi in škrobni polimeri obdajo molekule vode, pri čemer nastane močno viskozen gel (Jackson, 2003).

Na reološke lastnosti škroba vplivajo tudi maščobne komponente, ki se povezujejo z amilozo. Dodatek maščobnih kislin učinkovito nadzira izhajanje amiloze in zavira proces želiranja tako, da preprečuje nabreknanje škrobnih zrnec. Prav tako lahko z maščobnimi kisljinami močno zmanjšamo viskoznost škrobnih disperzij pred ali po segrevanju. Velikost sprememb je odvisna od dolžine verige maščobnih kislin, stopnje želiranja škrobnih zrnec, temperature segrevanja in hitrosti mešanja vzorca (Raphaelides in Georgiadis, 2008).

2.4.5 Reološke lastnosti omak

Omake so tipični multifazni sistemi z mejo plastičnosti (Stokes in Telford, 2004). Za njih je značilna mejna napetost (Žumer, 1999). To je najmanjša napetost, potrebna, da tekočina steče in je ključnega pomena pri predelavi živila, zagotavljanju njegove stabilnosti in dobrih senzoričnih lastnosti. Snovi z mejo plastičnosti so tipično tiksotropne, občutljive na strig, predhodno toplotno obdelavo ter staranje (Stokes in Telford, 2004).

Omake so strukturirane tekočine s kompleksno mikrostrukturo, zato je potrebno zagotoviti točno, natančno ter zanesljivo metodo merjenja tekočinskega obnašanja (Stokes in Telford, 2004). Reologija emulzije je tako odvisna od številnih strukturnih parametrov, kot so interakcije med delci, velikost, oblika in polidisperznost delcev, viskoznost kontinuirne faze,... (Martinez in sod., 2003).

Merjenje striga strukturiranih tekočin je zahtevna naloga zaradi številnih vzrokov, vključno z različnostjo posameznih vzorcev, izbrano geometrijo reometra, porušenjem strukture merjenega vzorca v merilnem sistemu ter prisotnostjo velikih delcev. Vsi ti dejavniki se kažejo kot nepravilno dobljeni rezultati meritev, katerih posledica je napačno podajanje rezultatov (Stokes in Telford, 2004).

2.4.6 Pomen reologije v živilstvu

Poznavanje reoloških lastnosti živil je pomembno iz številnih vidikov živilske znanosti in tehnologije, kot so načrtovanje procesov, modeliranje posameznih procesnih operacij, izdelava pakirnih strojev, procesna kontrola kakovosti, ovrednotenje sestavin, vmesnih in končnih izdelkov ter instrumentalne analize teksture (Lefebvre, 2003).

V zadnjem desetletju se večina raziskovalcev na področju reologije živil posveča karakterizaciji viskoelastičnih lastnosti. Te predstavljajo najučinkovitejši pristop pridobivanja informacij o strukturi kompleksnih koncentriranih snovi in njen vpliv na različne fizikalne, kemijske in biokemijske postopke obdelave (Lefebvre, 2003).

Manipulacija surovin, polizdelkov in končnih izdelkov je povezana z najrazličnejšimi mehanskimi obremenitvami, pri čemer nam poznavanje reoloških parametrov omogoča boljše načrtovanje procesov za ohranitev ustrezne kakovosti surovin med skladiščenjem in številnimi proizvodnimi fazami. Reološke parametre lahko uporabimo pri določevanju roka uporabe živil in pri avtomatizaciji ter optimizaciji proizvodnje zaradi relativno enostavnega in hitrega merjenja (Kač, 1999).

Tekstura in konzistenca živil sta posledici reoloških lastnosti živila, ki ju zaznajo naši čuti in neposredno določata sprejemljivost živila za potrošnika. Reološke raziskave raztopin in makromolekul imajo velik praktičen pomen v živilski industriji, saj preko njih lahko sklepamo o interakcijah med delci v sistemu in posledično odvisnosti reoloških parametrov od koncentracije sestavin, temperature in raznih dodatkov (Kač, 1999).

Uporaba reologije je najpomembnejša v naslednjih kategorijah, s katerimi zagotavljamo sprejemljivost živil (Bourne, 2002):

- videz, ki ga določajo nekatere strukturne in mehanske lastnosti,
- aromatičnost, katere intenzivnost je odvisna od sproščanja aromatičnih komponent med razgradnjo v ustih,
- otip, na katerega imajo reološke lastnosti najpomembnejši vpliv.

Z vpogledom v mikroreološke lastnosti živil lahko napovemo obnašanje živil v ustih, prav tako nam strukturno obnašanje živil ob nastanku deformacije zagotavlja ključne informacije o ureditvi delcev (oblika in prostorska ureditev) ter njihovih interakcijah (kovalentne in nekovalentne vezi, močne in šibke sile). Opazovanje živil med proizvodnimi procesi nam omogoča razvoj izdelkov z želenimi reološkimi lastnostmi, kot so viskoznost, stabilnost in razgradnja (Nicolas in sod., 2003).

2.5 SENZORIČNA KAKOVOST

2.5.1 Splošno o senzorični kakovosti

Pojem kakovosti je verjetno najpogostejša beseda, ki spremlja živilo od njegove izdelave do postrežbe za mizo. V literaturi najdemo številne definicije kakovosti, od zelo splošnih, kot je: kakovost je prilagajanje namenu ali kakovost je primernost izdelka za uporabo, do natančnejših, kot je na primer Kramerjeva definicija iz leta 1959: kakovost je vsota tistih lastnosti izdelka, ki so zanj značilne in pomembne pri določanju stopnje sprejemljivosti izdelka pri potrošnikih (Golob in Jamnik, 2004).

2.5.2 Senzorična analiza

Senzorična analiza je znanstvena disciplina, s katero izražamo, merimo, analiziramo ter interpretiramo lastnosti živil, ki jih zaznavamo s čutili vida, voha, okusa, otipa ter sluha (Koehl in sod., 2005). Sprejemljivost za hrano se nanaša na okusnost, čustveni ton, nagnjenost k določeni hrani, prijetnost, itn. Pri tem gre za osebno dejanje izbire in sprejemljivosti za določeno hrano, ki temelji na senzorni, zaznavni informaciji o hrani (Pokorn, 2002).

S senzorično analizo lahko ugotovimo (Skvarča, 1999):

- stopnjo odličnosti senzoričnih lastnosti,
- stopnjo izraženosti posameznih specifičnih lastnosti (videz, barva, aroma),
- stopnjo uglašenosti (harmonijo) med posameznimi komponentami v enotno zaznavo jedi (aroma, tekstura).

Senzorična analiza določa sprejemljivost končnega izdelka na prodajni polici ali nam služi kot analiza za določanje roka uporabnosti izdelka. Pri razvoju novega izdelka je glavni namen senzorične analize zmanjšati oziroma odpraviti možnost neuspešne prodaje (Milo Ohr, 2001).

Senzorično analizo sestavljajo številne tehnike in načini, ki omogočajo natančno merjenje človekovega odziva na hrano, minimizirajo stranske učinke ocenjevanja izdelka ter zunanje učinke, ki vplivajo na preskuševalčevo zaznavo (Golob in sod., 2006).

Kljub dolgoletnemu prepričanju, da so rezultati senzorične analize subjektivni, nam razvoj in uporaba natančnih znanstvenih metod preskušanja živil v zadnjem času zagotavlja ponovljive in objektivne rezultate. Senzorična analiza je danes priznana in drugim vedam, kot so matematika, fizika, kemija, enakovredna znanstvena disciplina (Golob in sod., 2006).

2.5.2.1 Senzorični preskuševalci

Panel ali skupino senzoričnih preskuševalcev sestavljajo posamezni člani panela, ki jih je potrebno ustrezno izbrati, izšolati ter preverjati. Senzorično analizo lahko izvajajo trije tipi preskuševalcev glede na njihove sposobnosti zaznavanja, razlikovanja, stopnjo šolanja in izkušnje (Golob in sod., 2006):

- preskuševalci (laiki ali preskuševalci začetniki)-so ljudje, ki še niso delali po natančnih kriterijih ali začetniki, ki so že sodelovali v senzoričnem ocenjevanju,
- izbrani preskuševalci-kandidati, ki so bili izbrani in šolani za ocenjevanje z določeno senzorično metodo in za delo na določenem področju,
- izvedenci ali strokovnjaki (eksperti) so lahko izvedeni preskuševalci, ki so pri delu v panelu pokazali določeno ostrost svojih čutov in razvili dober, dolgotrajen spomin ali specializirani izvedeni preskuševalci, ki uporabljajo specialno znanje, pridobljeno na določenih strokovnih področjih.

2.5.2.2 Metode senzoričnega ocenjevanja

Senzorična analiza je sestavljena iz različnih tehnik, ki morajo zagotoviti pogoje brez motečih stranskih učinkov okolja ali izdelka, ki bi lahko vplivali na preskuševalčevo zaznavo. V glavnem jih delimo na analitične in hedonske preskuse. Kateri preskus bomo izbrali, je odvisno od problema, ki ga želimo rešiti (Golob in sod., 2005).

Senzorične lastnosti se ocenjuje z dvema vrstama testov, in sicer s potrošniškimi testi ter testi z izšolanimi analitičnimi paneli (deskriptivni in analitični testi). Povezava med obema vrstama testov nam omogoča določevanje senzoričnih profilov, ki najbolj ponazarjajo kakovost izdelka na trgu, omogočajo vzpostavitev kontrole s strani podjetij, izboljšanje kakovosti ter razvoj novih izdelkov (Pérez Elortondo in sod., 2007).

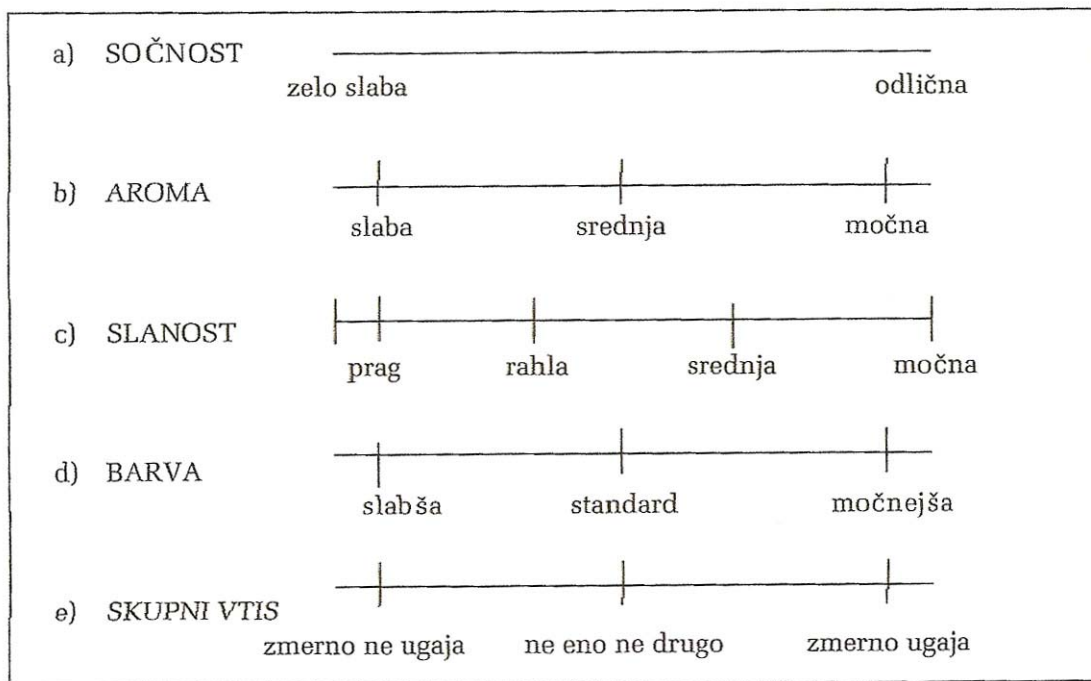
Hedonski (potrošniški ali afektivni) testi se uporabljajo predvsem za zagotavljanje optimalnih lastnosti izdelka na trgu. Vrsta hedonskih testov so preferenčni testi, ki jih delimo na preferenčne teste s primerjavo v parih in preferenčne teste z rangiranjem. Slabost teh testov je, da ne pokažejo stopnje sprejemljivosti izdelka, temveč samo nakazujejo na potrošnikovo izbiro. Zato se najpogostejši uporabljeni hedonski testi z lestvicami, ki prikazujejo neposredno povezavo med vzorci ter omogočajo ocenjevanje stopnje sprejemljivosti izdelka. Potrošniki pri teh testih izražajo pozitivne ali negativne odzive na določen izdelek, kar je bistvena prednost te vrste testov (Bergara-Almeida in da Silva, 2002).



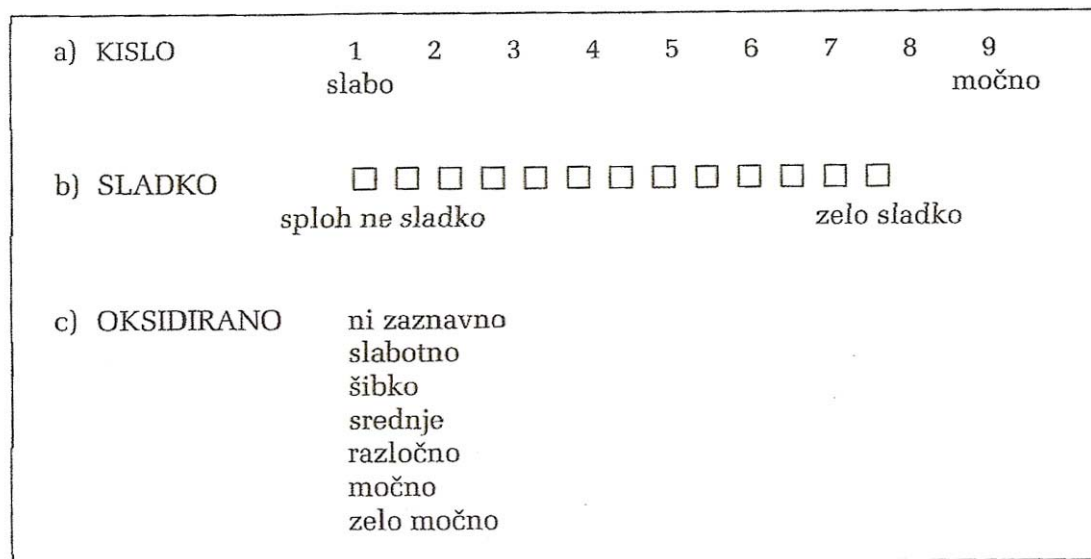
Slika 16: Primer hedonskega testa (Lawless, 1998:221)

Analitični testi so zahtevnejši in se delijo na (Golob in sod., 2006):

- preskuse razlikovanja (ugotavljanje razlik med dvema ali več izdelki),
- preskusi z lestvicami ali razredi (določanje stopnje, velikosti ali intenzivnosti razlik ene ali več senzoričnih lastnosti, lahko tudi ocenjevanje skupne kakovosti),
- deskriptivna ali opisna analiza (preiskovanje enega ali več vzorcev z namenom označitve kakovosti in kvantitete ene ali več senzoričnih lastnosti).



Slika 17: Primeri običajnih linearnih lestvic (Golob in sod., 2006: 40)



Slika 18: Primeri intenzivnostnih lestvic (a-številčna, b-grafična, c-opisna) (Golob in sod., 2006: 40)

Opisna ali deskriptivna analiza

Opisna analiza je postopek opisovanja zaznanih senzoričnih lastnosti izdelka, običajno v takem vrstnem redu, kot jih zaznavamo. Je popoln senzorični opis, ki upošteva vse občutke (vidne, slušne, vohalne, tipalne, itd.), zaznane med ocenjevanjem izdelka (Golob in sod., 2006).

Opisna analiza je torej metoda, pri kateri senzorične lastnosti izdelka identificiramo, jih opišemo z besedo in nato tudi kvantitativno ovrednotimo (Golob in sod., 2006). Poznamo kvalitativne in kvantitativne deskriptivne metode, ki jih izvajajo visoko usposobljeni senzorični preskuševalci. Kvalitativni vidik ocenjevanja zajema definicijo izdelka in vključuje izgled, aromo, okus, teksturo ali njegove slušne lastnosti, po katerih se loči od primerljivega izdelka. Panel preizkuševalcev mora biti sposoben razlikovanja in ocenjevanja kvantitativnega ali intenzivnostnega vidika izdelka. Prav tako mora definirati stopnjo izraženosti določene lastnosti. Dva izdelka lahko vključujeta isti kvalitativni deskriptor, vendar se razlikujeta po njegovi izraženosti, kar močno vpliva na končni senzorični profil izdelka (Meilgaard in sod., 2007). Deskriptor je definiran izraz (beseda ali opis), s katerim preskuševalec opiše zaznavo in omogoča ocenjevanje na neki intenzivnostni lestvici (Golob in sod., 2006).

Najbolj znane in uporabne metode opisne analize so (Golob in sod., 2006):

- profiliranje arome,
- kvantitativna opisna analiza,
- profiliranje teksture,
- metode senzoričnega spektra,
- profiliranje po lastni presoji.

Opisna analiza se uporablja v naslednjih primerih (Golob in sod., 2006):

- ko želimo natančno določiti senzorične lastnosti posameznega izdelka,
- ko želimo primerjati različne izdelke med seboj,
- za primerjavo izdelka s standardom,
- za testiranje obstojnosti izdelkov,
- široka možnost uporabe v študijah o onesnaževanju,
- pri razvijanju novih izdelkov ali izboljšavi obstoječih,
- za primerjavo senzoričnih lastnosti z instrumentalnimi, kemijskimi ali fizikalnimi lastnostmi,
- za primerjavo senzoričnih lastnosti izdelka z njegovo sprejemljivostjo pri potrošniku.

2.5.2.3 Pomen in uporaba senzorične analize

Pomen senzorične analize se kljub številnim sodobnim in visoko občutljivim metodam (plinska in tekočinska kromatografija, infrardeča in ultravijolična spektroskopija, masna spektroskopija, nuklearna magnetna resonanca) še povečuje, saj so instrumenti pogosto sposobni analize le posameznih sestavin, medtem ko so človekove zaznave sposobne ocene skupnega vtisa vonja, okusa, temperature in drugih taktilnih zaznav (Golob in sod., 2006). Njene priložnosti so predvsem na področju razvoja in raziskovanja, tržnih raziskav ter kontrole kakovosti živil (Muñoz, 2002).

Senzorična analiza je vsestransko uporabna pri (Golob in sod., 2006):

- kontroli kakovosti osnovnih surovin in končnih izdelkov,
- spremljanju kakovosti izdelkov med skladiščenjem,
- analizi konkurenčnih izdelkov,
- proučevanju vzrokov določenih sprememb v barvi, vonju, okusu, aromi, teksturi,
- primerjanju senzoričnih lastnosti izdelka z njegovimi instrumentalnimi, kemijskimi ali fizikalnimi lastnostmi,
- tržnih raziskavah,
- različnih hedoničnih analizah (ugotavljanje sprejemljivosti izdelka za potrošnika).

2.5.3 Senzorične lastnosti pasteriziranih ohlajenih gotovih jedi

Trendi v proizvodnji gotovih jedi narekujejo zahteve po svežosti jedi, visoki kakovosti, majhne slanosti, brez konzervirnih sredstev ter s čim krajšim postopkom priprave (Fagan in Gormley, 2005).

Glavna lastnosti gotovih jedi, ki določa sprejemljivost pri potrošniku, je videz. Senzorična kakovost in sprejemljivost teh izdelkov pri potrošniku je zadovoljiva najmanj 40 dni od datuma proizvodnje. Raziskave senzoričnih lastnosti *sous-vide* gotovih jedi so v glavnem osredotočene na vpliv časa shranjevanja in kažejo na to, da je čas obstojnosti odvisen od vrste izdelka. Izdelki z rdečim mesom ohranijo senzorične lastnosti nespremenjene 23 do 35 dni, izdelki, ki vsebujejo belo meso 14 do 30 dni ter mesni in zelenjavni izdelki do 7 dni (Armstrong in McIlven, 2000).

Pri jedeh, pripravljenih po *sous-vide* postopku je onemogočeno izhlapevanje hlapnih komponent, prav tako ne prihaja do izgube hranil, spremembe teksture in arome. Kakovost končnih izdelkov po *sous-vide* postopku je v primerjavi z jedmi, pripravljenimi s konvencionalnimi metodami, bistveno boljša (Fagan in Gormley, 2005).

2.5.4 Senzorične lastnosti omak

Na senzorično kakovost pomembno vpliva čas skladiščenja, ki je zelo odvisen od vrste jedi in je v tesni povezavi z vrsto pakiranja. Številne nove tehnike pakiranja v vakuumu in pakiranje v modificirani atmosferi omogočajo bistveno daljše skladiščenje brez občutnega poslabšanja kakovosti, vendar ne morejo bistveno vplivati na barvo in teksturo omak v sestavljenih jedeh (Skvarča, 1995).

Za vsako omako je potrebno najprej definirati njeno uporabnost. Marinada je lahko redkejša od omake, ki jo bomo uporabili kot preliv. Omake za pomakanje morajo biti dovolj zgoščene, da se oprimejo izdelka, zato morajo biti emulzije vode v olju, stabilizirane s škrobom ali emulgatorjem. Če se v omake pomaka izdelek z visoko vsebnostjo maščob, jim ni potrebno dodajati maščob za dosego ustreznega občutka v ustih, ker ji ga omogoča škrob. V nasprotju z omakami, v katere pomakamo zelenjavo, pri katerih je potreben dodatek maščob (Wade, 2005a).

Omake so pomembni sestavni del jedi, pripravljenih po postopku *sous-vide*. Pravilna izbira stabilizatorjev in/ali zgoščevalnih sredstev je pomemben faktor, ki vpliva teksturo in končni izgled jedi (Gorris, 1996).

Nezaželeni lastnosti omak so naslednje (Gašperlin, 2005):

- motnost in izdvojena mast (posledica slabega segrevanja in mešanja),
- kepast, zrnata omaka-nehomogenost (posledica neprimerne priprave).

Barva omake se spremeni, če jo izpostavimo svetlobi. Umetna barvila, prav tako tudi ekstrakti (npr. ekstrakt paprike), vendar v manjši meri, zagotavljajo stabilnost barve v daljšem časovnem obdobju. Razbarvanje in izguba arome ponavadi nista povezani s škrobom, temveč z ravnovesjem med kislinami in antioksidanti. V številnih primerih je razbarvanje posledica oksidacije, ki je neposredno povezana z vsebnostjo maščobe. Sestava in tip maščobe pomembno vplivata tako na barvo kot teksturo. Kelati, kot sta citronska in askorbinska kislina, se ponavadi uporabljajo pri zaščiti omak pred izgubo tipične barve (Wade, 2005b).

Paradižnikova omaka je navadno zgoščena z nativnimi ali modificiranimi škrobi, ki imajo sposobnost zgoščevanja pri nizkem pH (Wade, 2005b), kar se pogosto kaže kot kisli občutek v ustih, ki ga zmanjšamo z dodatkom majhnih količin sladkorja (Baggs, 2003).

3 MATERIAL IN METODE DELA

3.1 MATERIAL RAZISKAVE

3.1.1 Vzorci za analizo

Osnovni material za izvedbo naloge so bile štiri omake, ki so se razlikovale po vrsti uporabljenega škroba kot zgoščevalnega sredstva. Omake so bile pripravljene po recepturi proizvajalca.

Osnovne sestavine za pripravo omak so bile naslednje: voda, čebula, paradižnikov pire, belo vino, gorčica, naravna aroma, začimbe, škrob za zgoščevanje.

Sestava poskusnega vzorca 1: voda, čebula, paradižnikov pire, belo vino, gorčica, naravna aroma, začimbe, rižev škrob.

Sestava poskusnega vzorca 2: voda, čebula, paradižnikov pire, belo vino, gorčica, naravna aroma, začimbe, koruzni škrob.

Sestava poskusnega vzorca 3: voda, čebula, paradižnikov pire, belo vino, gorčica, naravna aroma, začimbe, modificirani koruzni škrob.

Sestava poskusnega vzorca 4: voda, čebula, paradižnikov pire, belo vino, gorčica, naravna aroma, začimbe, krompirjev škrob.

3.2 NAČRT POSKUSA

3.2.1 Predposkus

V predposkusu smo senzorično ocenili vzorce omak. Ugotovili smo, da so bile vse omake močno začinjene. Zaradi velikega števila vzorcev za senzorično analizo in izredno pekočega občutka v ustih, je bilo ocenjevanje senzoričnih lastnosti precej oteženo. Zato smo se, da bomo v glavnem eksperimentu ocenjevali omake brez dodatka pekoče paprike.

Opravili smo naslednji instrumentalni analizi:

- merjenje viskoznosti z rotacijskim viskozimetrom Brookfield RVF,
- merjenje reoloških lastnosti s povratno ekstruzijo.

Vsem vzorcem smo izmerili tudi pH vrednosti.

3.2.2 Načrt glavnega eksperimenta

Vzorci omak so bili izdelani v obratu (Proconi d.o.o., Murska Sobota) dva dni pred začetkom praktičnega dela diplomske naloge. Vzorci so bili pripravljani v treh proizvodnih ponovitvah (šaržah). Omake so bile pakirane v plastičnih posodah. Neposredno po izdelavi in pakiranju smo vzorce skladiščili v hladilniku pri temperaturi 4 °C.

Osnovne sestavine za pripravo omak so bile naslednje: voda, čebula, paradižnikov pire, belo vino, gorčica, naravna aroma, začimbe, škrob za zgoščevanje.

Vzorci so se razlikovali po vrsti škroba. Vzorec 1 je vseboval rižev, vzorec 2 koruzni, vzorec 3 modificirani koruzni in vzorec 4 krompirjev škrob.

Senzorično analizo in merjenje reoloških lastnosti s povratno ekstruzijo smo izvedli drugi dan, merjenje viskoznosti pa šesti dan po proizvodnji. Določeno število vzorcev smo skladiščili na temperaturi 4 °C pet tednov od datuma proizvodnje.

Vzorke omake je na Katedri za tehnologijo mesa in gotovih jedi senzorično ocenil tričlanski panel, ki je uporabil analitični deskriptivni test s točkovanjem senzoričnih lastnosti. Ocenjevanje je potekalo drugi, triindvajseti in sedemintrideseti dan po proizvodnji.

V istem časovnem intervalu smo na Katedri za tehnologijo mesa in gotovih jedi izvedli tudi merjenje pH in test s povratno ekstruzijo.

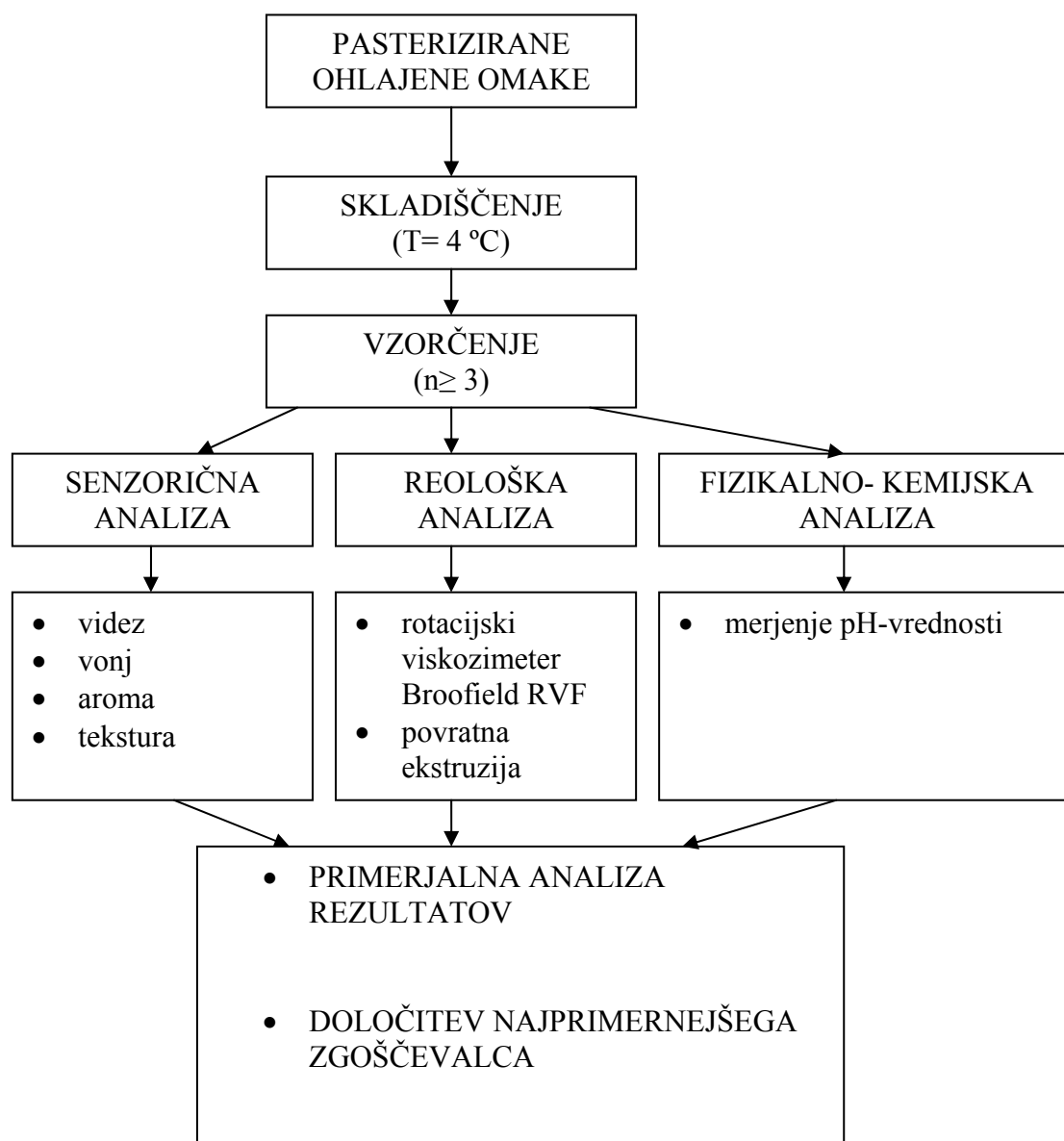
Reološka analiza merjenja viskoznosti je bila izvedena na rotacijskem viskozimetru v Tovarni Helios, d.d. v Domžalah. Analize so bile izvedene štiri dni po analizah, opravljenih na Biotehniški fakulteti, in sicer šesti, sedemindvajseti in enainštirideseti dan po proizvodnji.

3.2.3 Priprava vzorcev

Vzorke so pripravili v proizvodnem obratu (Proconi d.o.o., Murska Sobota). Vzorke smo skladiščili v hladilniku na temperaturi 4 °C, kot je predvideno v navodilih proizvajalca.

Pred segrevanjem vzorcev za senzorično analizo smo folijo nekajkrat preluknjali in posodo z vzorcem postavili v mikrovalovno pečico (700W) za približno dve minuti. Temu je sledila senzorična analiza vzorcev, ogreth na temperaturo uživanja (75 °C).

Za izvajanje reoloških meritev smo vzorce najprej prelili v 300 mL čaše in jih temperirali v vodni kopeli pri temperaturi 20 °C. Pri izvajanju testa s povratno ekstruzijo smo prelili 300 mL vzorca v tri posodice, v katerih smo nato izvajali meritve. Pred samo analizo smo vzorce dobro premešali. Merjenje viskoznosti z rotacijskim viskozimetrom smo izvajali v 300 mL čašah.



Slika 19: Načrt poskusa

3.3 METODE DELA

3.3.1 Senzorična analiza

Senzorično analizo je izvajal tričlanski panel, sestavljen iz izkušenih preskuševalcev s Katedre za tehnologijo mesa in gotovih jedi na Biotehniški fakulteti.

Vzorci omak v originalni embalaži smo predhodno pogreli (Slika 20). Regeneracija je potekala v mikrovalovni pečici dve minuti in pol do središčne temperature približno 80 °C. Vzorci smo označili tako, da ni bilo mogoče ugotoviti vrsto škroba v vzorcu. Senzorična komisija je vzorce ocenjevala na belih porcelanastih krožnikih.



Slika 20: Vzorce omak (zaprte omake na levi in odprte na desni)

Izbor ocenjevanih senzoričnih lastnosti in tehniko ocenjevanja smo izbrali na osnovi predposkusnega ocenjevanja. Senzorično analizo smo izvedli s točkovanjem lastnosti iz skupine analitičnih deskriptivnih testov z nestrukturirano točkovno lestvico (1-7 točk) in strukturirano točkovno lestvico (1-4-7 točk).

Rezultati ocenjevanih parametrov senzorične analize so povprečna vrednost vseh treh preskuševalcev.

Merila za ocenjevanje posameznih senzoričnih lastnosti so bila naslednja:

VIDEZ

Lesk (1-7 točk)

7-omaka z izrazitim leskom

1-omaka brez leska

Intenzivnost barve (1-4-7)

7-pretemna barva omake

4-optimalna barva omake

1-presvetla barva omake

Stabilnost (1-7 točk)

7-stabilen vzorec, brez izločene maščobe ali vode

1-nestabilen vzorec, z veliko izločene maščobe in/ali vode

VONJ

Značilnost vonja (1-7 točk)

7-odlično izražen, značilen vonj omake

1-zelo slabo izražen, netipičen vonj

OKUS

Kislost (1-7 točk)

7-odlično izražena kislost omake

1-zelo slabo izražena kislost omake

AROMA

Značilnost arome (1-7 točk)

7-značilna, dobro izražena aroma paradižnikove omake

1-neizrazita in neznačilna aroma paradižnikove omake

TEKSTURA

Gostota (1-4-7 točk)

7-pregosta omaka

4-omaka z optimalno gostoto

1-preredka omaka

Homogenost (1-7 točk)

1-nehomogena omaka

7-homogena omaka.

Občutek v ustih (1-7 točk)

Ta lastnost se oceni z okušanjem vzorca v ustih, kjer ugotavljamo lepljivost omake na nebo ali zobe ter pookus.

7-omaka z normalnim oz. optimalnim občutkom v ustih, brez pookusa

1-omaka se lepi na nebo ali zobe, ima močan pookus

SKUPNI VTIS (1-7 točk)

Ta senzorična lastnost se oceni na koncu senzorične analize kot splošna sprejemljivost izdelka na osnovi predhodnega senzoričnega ocenjevanja vseh lastnosti.

7-odličen skupni vtis in sprejemljivost vzorca

1-izredno slaba senzorična kakovost, popolnoma nesprejemljiva jed.

3.3.1.1 Reološke analize omak**Merjenje viskoznosti z rotacijskim viskozimetrom**

Viskoznost omak smo izmerili z viskozimetrom Brookfield RVF v tovarni Helios d.d. Viskozimeter Brookfield RVF je primer rotacijskega viskozimetra in je primeren za merjenje nenewtonskih tekočin. Dobljena vrednost ne predstavlja prave, temveč "navidezno" viskoznost, ki omogoča medsebojno primerjavo reoloških lastnosti omak. Vrednosti za viskoznost se izražajo v Pa·s in se merijo v območju 0,005-20.000 Pa·s.

Postopek dela z viskozimetrom Brookfield RVF

Po opravljenem predposkusu je bila kot najprimernejša kombinacija vreteno-frekvenca izbrano tretje vreteno in frekvenca 20 obratov na minuto. Vzorce smo nalili v 300 mL čaše in jih temperirali na 20 °C. Nato smo posamezne čaše z vzorci postavili pod viskozimeter in naravnali na višino, primerno za pravilno nastavitve vretena.



Slika 21: Merjenje "navidezne" viskoznosti z rotacijskim viskozimetrom Brookfield

Vreteno smo potopili v vsebino pod kotom 45° glede na površino vzorca omake. S tem smo preprečili nastanek mehurčkov pod vretenom. Vreteno smo nato naravnali navpično in ga privili na os aparata. Višino aparata smo spustili do nivoja, ko je zareza na vretenu potopljena do površine vzorca, pri čemer je moral biti nivo vsebine v čaši tolikšen, da je bila konica vretena več kot 1 centimeter od dna čaše. Pritisnili smo na sklopko, vključili motor, sklopko spustili in naravnali na frekvenco 20 obratov na minuto. Po desetih obratih smo odčitali odklon kazalca na številčnici. Odčitek smo pomnožili s koeficientom 50, ki je predisan (po interni tabeli tovarne Helios, d.d.) za uporabljeno kombinacijo vreteno-frekvenca. Rezultat smo izrazili v Pa·s. Viskoznost posameznega vzorca je bila izmerjena v treh ponovitvah.

Merjenje teksture s povratno ekstruzijo

Teksturo omak smo izmerili z aparaturom Texture Analyzer TA.XT Plus na Katedri za tehnologijo mesa in gotovih jedi na Biotehniški fakulteti. Posamezen vzorec je bil merjen v treh ponovitvah.

Postopek dela

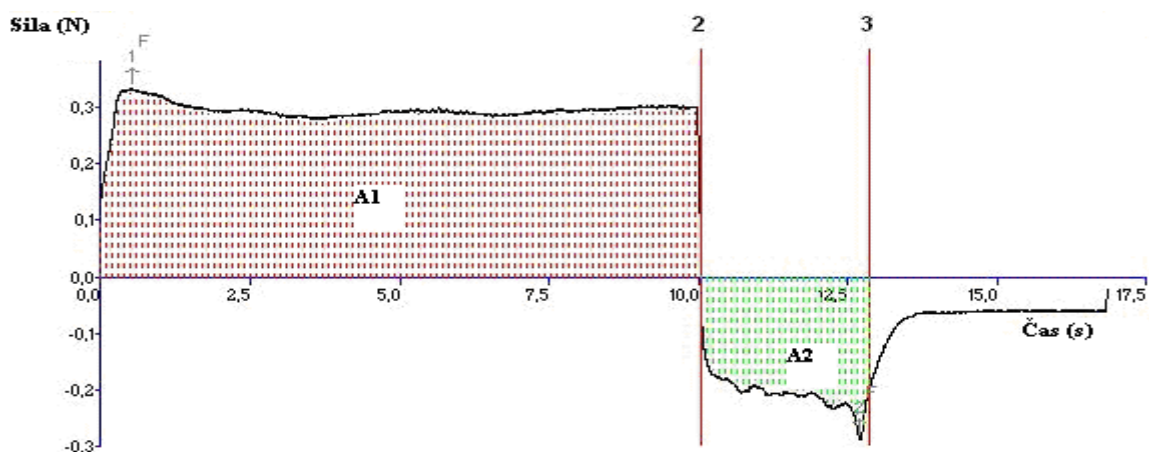
Za merjenje reoloških lastnosti smo vzeli uradno metodo za merjenje reoloških lastnosti jogurta (Yoghurt back extrusion), kjer so nastavljeni naslednji parametri:

- predtestna hitrost: 1 mm/s,
- testna hitrost: 3 mm/s,
- hitrost po izvedenem testu: 10 mm/s.



Slika 22: Merjenje teksturnih parametrov z aparaturom Texture Analyzer TA.XT Plus

Aparat je potrebno najprej kalibrirati z dvokilogramsko utežjo. Vzorce, temperirane na 20°C , premešamo in nalijemo v 300 mL čaše. Nato izvedemo meritev. Značilna krivulja se je izrisala na ekranu (Slika 23). Dobljeni rezultati predstavljajo čvrstost (F1), konzistenco (A1), kohezivnost (F2) in viskoznost (A2).



Slika 23: Značilna krivulja kompresijsko-ekstruzijskega testa

3.3.1.2 Fizikalno-kemijska analiza

Merjenje vrednosti pH

Vzorcem smo s pH-metrom TESTO 230 v 300 mL čašah izmerili pH v treh ponovitvah in v treh časovnih intervalih.

3.3.1.3 Statistična analiza

Za statistično obdelavo podatkov smo uporabili programski paket SAS/STAT (SAS Software. Version 8.01, 1999). V poskusu zbrane podatke smo pripravili in uredili s programom EXCEL XP. Osnovne statistične parametre smo izračunali s postopkom MEANS, s postopkom UNIVARIATE pa smo podatke testirali na normalnost porazdelitve. Pri obdelavi podatkov s statističnim modelom 1 smo uporabili postopek GLM (General Linear Model).

V statistični model 1 smo vključili vpliv skladiščenja, uporabljene vrste škroba in interakcije škrobov in skladiščenja.

Statistični model 1:

$$y_{ijk} = \mu + \check{S}_i + S_j + \check{S} * S_{ij} + e_{ijk}$$

y_{ijk} = opazovana vrednost

μ = povprečna vrednost

$\check{S}_i$ = vpliv i-tega škroba; i = rižev, koruzni, modificiran, krompirjev

S_j = vpliv j-tega časa skladiščenja; j = 2, 23, 37 dni

e_{ijk} = ostanek.

Srednje vrednosti za eksperimentalne skupine so bile izračunane z uporabo Duncanovega testa in so primerjane pri 5 % tveganju.

4 REZULTATI

V nadaljevanju so podane preglednice statistične obdelave rezultatov senzorične in reološke analize, rezultati primerjave senzoričnih lastnosti z instrumentalno izmerjenimi parametri teksture ter rezultati fizikalno-kemijske analize.

4.1 REZULTATI SENZORIČNE ANALIZE

Preglednica 3: Rezultati senzorične analize omak, narejenih z različnimi škrobi, z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri

Senzorične lastnosti (točke)	n	$\bar{x}$	min	max	so	KV (%)
stabilnost (1-7)	108	5,5	4,5	6,0	0,42	7,62
gostota (1-4-7)	108	3,9	3,0	5,0	0,53	13,61
homogenost (1-7)	108	5,3	4,0	6,0	0,43	8,27
lesk (1-7)	108	5,8	5,0	6,5	0,50	8,61
občutek (1-7)	108	5,4	4,5	6,0	0,43	8,08
kislost (1-7)	108	4,6	3,5	5,5	0,45	9,71
vonj (1-7)	108	5,1	4,0	6,0	0,35	6,96
barva (1-4-7)	108	3,2	2,0	4,0	0,45	13,95
aroma (1-7)	108	5,0	4,0	6,0	0,39	7,84
skupni vtis (1-7)	108	5,1	4,5	5,5	0,34	6,63

n-število obravnavanj; $\bar{x}$ -povprečna vrednost; min-minimalna vrednost; max-maksimalna vrednost; so-standardni odklon deviacija; KV (%) -koeficient variabilnosti

Največjo variabilnost rezultatov senzorične analize so pokazali parametri gostote, kislosti in barve. Velika variabilnost rezultatov se pojavlja tudi pri ostalih ocenjevanih senzoričnih lastnostih, posebno pri lesku, homogenosti in občutku v ustih.

Preglednica 4: Vpliv vrste škroba in časa skladiščenja na senzorično kakovost omak

Parameter (točke)	Skladiščenje (dnevi)	Vrsta škroba ($\bar{x} \pm so$)				Značilnost
		koruzni	krompirjev	modificiran	rižev	
stabilnost (1-7)	2	$5,9 \pm 0,2^{ax}$	$5,4 \pm 0,3^{bx}$	$5,4 \pm 0,3^{bx}$	$5,8 \pm 0,3^{ax}$	$p_s < 0,0001$
	23	$5,7 \pm 0,3^{axy}$	$5,1 \pm 0,4^{by}$	$5,4 \pm 0,6^{abx}$	$5,6 \pm 0,3^{ax}$	$p_s = 0,0169$
	37	$5,4 \pm 0,5^{aby}$	$5,1 \pm 0,3^{bxy}$	$5,6 \pm 0,5^{ax}$	$5,5 \pm 0,3^{abx}$	$p_{s*s} = 0,1513$
gostota (1-4-7)	2	$3,7 \pm 0,4^{cy}$	$4,1 \pm 0,3^{by}$	$3,3 \pm 0,4^{dy}$	$4,5 \pm 0,3^{ax}$	$p_s < 0,0001$
	23	$4,1 \pm 0,2^{bx}$	$4,5 \pm 0,3^{ax}$	$3,7 \pm 0,3^{cx}$	$3,3 \pm 0,5^{dz}$	$p_s = 0,8604$
	37	$3,9 \pm 0,2^{bxy}$	$4,4 \pm 0,4^{ax}$	$3,3 \pm 0,4^{cy}$	$3,9 \pm 0,3^{by}$	$p_{s*s} < 0,0001$
homogenost (1-7)	2	$5,4 \pm 0,4^{ax}$	$5,3 \pm 0,4^{ax}$	$5,3 \pm 0,4^{ax}$	$5,3 \pm 0,3^{ax}$	$p_s < 0,0001$
	23	$5,4 \pm 0,3^{ax}$	$4,7 \pm 0,4^{by}$	$5,4 \pm 0,5^{ax}$	$5,3 \pm 0,4^{ax}$	$p_s = 0,3493$
	37	$5,3 \pm 0,5^{ax}$	$4,8 \pm 0,3^{by}$	$5,5 \pm 0,4^{ax}$	$5,3 \pm 0,4^{ax}$	$p_{s*s} = 0,0834$
lesk (1-7)	2	$6,2 \pm 0,4^{ax}$	$5,8 \pm 0,4^{ax}$	$5,8 \pm 0,6^{axy}$	$5,9 \pm 0,3^{ax}$	$p_s < 0,0001$
	23	$6,2 \pm 0,3^{ax}$	$5,4 \pm 0,5^{by}$	$6,2 \pm 0,4^{ax}$	$5,8 \pm 0,3^{axy}$	$p_s < 0,0001$
	37	$5,4 \pm 0,5^{aby}$	$5,1 \pm 0,3^{by}$	$5,6 \pm 0,5^{ay}$	$5,6 \pm 0,3^{ay}$	$p_{s*s} = 0,0543$
občutek ustih (1-7)	v 2	$5,4 \pm 0,4^{bcx}$	$5,5 \pm 0,3^{bx}$	$5,2 \pm 0,3^{cy}$	$5,8 \pm 0,3^{ax}$	$p_s = 0,0009$
	23	$5,4 \pm 0,4^{ax}$	$5,0 \pm 0,4^{by}$	$5,2 \pm 0,4^{abxy}$	$5,3 \pm 0,5^{aby}$	$p_s = 0,0295$
	37	$5,4 \pm 0,4^{ax}$	$4,9 \pm 0,5^{by}$	$5,6 \pm 0,5^{ax}$	$5,4 \pm 0,3^{ay}$	$p_{s*s} = 0,0041$
kislost (1-7)	2	$5,0 \pm 0,0^{ax}$	$4,6 \pm 0,3^{bx}$	$4,7 \pm 0,3^{bx}$	$5,0 \pm 0,0^{ax}$	$p_s = 0,3656$
	23	$4,3 \pm 0,6^{by}$	$4,8 \pm 0,4^{ax}$	$4,7 \pm 0,4^{abx}$	$4,2 \pm 0,4^{by}$	$p_s = 0,0005$
	37	$4,6 \pm 0,4^{ay}$	$4,1 \pm 0,5^{by}$	$4,6 \pm 0,4^{ax}$	$4,8 \pm 0,3^{ax}$	$p_{s*s} < 0,0001$
vonj (1-7)	2	$5,3 \pm 0,4^{ax}$	$5,4 \pm 0,2^{ax}$	$4,5 \pm 0,5^{by}$	$5,6 \pm 0,3^{ax}$	$p_s < 0,0001$
	23	$5,1 \pm 0,2^{ay}$	$5,0 \pm 0,0^{ay}$	$5,0 \pm 0,0^{ax}$	$5,1 \pm 0,4^{ay}$	$p_s = 0,0144$
	37	$5,1 \pm 0,2^{ay}$	$5,0 \pm 0,0^{ay}$	$5,0 \pm 0,0^{ax}$	$5,1 \pm 0,3^{ay}$	$p_{s*s} < 0,0001$
barva (1-4-7)	2	$3,4 \pm 0,2^{by}$	$3,7 \pm 0,3^{ax}$	$3,4 \pm 0,3^{bx}$	$3,0 \pm 0,0^{cy}$	$p_s < 0,0001$
	23	$3,7 \pm 0,3^{ax}$	$3,6 \pm 0,2^{abx}$	$3,3 \pm 0,3^{bx}$	$3,4 \pm 0,4^{abx}$	$p_s < 0,0001$
	37	$2,8 \pm 0,3^{abz}$	$3,1 \pm 0,3^{ay}$	$2,7 \pm 0,4^{by}$	$2,6 \pm 0,3^{bz}$	$p_{s*s} = 0,0143$
aroma (1-7)	2	$5,3 \pm 0,3^{ax}$	$5,4 \pm 0,2^{ax}$	$4,6 \pm 0,5^{bx}$	$5,1 \pm 0,2^{ax}$	$p_s < 0,0001$
	23	$5,2 \pm 0,3^{ax}$	$4,8 \pm 0,3^{by}$	$4,8 \pm 0,4^{bx}$	$5,2 \pm 0,5^{ax}$	$p_s = 0,1365$
	37	$5,0 \pm 0,0^{ay}$	$5,1 \pm 0,3^{ay}$	$4,7 \pm 0,4^{bx}$	$5,0 \pm 0,3^{ax}$	$p_{s*s} = 0,0115$
skupni vtis (1-7)	2	$5,3 \pm 0,3^{ax}$	$5,4 \pm 0,2^{ax}$	$4,8 \pm 0,4^{bx}$	$5,5 \pm 0,0^{ax}$	$p_s < 0,0001$
	23	$5,3 \pm 0,3^{ax}$	$4,9 \pm 0,2^{by}$	$4,9 \pm 0,2^{bx}$	$5,2 \pm 0,3^{ay}$	$p_s = 0,0045$
	37	$5,3 \pm 0,4^{ax}$	$5,0 \pm 0,4^{ay}$	$4,9 \pm 0,4^{ax}$	$5,1 \pm 0,2^{ay}$	$p_{s*s} = 0,0019$

$p \leq 0,001$ statistično zelo visoko značilen vpliv; $p \leq 0,01$ statistično visoko značilen vpliv; $p \leq 0,05$ statistično značilen vpliv; nz – neznačilen vpliv ($p > 0,05$); ^{a,y,z} vrednosti v isti koloni, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk, se statistično značilno razlikujejo ($p < 0,05$); ^{a,b,c} vrednosti v isti vrstici, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk, se statistično značilno razlikujejo ($p < 0,05$); rsd – ostanek.

Kot je razvidno iz Preglednice 4 vrsta škroba značilno vpliva na stabilnost, gostoto, homogenost, lesk, vonj, barvo in aromo omake ter posledično tudi na skupni vtis. Drugi dan skladiščenja smo senzorično najboljše ocenili omake, zgoščene z riževim škrobom, najslabše so bile ocenjene omake z dodanim modificiranim koruznim škrobom. Po sedemintridesetdnevem skladičenju so najboljše senzorične lastnosti izkazovale omake, zgoščene z modificiranim škrobom, najslabše so bile ocenjene omake z dodanim krompirjevim škrobom.

V času skladiščenja je prišlo do sprememb vseh senzoričnih lastnosti. Najbolje sta se poslabšala barva in lesk omak, prav tako je bilo zaznati poslabšanje vonja, občutka v ustih, stabilnosti ter zmanjšanje gostote omak.

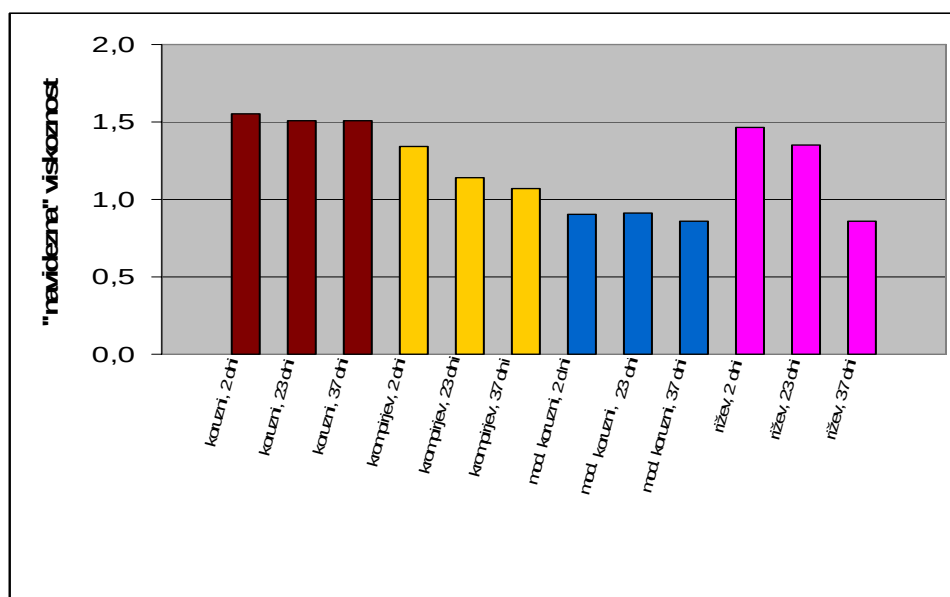
4.2 REZULTATI REOLOŠKE ANALIZE

4.2.1 Rezultati merjenja viskoznosti z rotacijskim viskozimetrom

Preglednica 5: Primerjava izmerjene "navidezne" viskoznosti v vzorcih z različnimi vrstami škroba v treh časovnih obdobjih (Brookfieldov rotacijski viskozimeter)

Parameter	Skladiščenje (dnevi)	Vrsta škroba ($\bar{x} \pm so$)				Značilnost
		koruzni	krompirjev	modificiran	rižev	
»navidezna« viskoznost (Pa·s)	6	1,550 ± 0,050 ^{ax}	1,346 ± 0,027 ^{cx}	0,903 ± 0,010 ^{dx}	1,466 ± 0,097 ^{bx}	$P_s < 0,0001$
	27	1,506 ± 0,082 ^{ax}	1,139 ± 0,022 ^{cy}	0,909 ± 0,033 ^{dx}	1,352 ± 0,121 ^{by}	$P_s < 0,0001$
	41	1,506 ± 0,032 ^{ax}	1,067 ± 0,046 ^{cz}	0,862 ± 0,039 ^{dy}	1,226 ± 0,047 ^{bz}	$P_{s*s} < 0,0001$

$p \leq 0,001$ statistično zelo visoko značilen vpliv; $p \leq 0,01$ statistično visoko značilen vpliv; $p \leq 0,05$ statistično značilen vpliv; nz – neznačilen vpliv ($p > 0,05$); ^{x,y,z} vrednosti v isti koloni, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk, se statistično značilno razlikujejo ($p < 0,05$); ^{a,b,c} vrednosti v isti vrstici, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk, se statistično značilno razlikujejo ($p < 0,05$); rsd – ostanek.



Slika 24: "Navidezna" viskoznosti omak, zgoščenih z različnimi vrstami škrobov

Rezultati merjenja viskoznosti, dobljeni z rotacijskim viskozimetrom Brookfield RVF, kažejo, da imata vrsta škroba, uporabljenega kot zgoščevalno sredstvo in čas skladiščenja velik vpliv na viskoznost omak. Najvišje vrednosti "navidezne" viskoznosti so bile dosežene z uporabo koruznega škroba, medtem ko so omake, zgoščene z modificiranim koruznim škrobom izkazovale najnižje vrednosti. Največje spremembe zmanjšanja

"navidezne" viskoznosti so bile ugotovljene v omakah, zgoščenih s krompirjevim škrobom. Kot najstabilnejše so se pokazale omake, zgoščene z modificiranim koruznim in koruznim škrobom.

4.2.2 Rezultati merjenja teksture s povratno ekstruzijo

Preglednica 6: Vpliv vrste škroba in časa skladiščenja na teksturo omak, izmerjeno s povratno ekstruzijo (Texture Analyzer TA.TX Plus)

Parameter	Skladiščenje (dnevi)	Vrsta škroba ($\bar{x} \pm so$)				Značilnost
		koruzni	krompirjev	modificiran	rižev	
čvrstost (N)	2	0,359 ± 0,012 ^{ax}	0,357 ± 0,011 ^{ax}	0,290 ± 0,005 ^{bx}	0,351 ± 0,026 ^{ax}	p _s < 0,0001
	23	0,369 ± 0,011 ^{ay}	0,325 ± 0,010 ^{ay}	0,291 ± 0,006 ^{bx}	0,333 ± 0,014 ^{axy}	p _s = 0,0023
	37	0,386 ± 0,011 ^{ay}	0,315 ± 0,014 ^{cy}	0,290 ± 0,005 ^{dx}	0,329 ± 0,014 ^{by}	p _{s*s} < 0,0001
konzistenca (N/s)	2	3,376 ± 0,101 ^{ay}	3,312 ± 0,072 ^{ax}	2,597 ± 0,084 ^{bx}	3,273 ± 0,280 ^{ax}	p _s < 0,0001
	23	3,430 ± 0,092 ^{ay}	2,973 ± 0,054 ^{ay}	2,593 ± 0,037 ^{bx}	3,061 ± 0,137 ^{ay}	p _s < 0,0001
	37	3,603 ± 0,114 ^{ax}	2,900 ± 0,078 ^{by}	2,560 ± 0,043 ^{cx}	2,972 ± 0,136 ^{by}	p _{s*s} < 0,0001
kohezivnost (N)	2	0,297 ± 0,014 ^{aby}	0,281 ± 0,012 ^{bx}	0,241 ± 0,009 ^{cx}	0,306 ± 0,034 ^{ax}	p _s < 0,0001
	23	0,299 ± 0,011 ^{aby}	0,249 ± 0,008 ^{by}	0,238 ± 0,014 ^{cx}	0,277 ± 0,014 ^{ay}	p _s = 0,0004
	37	0,315 ± 0,016 ^{ax}	0,247 ± 0,010 ^{cy}	0,246 ± 0,007 ^{cx}	0,273 ± 0,020 ^{by}	p _{s*s} < 0,0001
viskoznost (N/s)	2	0,688 ± 0,039 ^{ay}	0,655 ± 0,029 ^{ax}	0,450 ± 0,033 ^{bx}	0,694 ± 0,117 ^{ax}	p _s < 0,0001
	23	0,705 ± 0,041 ^{ay}	0,513 ± 0,019 ^{ay}	0,461 ± 0,038 ^{cx}	0,608 ± 0,046 ^{ay}	p _s < 0,0001
	37	0,763 ± 0,055 ^{ax}	0,499 ± 0,033 ^{cy}	0,457 ± 0,016 ^{cx}	0,574 ± 0,067 ^{by}	p _{s*s} < 0,0001

p ≤ 0,001 statistično zelo visoko značilen vpliv; p ≤ 0,01 statistično visoko značilen vpliv; p ≤ 0,05 statistično značilen vpliv; nz – neznačilen vpliv (p > 0,05); ^{x,y,z} vrednosti v isti koloni, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk, se statistično značilno razlikujejo (p < 0,05); ^{a,b,c} vrednosti v isti vrstici, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk, se statistično značilno razlikujejo (p < 0,05); rsd – ostanek.

Iz Preglednice 6 je razviden statistično značilen vpliv vrste škroba in časa skladiščenja na teksturne parametre omak pri vseh štirih parametrih (čvrstosti, konzistenci, kohezivnosti in viskoznosti). Najnižje vrednosti vseh merjenih parametrov so se pokazale pri omakah, zgoščenih z modificiranim koruznim škrobom. Najvišje vrednosti za čvrstost in konzistenco smo izmerili pri omakah z dodanim koruznim škrobom, kohezivnost in viskoznost sta bili najvišji pri omakah, zgoščenih z riževim škrobom. Največjim spremembam v konzistenci, kohezivnosti in viskoznosti so bile podvržene omake z dodanim krompirjevim škrobom. Najboljšo stabilnost smo dosegli z uporabo modificiranega koruznega škroba.

4.3 REZULTATI PRIMERJAVE SENZORIČNIH LASTNOSTI Z IZMERJENIMI PARAMETRI TEKSTURE

Preglednica 7: Pearsonovi korelacijski koeficienti med senzoričnimi lastnostmi in parametri teksture omak (N =108)

	Senzorične lastnosti		Brookfieldov viskozimeter		Povratna ekstruzija		
	gostota	občutek v ustih	rotacijska viskoznost	čvrstost*	konzistenca*	kohezivnost*	viskoznost*
stabilnost	-0,15	0,45***	0,24*	0,212*	0,19	0,30**	0,28**
gostota		-0,02	0,26**	0,37***	0,38***	0,29**	0,31**
občutek v ustih			0,27**	0,24*	0,22*	0,32***	0,29**
rotacijska viskoznost				0,87***	0,89***	0,81***	0,86***
čvrstost*					0,99***	0,88***	0,96***
kozistenca*						0,89***	0,96***
kohezivnost*							0,96***

N – število določanj; *** $P \leq 0,001$ statistično zelo visoko značilno; ** $P \leq 0,01$ statistično visoko značilno; * $P \leq 0,05$ statistično značilno; * parametri povratne ekstruzije.

Senzorično ocenjene lastnosti gostota, stabilnost in občutek v ustih so v nizki (ohlapni), vendar statistično značilni povezavi z instrumentalno izmerjeno teksturo. Visoke korelacije ($r = 0,81 - 0,89$) med rotacijsko viskoznostjo in izmerjenimi parametri povratne ekstruzije kažejo na to, da je pri instrumentalnem vrednotenju reoloških lastnosti omak dovolj uporabiti le eno od instrumentalnih metod.

Statistično zelo visoko značilna povezava je bila ugotovljena med senzorično ocenjeno gostoto ter instrumentalno merjeno čvrstostjo ter konzistenco in med senzorično ocenjenim občutkom v ustih ter instrumentalno merjeno kohezivnostjo.

Statistično visoko značilna povezava je bila ugotovljena med senzorično ocenjeno stabilnostjo in kohezivnostjo ter viskoznostjo. Prav tako tudi med gostoto in rotacijsko viskoznostjo, kohezivnostjo ter viskoznostjo. Statistično visoko značilna povezava je bila ugotovljena tudi med senzorično ocenjenim občutkom v ustih ter rotacijsko viskoznostjo in viskoznostjo merjeno z metodo povratne ekstruzije.

Najnižja vrednost korelacijskega koeficienta je bila ugotovljena pri senzorično ocenjeni stabilnosti in instrumentalno izmerjeni konzistenci.

4.4 REZULTATI FIZIKALNO-KEMIJSKE ANALIZE

4.4.1 Merjenje vrednosti pH

Preglednica 8: Izmerjene vrednosti pH za vzorce z različnimi vrstami škrobov v treh časovnih obdobjih

Parameter	Skladiščenje (dnevi)	Vrsta škroba ($\bar{x} \pm so$)				Značilnost
		koruzni	krompirjev	modificiran	rižev	
vrednost pH	2	4,30 $\pm$ 0,01 ^{bx}	4,30 $\pm$ 0,01 ^{bx}	4,29 $\pm$ 0,00 ^{cx}	4,37 $\pm$ 0,01 ^{ax}	$p_K < 0,0001$
	23	4,30 $\pm$ 0,01 ^{bx}	4,27 $\pm$ 0,01 ^{cy}	4,27 $\pm$ 0,00 ^{cz}	4,35 $\pm$ 0,01 ^{ax}	$p_S < 0,0001$
	37	4,31 $\pm$ 0,01 ^{bx}	4,28 $\pm$ 0,01 ^{cy}	4,28 $\pm$ 0,01 ^{cy}	4,36 $\pm$ 0,01 ^{ax}	$p_{K*S} = 0,0079$

$p \leq 0,001$ statistično zelo visoko značilen vpliv; $p \leq 0,01$ statistično visoko značilen vpliv; $p \leq 0,05$ statistično značilen vpliv; nz – neznačilen vpliv ($p > 0,05$); ^{x,y,z} vrednosti v isti koloni, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk, se statistično značilno razlikujejo ($p < 0,05$); ^{a,b,c} vrednosti v isti vrstici, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk, se statistično značilno razlikujejo ($p < 0,05$); rsd – ostanek.

Vrednosti pH vzorcev se bistveno niso spreminjale v odvisnosti od vrste škroba in so ostale na intervalu med 4,27 in 4,37.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Omake v pasteriziranih ohlajenih gotovih jedeh morajo v daljšem časovnem obdobju izkazovati dobre reološke in senzorične lastnosti. Z vidika potrošnika so najpomembnejše senzorične lastnosti videz, barva, vonj in okus. S tehnološkega stališča se pojavlja večji problem pri zagotavljanju homogenosti in stabilnosti omak, potrebno je tudi preprečiti izdvajanje masti/olja. Z reološkega vidika je pomembna tekstura, ki z aromo in videzom določa kakovost živila.

Na senzorično in reološko kakovost omak v pasteriziranih ohlajenih gotovih jedeh vplivata vrsta škroba in čas skladiščenja. S senzoričnega vidika imata oba parametra največji vpliv na barvo in lesk omak. Zagotavljanje ustrezne barve in leska je problematično zaradi procesa oksidacije, ki se ji ni možno popolnoma izgoniti. Predvsem se pojavlja pri izdelki z daljšim rokom trajanja. Stabilnost, gostoto in homogenost omak je težko zagotoviti z uporabo nativnih škrobov. Modifikacije škroba primerne vrste in koncentracije te napake zmanjšajo ali celo odpravijo. Še značilnejši vpliv vrste škroba in časa skladiščenja se kaže pri ohranjanju reoloških lastnosti omak, ki se pogosto nanašajo na teksturo. Instrumentalno jo določamo z naslednjimi parametri: čvrstost, konzistenca, kohezivnost in viskoznost. Viskoznost je tista reološka lastnost, ki določa uporabnost škroba kot zgoščevalca in je dober pokazatelj stabilnosti škroba.

Thebaudin in sod. (1998) so proučevali reologijo škrobnih past izdelanih iz različnih vrst škrobov. Ugotovili so, da je mogoče na osnovi reološkega obnašanja škrobnih past med želiranjem napovedati reološko obnašanje škrobnih omak. V ta namen so uporabili štiri vrste škroba, in sicer: modificirani voskasti koruzni, voskasti rižev škrob, nemodificirani koruzni in pšenični škrob. Vse škrobne paste so izkazovale psevdoplastično obnašanje. Na osnovi reološkega obnašanja so škrrobe razdelili v dve skupini. V prvo skupino so uvrstili pšenični škrob in nemodificirani koruzni škrob, ki sta izkazovala relativno nizko viskoznost in tiksotropno obnašanje, ki je bilo še izrazitejše pri koruznem škrobu. Škrobne paste druge skupine (modificirani voskasti koruzni škrob, voskasti rižev škrob) so bile močno viskozne. Izkazovale so netiksotropno obnašanje, kar pomeni da so te škrobne disperzije manj občutljive na strig. Viskoznost škrobnih past in omak se je zmanjševala v sledečem zaporedju: modificirani voskasti koruzni škrob, voskasti rižev, koruzni in pšenični škrob. "Navidezna" viskoznost škrobov iz prve skupine je bila majhna, vendar se je pri segrevanju močno povečala, medtem ko je "navidezna" viskoznost škrobov iz druge skupine bila na začetku zelo visoka in se s segrevanjem ni občutno spreminjala. Na osnovi te analize lahko sklepamo na reološko obnašanje naših omak. V našem primeru bi bila uvrstitev škroba v določeno skupino malo drugačna. V prvo skupino z boljšimi zgoščevalnimi lastnostmi bi uvrstili le modificirani koruzni škrob, v drugi skupini bi bile preostale vrste škroba (koruzni, rižev in krompirjev).

Gibiński in sod. (2006) so proučevali vpliv koncentracije ovsenega škroba z dodatkom različnih zgoščevalcev (ksantan, hidrolizat ovsa, krompirjev škrob) na reološke, teksturne in senzorične lastnosti sladko-kislih omak. Ugotovili so, da je uspešno zgoščevanje omak možno zagotoviti z mešanicami polisaharidov, ki so termodinamično kompatibilni. Lastnosti in sestava zgoščevalcev statistično niso imeli značilnega vpliva na senzorične lastnosti omak. Najbolj stabilne omake so bile tiste, ki so jih zgostili s tremi različnimi polisaharidi, in sicer z ovsenim škrobom, hidrolizatom ovsa in ksantanom. Problem, ki se pojavlja pri močno začinjenih, sladkih ali kislih omakah, je ocenjevanje izraženosti senzoričnih lastnostih, ki niso neposredno povezane z vonjem, okusom ter aromo.

Sikora in sodelavci (2007) so proučevali vpliv kombinacije različnih vrst škroba (ovseni, krompirjev in koruzni) ter ksantana na reološke in senzorične lastnosti desertnih omak. Ugotovili so, da ovseni škrob v kombinaciji s ksantanom, zagotavlja dobre senzorične in teksturne lastnosti omak najmanj tri mesece. S pet točkovno senzorično analizo so ugotovili, da je krompirjev škrob v kombinaciji s ksantanom najboljši zgoščevalec. V naši raziskavi je krompirjev škrob pokazal najslabše rezultate.

Marcotte in sod. (2001) so proučevali reološke lastnosti izbranih hidrokoloidov v odvisnosti od njihove koncentracije in temperature. Za škrob so ugotovili, da izkazuje psevdoplastično obnašanje, ki je tem bolj izraženo, čim večja je koncentracija škroba. Ugotovili so tudi linearno povezavo med količino dodanega škroba in "navidezno" viskoznostjo, ki se povečuje s koncentracijo. Viskoznost je bila tem večja, čim več škroba so uporabili.

V naši raziskavi smo v posamezni omaki uporabili le eno vrsto škroba. Na osnovi številnih preteklih raziskav, bi lahko v prihodnosti izvedli dodatne raziskave in analize, pri katerih bi ugotavljali uspešnost zagotavljanja stabilnosti omak z dodatkom mešanic različnih vrst hidrokoloidov.

5.2 SKLEPI

Na osnovi rezultatov senzorične, reološke in fizikalno-kemijske analize štirih omak, zgoščenih z različnimi vrstami škroba in skladiščenih sedemintrideset dni lahko sklepamo naslednje:

- Izbira primernega škroba kot zgoščevalnega sredstva je imela odločilen pomen za kakovost omak. Ugotovili smo, da sta najprimernejša zgoščevalca paradižnikovih omak, namenjenih za pasterizirane ohlajene gotove jedi, koruzni in koruzni modificirani škrob. Za najmanj stabilnega se je pokazal krompirjev škrob.
- Največjo variabilnost senzoričnih lastnosti omak, pripravljenih z različnimi vrstami škroba smo zaznali v gostoti, kislosti in barvi.
- Na senzorične lastnosti omak sta značilno vplivala vrsta škroba in čas skladiščenja. Omake, zgoščene s koruznim in modificiranim koruznim škrobom, so na začetku skladiščenja pokazale nekoliko slabšo senzorično kakovost v primerjavi z ostalimi omakami, vendar je bila senzorična stabilnost omak, zgoščenih z modificiranim koruznim škrobom med daljšim skladiščenjem najboljša. Največje spremembe senzoričnih lastnosti (lesk, občutek v ustih, barva, homogenost in kislost) smo zaznali pri omakah, zgoščenih s krompirjevim škrobom in ga opredelili kot najmanj primerno zgoščevalno sredstvo.
- Reološke lastnosti omak so bile močno odvisne od vrste uporabljenega škroba ter časa skladiščenja. Dobro reološko stabilnost smo zagotovili s koruznim ali modificiranim koruznim škrobom. Največje poslabšanje reoloških lastnosti so pokazale omake, zgoščene s krompirjevim škrobom. Vrednosti "navidezne" viskoznosti so bile ob koncu skladiščenja najnižje pri omakah z modificiranim koruznim škrobom, sledili so krompirjev, rižev in koruzni škrob. Najnižje vrednosti teksturnih parametrov (čvrstost, konzistenca, kohezivnost in viskoznost) so bile izmerjene pri omakah z dodanim modificiranim koruznim škrobom. Največjim spremembam v konzistenci, kohezivnosti ter viskoznosti so bile podvržene omake, zgoščene s krompirjevim škrobom, najbolj stabilna je bila omaka z modificiranim koruznim škrobom.
- V nasprotju z našimi predvidevanji smo ugotovili nizko (ohlapno), vendar statistično značilno korelacijo med senzoričnimi in reološkimi lastnosti. Visoka (tesna) korelacija med instrumentalnimi testi ($r \geq 0,81$) kaže na zadostno uporabo le ene od instrumentalnih metod.
- Na osnovi navedenih sklepov lahko zaključimo, da posamezni uporabljeni škrobi omogočajo dobro ohranjanje reoloških in senzoričnih lastnosti v različnih časovnih obdobjih. Ker se niti eden izmed štirih vrst škroba ni pokazal kot odlično zgoščevalno sredstvo omak, bi lahko v prihodnosti opravili dodatne raziskave na omakah, zgoščenih z mešanicami različnih hidrokoloidov.

5.3 POVZETEK

Omake kot komponente mesnih ali zelenjavnih jedi pripomorejo k izboljšanju okusa, videza ter teksture številnim jedem. Poznamo le nekaj osnovnih omak, zato je pestrost izbora omogočena predvsem z dodatkom različnih začimb. Osnovne sestavine omak so voda, rastlinsko olje, emulgatorji, stabilizatorji, zgoščevalci ter začimbe. Omake se med seboj razlikujejo predvsem po gostoti, vsebnosti maščob, dodatkov začimb in ostalih dodatkih (zelenjava, sir, smetana, ...). Omake so izdelki z visoko dodano vrednostjo, zaradi česar je potrebno pri proizvodnji veliko skrb nameniti pravilnemu izboru začimb.

Pri omakah se v času daljšega skladiščenja pojavljajo problemi pri zagotavljanju stabilnosti omak, zato je bil namen diplomskega dela ugotoviti vpliv zgoščevalcev na reološke lastnosti omak v pasteriziranih ohlajenih gotovih jedeh. Poleg reoloških lastnosti je z vidika potrošnika prav tako pomembna senzorična kakovost, zato smo opravili tudi senzorično analizo. Različne zgoščevalce smo uporabili na osnovi predposkusa, na katerih smo opravili reološke, senzorične ter fizikalno-kemijske analize. Omake smo skladiščili pri enotnem režimu v hladilniku na 4 °C. Analize smo opravili na omakah, ki so se razlikovale po vrsti dodanega škroba kot zgoščevalca. Uporabili smo krompirjev, koruzni, modificirani koruzni ter rižev škrob. S pomočjo senzorične (analitični deskriptivni test s točkovanjem), reoloških (rotacijski viskozimeter Brookfield RVF, povratna ekstruzija) ter fizikalno-kemijske metode (merjenje vrednosti pH) smo ugotavljali razlike med posameznimi vzorci omak. Za statistično obdelavo podatkov smo uporabili programski paket SAS/STAT (SAS Software. Version 8.01, 1999). V statistični model 1 smo vključili vpliv skladiščenja, uporabljene vrste škroba in interakcije škrobov in skladiščenja.

Predpostavili smo, da bosta vrsta škroba in čas skladiščenja pomembno vplivala na reološke in senzorične lastnosti omak.

V praktičnem delu naloge smo pridobili naslednje rezultate:

Izbor ustreznega zgoščevalnega sredstva in čas skladiščenja imata pomemben vpliv na reološko in senzorično kakovost omak. Najboljšo reološko stabilnost so pokazale omake, zgoščene s koruznim in modificiranim koruznim škrobom, pri čemer s slednjimi zagotovimo najboljšo senzorično stabilnost daljši čas skladiščenja. Omake, zgoščene z modificiranim koruznim škrobom, so imele na začetku skladiščenja najnižje vrednosti "navidezne" viskoznosti in teksturnih parametrov, vendar so se v času skladiščenja najmanj spreminjale. Največje znižanje vrednosti teksturnih parametrov smo opazili pri omakah, zgoščenih s krompirjevim škrobom. Senzorična analiza, ki smo jo opravili na začetku poskusa, je pokazala slabšo senzorično kakovost omak z uporabljenim koruznim in modificiranim koruznim škrobom, vendar se je do konca časa skladiščenja senzorična kakovost omak, zgoščenih z modificiranim koruznim škrobom, pokazala kot najboljša.

Korelacija med senzoričnimi in reološkimi lastnostmi je nizka (ohlapna), vendar statistično značilna. Ugotovili smo visoko (tesno) korelacijo med instrumentalnimi testi ($r \geq 0,81$), zato lahko za proučevanje reoloških lastnosti omak uporabimo le eno od instrumentalnih metod.

Vrednosti pH so bile nizke in se v času skladiščenja niso spreminjale.

Naša raziskava je pokazala, da sta najprimernejša zgoščevalca paradižnikovih omak v pasteriziranih ohlajenih gotovih jedeh, koruzni in modificirani koruzni škrob. Najmanj primeren zgoščevalec omak je krompirjev škrob.

Posamezna vrsta uporabljenega škroba omogoča dobro ohranjanje reoloških in senzoričnih lastnosti. Rezultati naše raziskave kažejo na to, da ima vsaka uporabljena vrsta škroba določene pomanjkljivosti, ki ne zagotavljajo odlične reološke in senzorične kakovosti. Zato bi v prihodnje lahko opravili podobne raziskave na omakah, zgoščenih z mešanicami hidrokoloidov.

6 PREGLED VIROV

Abramovič H. 2004. Emulzija kot živilo. *Kemija v šoli*, 16, 2: 20-24

Armstrong G. A., McIlveen H. 2000. Effects of prolonged storage on the sensory quality and consumer acceptance of *sous vide* meat-based recipe dishes. *Food Quality and Preference*, 11, 5: 377-385

Baggs C. 2003. A culinary approach to fortified foods: successful fortified foods utilize cleverly assembled systems of flavoring components as well as encapsulated nutrients. Specific formulation tactics, based on a distinctive culinary perspective, provide solutions to the challenge of off-flavored nutritional products. *Prepared Foods*, 172, 9: 36-41

Belitz H.D., Grosch W. 1999. Carbohydrates. V: *Food chemistry*. 2nd ed. Berlin, Springer-Verlag: 296-298

Bergara-Almeida S., da Silva M. A. A. P., 2002. Hedonic scale with reference: performance in obtaining predictive models. *Food Quality and Preference*, 13: 57-64

Bem Z., Žlender B., Savić I. 2003. Mikrobiologija gotovih jedi. V: *Mikrobiologija živil živalskega izvora*. Bem Z., Adamič J., Žlender B., Smole Možina S., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 408-422

BeMiller J. N. 2003. Starch: modified starches. V: *Encyclopedia of food science and nutrition*. Vol. 8. 2nd ed. Caballero B., Trugo L.C., Finglas P.M.(eds.). Amsterdam, Academic Press: 5576-5579

Bizjak K., Bem Z. 2003. Podaljšanje obstojnosti živil. V: *Mikrobiologija živil živalskega izvora*. Bem Z., Adamič J., Žlender B., Smole Možina S., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 251-288

Bourne M.C. 2002. Food texture and viscosity: concept and measurement. 2nd ed. New York, Academic Press: 127-134

Brandt L.A. 2001. Successful signature sauces. *Prepared Foods*, 170, 10: 33-38

Buleon A., Colonna P. 2007. Physicochemical behaviour of starch in food applications. V: *The chemical physics of food*. Belton P. (ed.). Oxford, Blackwell Publishing Ltd.: 20-67

Calligaris S., Manzocco L., Nicoli M.C. 2007. Modelling the temperature dependence of oxidation rate in water-in-oil emulsions at sub-zero temperatures. *Food Chemistry*, 101: 1019-1024

- Coupland J.N. 2006. Emulsions. V: The chemical physics of food. Belton P. (ed.). Oxford, Blackwell Publishing Ltd.: 1-19
- Černivec V. 2005. Viskozimeter Brookfield RVF. Navodila za uporabo. Domžale, Helios, kemična tovarna Domžale, d.o.o.: 3 str.
- Dickinson E. 2003. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed system-Review. Food Hydrocolloids, 17: 25-39
- Dolz M., Hernández M.J., Delegido J., Alfaro M.C., Muñoz J. 2007. Influence of xanthan gum and locust bean gum upon flow and thixotropic behaviour of food emulsions containing modified starch. Journal of Food Engineering, 81, 1: 179-186
- Fagan J.D., Gormley T.R. 2005. Effect of *sous vide* cooking, with freezing, on selected quality parameters of seven fish species in a range of sauces. European Food Research and Technology, 220: 299-304
- Fisher L.R., Mitchell E.E. 1992. The effect of proteins on emulsion stability. V: Gums and stabilizers for food industry 6. Phillips G.O., Williams P.A., Wedlock D.J. (eds.). New York, Oxford University Press: 323-333
- Fox B.A., Cameron A.G. 1995. Carbohydrates. V: Food science, nutrition and health. London, Edward Arnold: 95-113
- Frank P. 2005. Starch to rescue: this multifunctional ingredient helps fulfill a variety of needs in everything from soup to nuts. Prepared Foods, 174, 9: 81-88
- Fredriksson H., Silverio J., Andresson R., Eliasson A. C., Åman P. 1998. The influence of amylose and amylopectin characteristics on gelatinization and retrogradation properties of different starches. Carbohydrate Polymers, 35: 119-134
- Garti N. 2001. Food emulsifiers and stabilizers. V: Food shelf life stability: chemical, biochemical, and microbiological changes. Eskin N.A.M., Robinson D.S. (eds.). Boca Raton, FL, London, CRC Press LLC: 211-263
- Gašperlin L. 2005. Jajca, biskviti, omake, jajčne kreme in sekljanci. Tehnologija gotovih jedi. Interno gradivo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 32 str.
- Ghazala S., Ramaswamy H. S., Smith J. P., Simpson M. 1995. V: Thermal process simulations for *sous vide* processing of fish and meat foods. Food Research International, 28, 2:117-122
- Gibiński M., Kowalski S., Sady M., Krawontka J., Tomasik P., Sikora M. 2006. Thickening of sweet and sour sauces with various polysaccharide combinations. Journal of Food Engineering, 75: 407-414

- Golob T. 1997. Minimalno obdelana živila in njihova sprejemljivost. V: Moderne tehnologije predelave in kakovosti živil. 18. Bitenčevi živilski dnevi '97, Ljubljana, 12. in 13. junij 1997. Žlender B., Gašperlin L., Hočevan I. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 39-47
- Golob T., Jamnik M. 2004. Vloga senzorične analize pri zagotavljanju varnosti živil. V: Varnost živil. 22. Bitenčevi živilski dnevi 2004, Radenci, 18. in 19. marec 2004. Gašperlin L., Žlender B. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 101-115
- Golob T., Jamnik M., Bertoneclj J., Doberšek U. 2005. Senzorična analiza: metode in preskuševalci. Acta Agriculturae Slovenica, 85: 55-66
- Golob T., Bertoneclj J., Doberšek U., Jamnik M. 2006. Senzorična analiza živil. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 81 str.
- Gorris L.G.M. 1996. 2nd European symposium on *sous vide*. Trends in Food Science & Technology, 7: 303-306
- Gujral H.S., Sodhi N.S. 2002. Back extrusion properties of wheat porridge (*Dalia*). Journal of Food Engineering, 52, 1: 53-56
- Hole M. 2003. Storage stability: mechanism of degradation. V: Encyclopedia of food science and nutrition. Vol. 9. 2nd ed. Caballero B., Trugo L.C., Finglas P.M.(eds.). Amsterdam, Academic Press: 5604-5612
- Hoover R. 2001. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. Carbohydrate Polymers, 45: 253-267
- Hribar J., Gobec T. 1999. Hidrokolidi v tehnologiji rastlinskih živil. V: Reologija živil. 19. Bitenčevi živilski dnevi '99, Ljubljana, 10. in 11. junij 1999. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 167-177
- Jackson D.S. 2003. Starch: structure, properties and determination. V: Encyclopedia of food science and nutrition. Vol. 8. 2nd ed. Caballero B., Trugo L.C., Finglas P.M.(eds.). Amsterdam, Academic Press: 5561-5564
- Kač M. 1999. Uporaba (merjenja) viskoznosti v živilstvu. V: Reologija živil. 19. Bitenčevi živilski dnevi '99, Ljubljana, 10. in 11. junij 1999. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 47-48
- Karpińska M., Borowski J., Danowska-Oziewicz M. 2001. The use of natural antioxidants in ready-to-serve food. Food Chemistry, 72: 5-9
- Klofutar C. 1999. Viskoznost raztopin in tekočin. V: Reologija živil. 19. Bitenčevi živilski dnevi '99, Ljubljana, 10. in 11. junij 1999. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 31-43

- Koehl L., Zeng X., Zhou B., Ding Y. 2005. Sensory quality management and assessment: From manufacturers to consumers. *Studies in Computational Intelligence*, 5: 357-400
- Ledauphin S., Pommeret D., Qannari El M. 2006. A Markovian model to study products shelf-lives. *Food Quality and Preference*, 17: 598-603
- Lawless H.T., Heymann H. 1998. Sensory evaluation of food: principles and practices. New York, Chapman & Hall: 395-405
- Lee S.-Y., Luna-Guzmán I., Chang S., Barrett D.M., Guinard J.-X. 1999. Relating descriptive analysis and instrumental texture data of processed diced tomato. *Food Quality and Preference*, 10: 447-455
- Lefebvre J. 2003. Rheological properties of food materials. V: *Encyclopedia of food science and nutrition*. Vol. 7. 2nd ed. Caballero B., Trugo L.C., Finglas P.M.(eds.). Amsterdam, Academic Press: 4976-4969
- Man de J. 1999. Principles of food chemistry. 3rd ed. New York, An Aspen Publications: 520 str.
- Mandala I.G., Savvas T.P., Kostaropoulos. 2004. Xanthan and locust bean gum influence on the rheology and structure of a white-model sauce. *Journal of Food Engineering*, 64: 335-342
- Marcotte M., Taherian Hoshahili A.R.T., Ramaswamy H.S. 2001. Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. *Food Research International*, 34: 695-703
- Martinez I., Partal P., Muñoz J., Gallegos C. 2003. Influence of thermal treatment on the flow of starch-based food emulsions. *European Food Research and Technology*, 217, 1: 17-22
- Martinez-Padilla L.P., Rivera-Vargas C. 2006. Flow behaviour of Mexican sauces using a vane-in-a-large cup rheometer. *Journal of Food Engineering*, 72: 189-196
- McGee H. 1988. On food and cooking: the science and lore of the kitchen. 2nd ed. London, Sydney, Wellington, UNWIN Paperback: 327-366
- Meilgaard M., Civille G.V., Carr B.T. 2007. Sensory evaluation techniques. 4th ed. Boca Raton, CRC Press: 448 str.
- Milo Ohr L. 2001. Formulating with sense-product testing and standards to find the best taste. *Prepared Foods*, 170, 2: 37-40

- Moore C.O., Tuschhoff J.V., Hastings C.W., Schanefelt R.V. 1984. Applications of starches in foods. V: Starch: chemistry and technology. Whistler R.L., BeMiller J.N., Paschall E.F. (eds.). Orlando, Academic Press, Inc.: 575-591
- Morris V. J. 2004. Probing molecular interaction in foods. Trends in Food Science Technology, 15: 291-297
- Mrzlikar H. 2006. Omaka zaokroži okus jedi. Dolenjski list, 57, 9: 14-14
- Muñoz A.M. 2002. Sensory evaluation in quality control: an overview, new developments and future opportunities. Food Quality and Preference, 13: 329-339
- Murcia M.A., Martínez-Tomé M., Nicolás M.C., Vera A.M. 2003. Extending the shelf-life and proximate composition stability of ready to eat foods in vacuum or modified atmosphere packaging. Food Microbiology, 20: 671-679
- Nicolas Y., Paques M., Ende van den D., Dhont J.K.G., Polanen van R.C., Knaebel A., Steyer A., Munch J.-P., Blijdenstein T.B.J., Aken van G.A. 2003. Microrheology: new methods to approach the functional properties of food. Food Hydrocolloids, 17: 907-913
- Paoletti F., Nardo N., Saleh A., Quaglia G.B. 1995. Back extrusion test on emulsions stabilized with whey protein concentrates. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 28: 616-619
- Papadimitrakopoulos S.N., Georgiadis N. 2008. Effect of fatty acids on the rheological behaviour of amylopectin starch dispersions during heating. Food Research International, 41: 75-88
- Pérez Elortondo F.J., Ojeda M., Albuja M., Salmerón J., Etayo I., Molina M. 2007. Food quality certification: An approach for the development of accredited sensory evaluation methods. Food Quality and Preference, 18: 425-439
- Plestenjak A., Golob T. 1999. Tekstura-senzorična lastnost. V: Reologija živil. 19. Bitenčevi živilski dnevi '99, Ljubljana, 10. in 11. junij 1999. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 53-60
- Pohar C., Žumer M. 1996. Reologija bioprocenih brozg. V: Biotehnologija. Osnovna znanja. Raspor P. (ur.). Ljubljana, Bia: 476-480
- Pokorn D. 2002. Pomen čutil pri uživanju hrane. Okus, 7: 29-35
- Popov-Raljić J. 1999. Tehnologija i kvalitet gotove hrane. Novi sad, Tehnološki fakultet: 372 str.
- Prokopov T., Tanchev S. 2007. Methods of food preservation. V: Food safety: A practical and case study approach. McElhatton A., Marshall R.J. (eds.) New York, Springer US: 3-25

- Quintana J., Califano A., Zaritzky N., Partal P., Franco J. 2002. Linear and nonlinear viscoelastic behaviour of oil-in-water emulsions stabilized with polysaccharides. *Journal of Texture Studies*, 33, 3: 215-236
- Rahman M.S. 2007. pH in food preservation. V: *Handbook of food preservation*. 2nd ed. Rahman M.S. (ed.). Boca Raton: CRC Press: 287-298
- Ratnayake W.S., Jackson D.S. 2003. Starch: sources and processing. V: *Encyclopedia of food science and nutrition*. Vol. 8. 2nd ed. Caballero B., Trugo L.C., Finglas P.M.(eds.). Amsterdam, Academic Press: 5567-5569
- Recek J. 2008. Tehnologija izdelave paradižnikovih omak. Murska Sobota, Proconi, d.o.o.: 1 str.
- Ryynänen S. 2001. Quality of microwave heated component prepared foods. V: *Advances in microwave and radio frequency processing*. Part 4. Willert-Porada M. (ed.). Berlin, Springer: 282-288
- Sahin S., Sumnu S.G. 2006. *Physical properties of foods*. New York, Springer: 257 str.
- Sakai N., Mao W., Koshima Y., Watanabe M. 2005. A method for developing model food system in microwave heating studies. *Journal of Food Engineering*, 66: 525-531
- SAS Software. Version 8.01. 1999. Carry, SAS Institute Inc.: software
- Samide M. 2003. 50 idej kako pripraviti omake. Ljubljana, Pisanica: 63 str.
- Schellekens M. 1996. New research issues in *sous-vide* cooking. *Trends in Food Science & Technology*, 7: 260-262
- Sikora M., Kowalski S., Tomasik P., Sady M. 2007. Rheological and sensory properties of dessert sauces thickened by starch-xanthan gum combinations. *Journal of Food Engineering*, 79: 1144-1151
- Singh N., Singh J., Kaur L., Singh Sodhi N., Singh Gill B. 2003. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chemistry*, 81: 219-231
- Skarra L. 2006. Retro starches... back to future?. *Prepared Foods*. (September, 2006) <http://preparedfoods.com> (June 2008)
- Skvarča M. 1993. Modificirani škrobi v proizvodnji gotovih jedi in živilskih izdelkov. V: *Ogljikovi hidrati*. 15. Bitenčevi živilski dnevi '93, Ljubljana, 10.-11.junij 1993. Plestenjak A., Žlender B., Hribar J., Zelenik-Blatnik M. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilsko tehnologijo: 115-126

- Skvarča M. 1995. Podaljšanje obstojnosti gotovih jedi. V: Podaljšanje obstojnosti živil. 17. Bitenčevi živilski dnevi '95, Ljubljana, 8.-10. junij 1995. Klofutar C., Hribar J., Žlender B., Plestenjak A., Pokorn J., Rudan-Tasič D., Wondra M. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 211-216
- Skvarča M. 1999. Gastronomija: osnove prehranjevanja, senzorične lastnosti hrane, sodobne tehnologije hrane. Maribor, Višja strokovna šola za gostinstvo; Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 9-18
- Smith A.G., West A. 2003. Catering: catering system. V: Encyclopedia of food science and nutrition. Vol. 2. 2nd ed. Caballero B., Trugo L.C., Finglas P.M.(eds.). Amsterdam, Academic Press: 975-982
- Stokes J.R., Telford J.H. 2004. Measuring the yield behaviour of structured fluids. Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics, 124: 137-146
- Škrabanja V., Kreft I., Ikeda K. 1997. Pomen genetskega potenciala in tehnologije predelave za kakovost škrobnih živil. V: Moderne tehnologije predelave in kakovost živil. 18. Bitenčevi živilski dnevi '97, Ljubljana, 12.-13. junij 1997. Žlender B., Gašperlin L., Hočevvar I. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 179-188
- Taber T. 1996. Vpliv skladiščenja na kakovost ohlajenih pasteriziranih in zmrznjenih gotovih jedi. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 2-8
- Toledo R.T. 2006. Fundamentals of food process engineering. New York, Springer US: 153-221
- Tolstoguzov V. 2003. Thermodynamic considerations of starch functionality in foods. Carbohydrate Polimers, 51, 1: 99-111.
- Vermeulen A., Devlieghere F., Bernaerts K., Van Impe J., Debevere J. 2007. Growth/no growth models describing the influence of pH, lactic and acetic acid on lactic acid bacteria developed to determine the stability of acidified sauces. International Journal of Food Microbiology, 119, 3: 258-269
- Viswanath D.S., Ghosh T.K., Prasad D.H.L., Dutt N.V.K., Rani K.Y. 2007. Viscometers. V: Viscosity of liquids. Viswanath D.S., Ghosh T.K., Prasad D.H.L., Dutt N.V.K., Rani K.Y. (eds.). Dordrecht, Springer Netherlands: 9-107
- Wade M.A. 2005. Starch search: starches are plentiful and they serve diverse function. Prepared Foods, 174, 2: 55-60
- Wade M. A. 2005a. Saucy success: the likeability of a sauce is judged by its texture, color and taste, which are all influenced by starches, gum stabilizers and oils. Prepared Foods, 174, 6: 117-121

- Walstra P. 1996. Dispersed systems: basic considerations. V: Food chemistry. 3rd ed. Fennema O.R. (ed.). New York, Marcel Dekker, Inc.: 95-155
- Wäppling-Raaholt B., Risman P.O., Ohlsson T. 2006. Advances in microwave and radio frequency processing: 8th International Conference on Microwave and High-Frequency Heating. Willert-Porada (ed.). Berlin, Heidelberg, Springer: 243-255
DOI: 10.1007/3-540-32944-7_27
- Wischmann B., Norsker M., Adler-Nissen J. 2002. Food product models developed to evaluate starch as a food ingredient. *Nahrung/Food*, 46, 3: 167-173
- Zupančič Valant A. 1999. Reometrija. V: Reologija živil. 19. Bitenčevi živilski dnevi '99, Ljubljana, 10. in 11. junij 1999. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 16-23
- Žlender B. 1978. Osnovni procesi v proizvodnji gotovih jedi. V: Živilsko inženirstvo. 4. Bitenčevi živilski dnevi '78, Ljubljana, 15. in 16. december 1978. Bučar F. (ur.). Ljubljana, VDO Biotehniška fakulteta, VTO za živilsko tehnologijo: 167-183
- Žlender B. 2005. Tehnologija gotovih jedi. Interno gradivo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 110 str.
- Žlender B. 2006. Prehranski inženiring. Interno gradivo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 80 str.
- Žumer M. 1999. Reologija. V: Reologija živil. 19. Bitenčevi živilski dnevi '99, Ljubljana, 10. in 11. junij 1999. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 2-13

ZAHVALA