

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Igor LOJEVEC

**VPLIV RAZLIČNIH HIDROKOLOIDOV NA
TEKSTURNE LASTNOSTI MESNE EMULZIJE**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2014

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Igor LOJEVEC

**VPLIV RAZLIČNIH HIDROKOLOIDOV NA TEKSTURNE
LASTNOSTI MESNE EMULZIJE**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**EFFECT OF DIFFERENT HYDROCOLLOIDS ON TEXTURE
PROFILE OF MEAT EMULSIONS**

GRADUATION THEISIS
University studies

Ljubljana, 2014

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija živilske tehnologije. Tehnološki del, fizikalno-kemijske analize in senzorično ocenjevanje je bilo opravljeno na Katedri za tehnologijo mesa in vrednotenje živil, Oddelka za živilstvo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani.

Za mentorja diplomskega dela je imenovan doc. dr. Tomaž Polak in za recenzentko doc. dr. Mojca Korošec.

Mentor: doc. dr. Tomaž Polak

Recenzentka: doc. dr. Mojca Korošec

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svojega dela na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je delo, ki sem ga oddal v elektronski obliki, identično tiskani verziji.

Igor LOJEVEC

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 637.52:664.9.022:543.2/.9(043)=163.6
KG	mesna emulzija / aditivi / fosfati / hidrokoloidi / škrob / karagenan / ksantan/ tekstura / barva/ senzorične lastnosti
AV	LOJEVEC, Igor
SA	POLAK, Tomaž (mentor) / KOROŠEC, Mojca (recenzentka)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo
LI	2014
IN	VPLIV RAZLIČNIH HIDROKOLOIDOV NA TEKSTURNE LASTNOSTI MESNE EMULZIJE
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	X, 50 str., 15 pregl., 10 sl., 85 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Cilj diplomske naloge je bil izdelati mesno emulzijo, ki bo po teksturnih lastnostih primerljiva ali boljša kot izdelana s fosfati (E 338–343, E 450–452). V ta namen smo izdelali deset skupin emulzij iz piščančjega mehansko ločenega mesa hrbtov, v katere smo namesto fosfatnega preparata (kontrola) dodali tri različne deleže hidrokoloida karagenana (E 407a) ali ksantana (E 415) (0,5 %, 0,8 % in 1 %) ali krompirjevega škroba (1 %, 1,5 % in 2 %). Senzorične lastnosti koagulatov emulzij smo ovrednotili z metodo kvantitativne deskriptivne analize, instrumentalno analizo barve smo izvedli s kromometrom Minolta CR-200B in sistemom CIE $L^*a^*b^*$, analizo teksture pa z aparatom Texture Analyser TA.XT Plus in testoma SR (<i>Stress Relaxation</i>) in TPA (<i>Texture Profile Analysis</i>). Vse meritve smo opravili v štirih paralelkah. Rezultate poskusa smo statistično obdelali. Ugotovili smo, da se emulzije z dodanimi fosfati, karagenanom, ksantanom in krompirjevim škrobom značilno razlikujejo v instrumentalno izmerjenih teksturnih (trdota, kohezivnost, gumijavost, žvečljivost, elastičnost, F_0 in Y_{30}) in vseh barvnih parametrov ter ovrednoteni senzorični kakovosti (barvi, trdoti in aromi). S povečevanjem dodatka karagenana in krompirjevega škroba se spremenijo senzorične lastnosti (barva, tekstura in aroma; izjema je trdota pri karagenanu) in vse instrumentalne vrednosti barve, instrumentalno izmerjena tekstura pa se ne spremeni. S povečevanjem dodanega ksantana se spremenijo instrumentalno določena profila barve in teksture ter senzorični profil teh emulzij. Emulzijam s fosfati so po barvi, teksturi in aromi najbolj podobne emulzije s škrobom v koncentraciji med 1 in 2 % in karagenanom v koncentraciji 0,5–0,8 %. Emulzije s škrobom so zaradi intenzivnejše arome prejele celo boljše ocene kot kontrolne, vendar razlika med njimi ni statistično značilna.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Dn
- DC UDC 637.52:664.9.022:543.2/.9(043)=163.6
- CX meat emulsions / additives / phosphate / hydrocolloids / starch / carrageenan / xanthan/ texture / colour / sensory properties
- AU LOJEVEC, Igor
- AA POLAK, Tomaž (supervisor) / KOROŠEC, Mojca (reviewer)
- PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Food Science and Technology
- PY 2014
- TI EFFECT OF DIFFERENT HYDROCOLLOIDS ON TEXTURE PROFILE OF MEAT EMULSIONS
- DT Graduation Thesis (University studies)
- NO X, 50 p., 15 tab., 10 fig., 85 ref.
- LA sl
- AL sl/en

AB The aim of the thesis was to produce a meat emulsion with selected binder (hydrocolloids), that would have textural properties comparable or better as emulsion produced by phosphates (E 338–343, E 450–452). For this purpose, we have prepared ten groups of emulsions from mechanically separated meat of chicken backs where in place of the phosphate preparation (control), the three different quantities of carrageenan (E 407a) or xanthan (E 415) (0.5 %, 0.8 % and 1%), or potato starch (1 %, 1.5 % and 2 %) were added. Analyses of emulsion coagulates included sensory analysis using the method of quantitative descriptive analysis, instrumental analysis of colour with chromometer Minolta CR-200b and the CIE $L^*a^*b^*$ system, and texture analysis with apparatus Texture Analyser TA.XT Plus and SR (*Stress Relaxation*) and TPA (*Texture Profile Analysis*) test. All measurements were performed in quadruplicate. Experimental results were statistically processed. Emulsions with added phosphate, carrageenan, xanthan, and potato starch significantly differ in instrumentally measured texture (hardness, cohesiveness, gumminess, chewiness, resilience, F_0 and Y_{30}) and all colour values as well as in sensory properties (colour, firmness and aroma). Generally, the increase of the carrageenan and potato starch addition affects some of the sensory properties (colour, texture and aroma), all instrumentally measured colour values, while values for instrumentally measured texture do not change. Instrumentally determined colour and texture profiles and the sensory profile of emulsions would change by increasing the addition of xanthan. Emulsion with phosphate and emulsions with starch at a concentration of 1–2 % and carrageenan at a concentration of 0.5–0.8 % are the most similar in colour, texture and aroma. Emulsions with starch were even better assessed than the control group due to intense aroma, though differences are not statistically significant.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
ZAHVALAKAZALO PREGLEDNIC	VI
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	IX
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	X
1 UVOD.....	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	1
1.2 NAMEN DIPLOMSKEGA DELA	1
1.3 HIPOTEZE	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 NITRITI (E 249–250).....	3
2.2 ASKORBINSKA KISLINA (E 300–302).....	3
2.3 NATRIJEV ERITORBAT (E 316).....	4
2.4 FOSFATI (E 338–343, E 450–452)	4
2.5 HIDROKOLOIDI	4
2.5.1 Karagenan (E 407 in E 407a).....	5
2.5.1.1 Lastnosti karagenana	5
2.5.1.2 Uporaba karagenana	6
2.5.1.3 Pridobivanje karagenana.....	8
2.5.1.4 Varnost karagenana	9
2.5.2 Ksantan (E 415)	10
2.5.2.1 Lastnosti ksantana	11
2.5.2.2 Uporaba ksantana	12
2.5.2.3 Pridobivanje ksantana.....	13
2.5.2.4 Varnost ksantana	13
2.5.3 Ostali hidrokoloidi.....	14
2.6 ŠKROB 15	
2.6.1.1 Lastnosti škrobov.....	16
2.6.1.2 Uporaba škrobov	17
3 MATERIAL IN METODE	19
3.1 MATERIAL.....	19
3.2 METODE.....	20
3.2.1 Senzorična analiza	20
3.2.2 Instrumentalno merjenje barve.....	22

3.2.3 Instrumentalno merjenje teksturnih lastnosti	22
3.2.3.1 Test TPA.....	22
3.2.3.2 Test SR	23
3.2.4 Osnovna kemijska sestava	23
3.2.5 Vsebnost nitrta	24
3.2.6 Statistična analiza	24
4 REZULTATI.....	25
4.1 OSNOVNA KEMIJSKA SESTAVA IZBRANIH EMULZIJ IN VSEBNOST REZIDUALNEGA NITRITA	25
4.2 REZULTATI SENZORIČNE ANALIZE	25
4.3 REZULTATI INSTRUMENTALNIH MERITEV BARVE IN TEKSTURE	28
4.4 KORELACIJSKA ANALIZA	33
4.5 MULTIVARIATNA ANALIZA	34
5 RAZPRAVA IN SKLEPI.....	36
5.1 RAZPRAVA.....	36
5.2 SKLEPI	42
6 POVZETEK	43
7 VIRI	45
ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Izbrane sestavine, njihova funkcija v živilih in viri (Brewer, 2012: 392).....	14
Preglednica 2: Lastnosti gumijev in predlagan dodatek v mesne izdelke (Brewer, 2012: 392).....	15
Preglednica 3: Delež amiloze in amilopektina (v %) v različnih vrstah škroba (Brown, 2011: 393).....	16
Preglednica 4: Sestava osnovne recepture in okrajšave poimenovanja eksperimentalnih skupin piščančjih emulzij.....	20
Preglednica 5: Rezultati instrumentalne analize (NIR) osnovne sestave in vsebnosti nitrita v piščančjih emulzijah.....	25
Preglednica 6: Rezultati senzorične analize koagulatov emulzij iz mehansko odkoščenih hrbtov piščancev, izdelanih z različnimi dodatki dveh hidrokoloidov, krompirjevega škroba in fosfatnega preparata, z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri.....	26
Preglednica 7: Vpliv različnih dodatkov (hidrokoloidov, krompirjevega škroba in fosfatnega preparata v različnih koncentracijah) na senzorično ocenjene lastnosti koagulatov emulzij iz mehansko odkoščenih hrbtov piščancev (Duncanov test, $\alpha = 0,05$).....	26
Preglednica 8: Rezultati instrumentalnih meritev barve in teksture koagulatov emulzij iz mehansko odkoščenih hrbtov piščancev, izdelanih z različnimi dodatki dveh hidrokoloidov, krompirjevega škroba in fosfatnega preparata, z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri.....	28
Preglednica 9: Vpliv različnih dodatkov (hidrokoloidov, krompirjevega škroba in fosfatnega preparata v različnih koncentracijah) na instrumentalno merjene parametre barve koagulatov emulzij iz mehansko odkoščenih hrbtov piščancev (Duncanov test, $\alpha = 0,05$).....	29
Preglednica 10: Vpliv meritve instrumentalnih parametrov barve koagulatov emulzij iz mehansko odkoščenih hrbtov piščancev z različnimi dodatki hidrokoloidov, krompirjevega škroba in fosfatnega preparata v različnih koncentracijah (Duncanov test, $\alpha = 0,05$).....	30
Preglednica 11: Vpliv različnih dodatkov (hidrokoloidov, krompirjevega škroba in fosfatnega preparata v različnih koncentracijah) na instrumentalno merjene parametre teksture (test TPA) koagulatov emulzij iz mehansko odkoščenih hrbtov piščancev (Duncanov test, $\alpha = 0,05$).....	31
Preglednica 12: Vpliv različnih dodatkov (hidrokoloidov, krompirjevega škroba in fosfatnega preparata v različnih koncentracijah) na instrumentalno merjene parametre teksture (test SR) koagulatov emulzij iz mehansko odkoščenih hrbtov piščancev (Duncanov test, $\alpha = 0,05$).....	32

Preglednica 13: Tesnost povezave med senzorično ocenjeno teksturo in instrumentalno izmerjenimi parametri teksture (Pearsonov korelacijski koeficient, r).....	34
Preglednica 14: Korelacijski koeficienti med spremenljivkami, uporabljenimi v LDA	34
Preglednica 15: Na podlagi senzorične in instrumentalne analize ocenjeni trendi spremembe parametrov piščančjih emulzij v primeru povečanja dodatka karagenana in ksantana iz 0,5 % na 1 1 % oz. krompirjevega škroba iz 1 % na 2 %	40

KAZALO SLIK

Slika 1: Glavne kopolimere karagenana, iota(ι) – levo, kapa (κ) – sredina, in lambda (λ) – desno (Carrageenan, 2014b).....	5
Slika 2: Shema pridelave rafiniranega karagenana (Porse, 1998, cit. po McHugh, 2003), levo, in shema pridelave moke iz morskih alg in karagenana PES/PNG – filipinski naravni izdelek/predelane morske alge <i>Eucheuma</i> , desno (Bixler, 1996, cit. po McHugh, 2003).....	9
Slika 3: Karagenan je polisaharid, ekstrahirano iz različnih vrst rdečih morskih alg (Carrageenan, 2014a).....	9
Slika 4: Struktura ksantan gumija (Palaniraj in Jayaraman, 2011: 3)	11
Slika 5: Shema pridobivanja ksantana v močno prezračenih mešalnih bioreaktorjih (Rosalam in Enland, 2006: 204)	13
Slika 6: Predstavitev dveh komponent molekule škroba (Mano in sod., 2007)	16
Slika 7: Test TPA (angl. <i>Texture Profile Analysis</i>) (Stable Micro Systems, 2000)	23
Slika 8: Projekcija parametrov LDA koagulatov emulzij iz mehansko odkoščenih hrbtov piščancev v ravnini, definiranih s prvima dvema funkcijama.....	35
Slika 9: Projekcija podatkov o različnih dodatkih (hidrokoloidov, krompirjevega škroba in fosfatnega preparata v različnih koncentracijah) v koagulate emulzij iz mehansko odkoščenih hrbtov piščancev v ravnini, definirani s prvima dvema funkcijama	35
Slika 10: Povezava med spremembo svetlosti (ΔL^*) in intenzivnosti barve (ΔC^*) piščančjih emulzij z dodanimi hidrokoloidi in škrobom v različnih koncentracijah v primerjavi z emulzijo, izdelano z 0,7 % dodanega fosfatnega preparata Aroma UK (kontrola, fos.); A – na svežem rezu, B – po 0,5 h v hladilniku pri temperaturi 4 ± 1 °C, C – po 0,5 h pri sobni temperaturi 20 ± 1 °C	38

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ADI	sprejemljiv dnevni vnos (angl. <i>Acceptable Daily Intake</i>)
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
GLM	posplošeni linearni model (angl. <i>General Linear Model</i>)
JECFA	Odbor za prehrano in kmetijstvo (angl. <i>FAO/WHO Expert Committee on Food Additives</i>)
LDA	linearna diskriminantna analiza (ang., <i>Linear Descriptive Analysis</i>)
MOM	mehansko odkoščeno meso
NIR	odboj bližnje infrardeče svetlobe (angl. <i>Near Infrared Radiation</i>)
PCA	analiza glavnih osi (angl. <i>Principal Component Analysis</i>)
PES	predelana morska alga <i>Evheuma</i> (angl. <i>Processed Eucheuma Seaweed</i>)
PNG	Filipinski naravni karagenan (angl. <i>Philippine natural grade carrageenan</i>)
SCF	Zdravstveni odbor za hrano (angl. <i>Scientific Committee for Food</i>)
SR	test relaksacije (angl. <i>Stress Relaxation</i>)
SRC	pol-rafinirani karagenan (angl. <i>Semi-refined Carrageenan</i>)
SVV	sposobnost za vezanje vode
TPA	analiza profila teksture (angl. <i>Texture Profile Analysis</i>)
WHO	Svetovna zdravstvena organizacija (angl. <i>World Health Organisation</i>)

1 UVOD

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Fosfati (E 338–452) se uporabljajo v proizvodnji mesnih izdelkov, ki v tehnologijo izdelave vključujejo toplotno obdelavo, vendar sme po Uredbi (ES) št. 1333/2008 o aditivih za živila (2008) končni izdelek vsebovati največ do 0,5 % (do 5 g/kg) skupnih fosfatov, izraženih kot fosforjev pentoksid – P_2O_5 . Količina fosfatov je omejena zaradi možnosti potvorb mesnih izdelkov, t.j. dodatka in vezave večjih količin vode. Fosfatom po eni od teorij pripisujejo tudi neugodne učinke na zdravje. Večje količine fosfatov v izdelkih povzročijo poslabšanje nekaterih senzoričnih lastnosti, kot so neprijeten milnat, trpek priokus in prečvrsta ter gumijava tekstura. Torej, iz zdravstvenega in senzoričnega vidika se intenzivno iščejo nadomestki za fosfate, pozitivne rezultate dajejo predvsem hidrokoloidi in modificirani škrobi.

1.2 NAMEN DIPLOMSKEGA DELA

Naša naloga je izdelati mesno emulzijo, ki bo po teksturnih lastnostih identična kot kontrolna, v katero bomo dodali samo fosfate (E 338–343, E 450–452). V ta namen bomo fosfate v emulzijah zamenjali z različnima hidrokoloidoma, kot sta karagenan (E 407a) in ksantan (E 415), ter s krompirjevim škrobom v različnih koncentracijah.

1.3 HIPOTEZE

Predvidevamo:

- da se bodo mesne emulzije z dodanimi fosfati, različnimi hidrokoloidi in škrobi značilno razlikovale v instrumentalno izmerjenih teksturnih lastnostih in barvi ter ovrednoteni senzorični kakovosti;
- da bodo razlike v teksturnem, barvnem in senzoričnem profilu posledica tako uporabljene vrste koloida ali škroba kot tudi uporabljene koncentracije le-tega v emulziji;
- da bomo z dodatkom hidrokoloidov izdelali emulzijo, ki bo po teksturnih lastnostih identična kot kontrolna emulzija, v katero bomo dodali samo fosfate.

2 PREGLED OBJAV

Aditivi so po definiciji, zapisani v Codex Alimentarius, opredeljeni kot snov, ki se običajno ne uporablja kot živilo in ni tipična sestavina živila, ne glede na to ali ima hranilno vrednost ali ne, in se namensko dodaja živilu za izboljšanje njegovih senzoričnih in tehnoloških lastnosti, v proizvodnji, med pakiranjem in transportom. Med aditive ne štejemo kontaminante in snovi, ki se dodajajo živilu za izboljšanje ali ohranjanje hranilne vrednosti živila (JOINT FAO/WHO Codex Alimentarius Commission, 2001).

K aditivom za živila ne spadajo (Uredba (ES) št. 1333, 2008; Pravilnik o aditivih..., 2010):

- monosaharidi, disaharidi ali oligosaharidi,
- živila, posušena ali zgoščena, vključno z aromami, ki so med postopkom proizvodnje sestavljenih živil dodana zaradi arome in okusa ali hranilnih lastnosti ter drugotnega barvnega učinka,
- snovi, ki se uporabljajo v materialih za pokrivanje ali ovijanje ter ki niso del živil in niso namenjene za zaužitje skupaj z njimi,
- izdelki, ki vsebujejo pektin in so pridobljeni iz posušenih jabolčnih tropin ali lupin citrusov ali kutine,
- baze za žvečilni gumi,
- beli ali rumeni dekstrin, pražen ali dekstriran škrob, škrob, modificiran s kislinsko ali alkalno obdelavo, beljen škrob, fizikalno modificiran škrob in škrob, obdelan z amilolitičnimi encimi,
- amonijev klorid,
- krvna plazma, jedilna želatina, beljakovinski hidrolizati in njihove soli, mlečne beljakovine in gluten,
- aminokisliline in njihove soli, ki nimajo tehnološke funkcije, razen glutaminske kisline, glicina, cisteina, ter cistina in njunih soli,
- kazeinati in kazein,
- inulin.

Kakovost aditivov in njihovo uporabo v živilskih izdelkih v Republiki Sloveniji predpisuje Pravilnik o aditivih za živila (2010). Vsak izdelek mora imeti zapisane vse uporabljene aditive na deklaraciji, in sicer s črko E in številko aditiva, ki je povezana z njegovo čistostjo in kemijsko sestavo (Pravilnik o aditivih..., 2010).

Poleg živalske mastnine dodajamo v mesne izdelke aditive (kemijske konzervanse anorganskega in organskega izvora) ter tudi določene dodatne sestavine. Med dodatne sestavine štejemo vodo, sol in ostale sestavine živalskega ali rastlinskega izvora.

Po uredbi med aditive, ki smo jih uporabili v naši študiji, spadajo nitriti (E 249–250), askorbinska kislina (E 300–302), natrijev eritorbat (E 413), fosforjeva (V) kislina – fosfati – di-, tri- in polifosfati (E 338–341, E 343 in E 450–452), karagenan (E 407 in E 407a) in ksantan gumi (E 415), medtem ko krompirjev škrob ne spada med aditive. V nadaljevanju bodo vsi na kratko predstavljeni. Za karagenan in ksantan gumi bomo uporabili tudi skupno poimenovanje hidrokoloidi, predvsem zaradi njihove funkcije, in za ksantan gumi skrajšano poimenovanje ksantan.

2.1 NITRITI (E 249–250)

Najpomembnejši aditiv anorganskega izvora v proizvodnji mesnih izdelkov je nitritna sol. Nitriti so soli dušikove (III) kisline (HNO_2), v živila se lahko dodajajo samo v mešanici s soljo ali nadomestkom za sol (Demšar in Polak, 2010). Uporabljata se lahko kalijev (E 249) in natrijev nitrit (E 250).

V razsoljenih mesnih izdelkih nitriti sodelujejo pri oblikovanju nitrozomioglobina oz. nitrozomiokromogena, ki dajeta razsoljenemu mesu in izdelkom značilno rožnato barvo. Nitriti sodelujejo tudi pri oblikovanju značilne arome razsoljenega mesa, imajo antioksidativen učinek in v večjih koncentracijah zavirajo rast nekaterih bakterij. Meso in mesni izdelki brez dodanega nitrita po toplotni obdelavi postanejo sive barve (Heinz in Hautzinger, 2007; Hui, 2012). Nitriti so toksični, saj povzročajo razgradnjo eritrocitov in A vitamina, ter mutageni in kancerogeni, ker z amini tvorijo kancerogene nitrozamine (Saltmarsh, 2000; Demšar in Polak, 2010).

Po Pravilniku o aditivih za živila (2010) je dovoljena vhodna količina nitritov v mesnih izdelkih 150 mg/kg, v steriliziranih izdelkih 100 mg/kg, v določenih tradicionalnih mesnih izdelkih, izdelanih po postopku mokrega in suhega razsoljevanja, ter nekaterih tradicionalnih soljenih mesnih izdelkih pa med 0 in 180 mg/kg. V slednjih je predpisan tudi največji dovoljen ostanek nitrita, in sicer od 50 do 175 mg/kg, odvisno od izdelka.

Raziskovalci so dokazali, da lahko dnevno zaužita količina 30 mg natrijevega nitrita povzroči zdravstvene težave, kot so glavobol, prebavne motnje in izpuščaji. Letalna doza zaužitega nitrita za človeka je 32 mg/kg telesne teže (Shafiur, 2007).

Sprejemljiv dnevni vnos (ADI) je 0–0,07 mg NO_2 /kg telesne teže (JECFA) oz. 0–0,06 mg NO_2 /kg telesne teže (SCF) (Santamaria, 2006).

2.2 ASKORBINSKA KISLINA (E 300–302)

Askorbinska kislina se uporablja v obliki askorbinske kisline (E 300), natrijevega askorbata (E 301) in kalcijevega askorbata (E 302). Najdemo jo v sadju in zelenjavi, največ v citrusih. Ima funkcijo antioksidanta, preprečuje oksidacijske reakcije v živilih. V mesnih izdelkih pospešuje oblikovanje barve in zavira oblikovanje nitrozaminov (Saltmarsh, 2000).

Zaradi svojih reducirajočih sposobnosti se uporablja kot pospeševalec razsoljevanja mesa, saj pospešuje oblikovanje nitrozomioglobina, hkrati pa omejuje pojav zelenih diskoloracij. Barva razsoljenega mesa nastane zaradi reakcije nitrita z mesnim barvilom. Ta reakcija je počasnejša v toplotno neobdelanih kot pri toplotno obdelanih mesnih izdelkih (Heinz in Hautzinger, 2007; Demšar in Polak, 2010).

Pravilnik o aditivih za živila (2010) dovoljuje uporabo askorbinske kisline, natrijevega askorbata in kalcijevega askorbata *quantum satis*, t.j. po potrebi – doziranje ni omejeno.

Drugo ime za askorbinsko kislino je vitamin C. Splošno priporočilo za dnevni vnos (RDI, angl. *Recommended Daily Intake*) za odraslo populacijo znaša 100 mg (Referenčne vrednosti ..., 2004). Novejša priporočila (EFSA, 2013b) pa priporočajo za moške 110 mg in za ženske 95 mg dnevno (PRI, angl. *Population Reference Intake*). Vrednosti izhajajo iz povprečnih potreb (angl. *Average Requirement*), ki so za moške 90 mg/dan in za ženske 80 mg/dan.

2.3 NATRIJEV ERITORBAT (E 316)

Natrijev eritorbat se po Pravilniku o aditivih (2010) lahko dodaja v soljene in konzervirane mesne izdelke, in sicer v količini do 500 mg/kg, pa tudi zamrznjene in globoko zamrznjene ribe z rdečo kožo in konzervirane in polkonzervirane ribje izdelke (do 1500 mg/kg).

2.4 FOSFATI (E 338–343, E 450–452)

Fosfati so soli fosorne (V) kisline (H_3PO_4). Pri izdelavi mesnih izdelkov jih uporabljamo v obliki fosforjeve (V) kisline (E 338), natrijevih fosfatov (E 339), kalijevih fosfatov (E 340), kalcijevih fosfatov (E 341), magnezijevih fosfatov (E 343), difosfatov (E 450), trifosfatov (E 451) in polifosfatov (E 452) (Pravilnik o aditivih..., 2010).

Fosfati imajo v mesni industriji široko uporabnost:

- izboljšajo vezavo in teksturo v predelanem mesu,
- povečujejo sposobnost za vezanje vode (SVV),
- stabilizirajo teksturo mesnih izdelkov z višanjem topnosti proteinov v povezavi s soljo,
- delujejo kot kelator saj vežejo nezaželene kovinske in nekovinske ione v kelatni kompleks in tako povečajo stabilnost izdelka,
- preprečujejo oksidacijo lipidov in nastanek žarkosti,
- zavirajo rast določenih mikroorganizmov (Katalenič, 2007; Žlender in sod., 2009; Demšar in Polak, 2010).

Z dodajanjem fosfatov v presno ali predelano meso in klobase se poveča sposobnost vezave vode in s tem se poveča količina vode v izdelku, kar neposredno pozitivno vpliva na senzorične lastnosti izdelka ter na nižjo ceno izdelka.

Po Pravilniku o aditivih za živila (2010) sme končni izdelek vsebovati največ 0,5 % (do 5 g/kg) skupnih fosfatov, izraženih kot fosforjev pentoksid – P_2O_5 . Večje vsebnosti fosfatov v izdelkih povzročijo poslabšanje nekaterih senzoričnih lastnosti izdelkov, pojavijo se lahko neprijeten milnat, trpek priokus in prečvrsta ter gumijasta tekstura.

Že leta 1991 so določili ADI za fosfate, in sicer 70 mg/kg telesne teže (EFSA, 2003a).

2.5 HIDROKOLOIDI

Zgoščevalci in stabilizatorji (pogosto imenovani kot hidrokoloidi, gume, vodotopni polimeri) imajo pomembne uporabne funkcije v proizvodnji živil. Predvsem ti materiali spremenijo fizikalne lastnosti vode, ki prevladuje v mnogih živilih. Hidrokoloidi so

visokomolekularni polimeri, ki jih pridobijo z ekstrakcijo iz rastlin, alg in živalskega kolagena, ali pa so proizvedeni z mikrobnno sintezo (Othmer, 2008).

Učinkujejo kot zgoščevalci in kot stabilizatorji emulzij, suspenzij in pen. Struktura hidrokoloidov jim daje spolzek/gladek in kremni občutek teksture v ustih in oponašajo senzorične lastnosti maščob in olj. Zato se uporabljajo tudi kot nadomestki maščob, ki so na trgu vsi po vrsti kombinacija hidrokoloidov (Othmer, 2008).

Hidrokoloidi predstavljata dve skupini: polisaharidi in proteini (Othmer, 2008). Njihova naloga je:

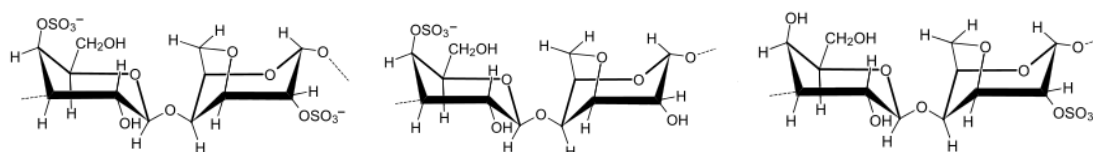
- sprememba reoloških lastnosti, vpliv na tekočnost in občutek v ustih živil in pijač,
- suspenzijski agensi za živila ki vsebujejo posebne snovi,
- stabilizatorji olj in mešanic olje-voda.

V nadaljevanju sta natančneje opisana samo hidrokoloida, ki smo ju uporabili v eksperimentalnem delu.

2.5.1 Karagenan (E 407 in E 407a)

2.5.1.1 Lastnosti karagenana

Karagenan (E 407 in E 407a) je sulfatizirani galaktozni polimer (oziroma polisaharid sestavljen iz kalijevih, magnezijevih in kalcijevih sulfatnih estrov) s povprečno molsko maso nad 100 kDa. Pridobiva se z vodno ekstrakcijo naravnih vrst rdečih morskih alg iz rodu Rhodophyceae (posebej v družinah *Gigartinaceae*, *Hypneaceae*, *Phyllophoraceae*, *Solieriaceae*) in drugih. Ljudje ga ne prebavljamo, zato nima hranilne vrednosti. Molekula karagenana je dolga, zelo fleksibilna in v obliki vijačnice, ter tvori gele že pri sobni temperaturi. Zato se v živilih uporablja kot aditiv, predvsem kot sredstvo za želiranje, sredstvo za vezanje vode oz. gostenje ali kot emulgator (NIJZ, 2014). Z ohlajanjem se oblikuje v elastičen gel, ki je stabilen pri temperaturi hladilnika. Njegovo doziranje ni omejeno, z izjemo otroške hrane (Pravilnik o aditivih za živila, 2010), uporablja pa se v majhnih količinah, do 1 % (Heinz in Hautzinger, 2007; Necas in Bartosikova, 2013).



Slika 1: Glavne kopolimere karagenana, iota (ι) – levo, kapa (κ) – sredina, in lambda (λ) – desno (Carrageenan, 2014b).

Zanimivo je dejstvo, da večina rdečih alg proizvaja tekom svojega razvoja različne tipe karagenana. Praviloma pa se κ -karagenan pridobiva iz alg *Kappaphycus alvarezii* (znane kot *Euचेuma cottonii*), ι -karagenan iz alg *Euचेuma denticulatum* (znane kot *Euचेuma spinosum*), medtem ko se λ -karagenan pridobiva iz alg *Gigartina* (Roberts in Quemener, 1999).

Obstajajo različne vrste karagenana, med katerimi so najbolj znane kapa (κ) (I in II), jota (ι) in lambda (λ). κ -karagenan I v vodi tvori zelo čvrste gele, ki v prehranskih sistemih prispevajo k zmerni viskoznosti. Ta hibridni tip karagenana ima največjo želirno moč predvsem zaradi svoje kemijske sestave, 24–25 % sulfatnih estrov in 35–40 % 3,6-anhidrogalaktoznih (AG) enot. Zaradi sposobnosti tvorbe gelov visoke trdnosti se lahko uporablja v majhnih koncentracijah. Popolnoma se raztopi pri temperaturi 75 °C, gel pa tvori že pri sobni temperaturi brez hlajenja. κ -karagenan II je poznan po svoji zelo veliki reaktivnosti s proteini mleka. Vsebuje 25–28 % sulfatnih estrov in 32–34 % AG. Temperatura, pri kateri se κ -karagenan II popolnoma raztopi, je približno 70 °C. Podobno kot κ -karagenan I tudi κ -karagenan II želira pri sobni temperaturi. Geli κ -karagenana II so termo-reverzibilni, čvrsti in elastični. V prehranskih sistemih zaradi večje molekulske mase κ -karagenani II prispevajo k večji viskoznosti v primerjavi s κ -karagenani I. Oblika ι -karagenan tvori šibke in termično reverzibilne, elastične gele. Vsebuje 30–32 % sulfatnih estrov in 28–32 % AG. To kaže na dobro stabilnost med zmrzovanjem in tajanjem, zato je priporočljiva za izdelke, ki se zamrzujejo. Za popolno raztapljanje ι -karagenan zahteva nižjo temperaturo kot κ -karagenani (65 °C) in prispeva k večji viskoznosti izdelkov. λ -karagenan je sposoben zadržati dodano vodo, vendar ne tvori gelov (Černiková in sod., 2008). Ta frakcija karagenana vsebuje približno 35 % sulfatnih estrov in ne vsebuje AG. Je pa topen v hladni vodi in zagotavlja visoko viskoznost živil (Gelymar, 2013).

Karagenan ustvarja homogene strukture, katerih oblika in velikost je značilna za maščobne kapljice v polnomastnih izdelkih. Številni raziskovalci so ugotovili, da κ - in ι -karagenani izboljšajo teksturo mesnih izdelkov z majhno vsebnostjo maščob, saj te spojine ustvarijo komplekse z vodo in beljakovinami (Mittal in Barbut, 1994; Cofrades in sod., 2000; Hasret, 2006).

Pomemben dejavnik, ki vpliva na sposobnost vezanja vode je pH vrednost mesa (Hamm, 1986). Že manjše spremembe v pH lahko vplivajo na kakovost izdelka. Teksturne lastnosti predelanih mesnih izdelkov so odvisne od strukture matriksa, ki ga tvorijo proteinski geli, raztopin in delcev, ujetih v gel, vse to pa je obratno odvisno od dejavnikov, kot so pH, sposobnost proteinov za vezanje vode, vsebnost soli, maščob in dodanih ne-mesnih sestavin (Flores in sod., 2007). Spremembe pH mesa lahko zmanjšajo ali povečajo sposobnost vezanja vode, tako da bi bil lahko vpliv dodanega karagenana odvisen od vrednosti pH mesnega nadeva, torej bi posledično lahko izdelali izdelke z različnimi mehanskimi lastnostmi (Cierach in sod., 2009).

2.5.1.2 Uporaba karagenana

Karagenan se kot aditiv dodaja (McHugh, 2003):

- mlečnim izdelkom (smetani, kondenziranemu mleku), sladoledom, sladicam, sadnim sokovom in želejem, omakam, solatnim dresingom, majonezam, pivu, mesnim izdelkom in mesnim pripravkom (kot zgoščevalec, vzdrževalec nevtralnega pH, nadomestek za maščobe, poveča sposobnost za vezanje vode in izboljša narezljivost izdelkov, npr. v paštetah, šunkah), sojinemu mleku in drugim rastlinskim mlekom (kot zgoščevalec in z namenom, da so po konzistenci podobni polnomastnemu mleku),
- hrani za živali,

- kozmetičnim izdelkom kot zgoščevalec (zobne paste, šamponi in kreme),
- gelnim osvežilcem zraka,
- v biotehnologiji za imobilizacijo celic oz. encimov, itd.

Karagenan se uporablja tudi kot nadomestek želatine v vegetarijanski in veganski prehrani.

Kot aditiv se je pojavil že leta 1930, čeprav so ga že pred tem poznali na Irskem in Kitajskem. Karagenani se največkrat uporabljajo v kombinaciji z mlekom in vodo. Njihova pozitivna lastnost je, da reagirajo s proteini mleka (kazeini), kar še dodatno ojača gel (5- do 10-krat bolj učinkovito). Za tvorbo gela v mleku je potrebno le okoli 0,025 % karagenana. Ta lastnost se s pridom izkorišča pri proizvodnji mešanic za dojenčke, sladoleda, stepene smetane itd. (McHugh, 2003).

Kot je že omenjeno, se karagenan v mesni industriji uporablja kot želirno sredstvo pri proizvodnji mesnih izdelkov v pločevinkah in omogoča izdelavo razdetih mesnih izdelkov z zmanjšano vsebnostjo maščob, kot so hrenovke (Pietrasik in Duda, 2000; Cierach in sod., 2009). V pasteriziranih mesnih izdelkih, ki se režejo (npr. kuhana šunka), se karagenan uporablja predvsem za izboljšanje vezanja vode, povečanje dobiti med toplotno obdelavo in izboljšanja reznih lastnosti ter teksture in sočnosti (Trius in Sebranek, 1996; Chun in sod., 2014). Pri teh izdelkih uporaba karagenana temelji na majhni viskoznosti slanice, v katero se ga raztopi in vbrizga v meso, njegovi sposobnosti hidracije med toplotno obdelavo in sposobnosti želiranja med ohlajanjem (Pietrasik, 2003). V kolikor se v meso vbrizga razsolico z 1-2 % karagenana, le-to absorbira od 20 do 80 % več razsolice in posledično postane bolj mehko kot če ne bi bilo razsoljeno (BeMiller in Huber, 2011).

Interakcije κ -karagenana s proteini mesa so dobro raziskane (Trius in Sebranek, 1996; DeFreitas in sod., 1997a; Montero in sod., 2000). Funkcionalnost karagenana v mesnih izdelkih je povezana z lastnostjo, da po toplotni obdelavi želirajo. Karagenan se namreč med toplotno obdelavo raztaplja v mesu (pri temperaturi 70 °C), nato pa med hlajenjem želira (pri temperaturah pod 40 °C). Ob dodatku ne-mesnih komponent se lahko spremeni temperatura denaturacije mesnih proteinov, to pa lahko povzroči spremembo fizikalnega stanja ali pa interakcije med mesnimi proteini in ne-mesnimi komponentami. Fizikalno-kemijske spremembe, s katerimi karagenani vplivajo na toplotno stabilnost mišičnih proteinov in želirne lastnosti, so zelo nedosledne. Dodatek κ -, ι -, α -karagenana le rahlo spremeni temperaturo denaturacije mesnih proteinov v govedini in svinjini, zato so raziskovalci zaključili, da ne pride do molekularnih interakcij med karagenani in mesnimi proteini (DeFreitas in sod., 1997b). Nasprotno pa sta Amako in Xiong (2001) ugotovila, da dodatek različnih karagenanov zniža temperaturo denaturacije proteinov piščančjega mesa, vendar je zmanjšanje odvisno od koncentracije soli in vrste (bele ali temne mišice) piščančjega mesa v mesnih izolatih.

Vpliv dodatka karagenanov na funkcionalne lastnosti mesnih izdelkov je bil predmet številnih raziskav. Bater in sod. (1992) so ugotovili, da κ -karagenan povzroči povečanje dobita, boljšo rezljivost in trdnost ter zmanjšanje izločenega mesnega soka pri pečenju puranjih prsi. κ -karagenan poveča tudi trdoto mesnega nadeva, v primeru da se maščoba zamenja z raztopino karagenana v vodi, medtem ko ι -karagenan bistveno izboljša sposobnost vezanja vode (Barbut in Mittal, 1992). Ugotovljeno je bilo, da tako κ - kot

ι -karagenan povečata dobit med toplotno obdelavo ter trdoto in vezivno moč klobas z majhno vsebnostjo maščob, čeprav so bili ti učinki manj izraziti pri višjih koncentracijah soli (Xiong in sod., 1999). Tudi Hsu in Chung (2001) sta opazila povečanje dobita med toplotno obdelavo, trdote in drugih teksturnih parametrov (analiza TPA), ko sta dodala do 2 % κ -karagenana v emulgirane mesne kroglice z majhno vsebnostjo maščob.

Za našo raziskavo so pomembne tudi ugotovitve Ayadi in sod. (2009), ki so ugotovili, da dodatek karagenana poslabša stabilnost emulzije, vendar poveča sposobnost za vezanje vode, trdoto in povezanost oblikovanih puranjih klobas. Dodatek karagenana v majhnih koncentracijah (0,2 % in 0,5 %) je povečal elastičnost gelov. Pri večjih koncentracijah je dodatek deloval nasprotno, zmanjšal je elastičnost klobas. Senzorična analiza je pokazala, da dodatek karagenana ne vpliva pomembno na aromo klobas, vsekakor pa izboljša videz klobas in njihovo teksturo.

2.5.1.3 Pridobivanje karagenana

Kar 85 % celotne svetovne proizvodnje opravijo na Filipinih, čeprav postopek vodne ekstrakcije rdečih alg in pridobivanje hidrofilnih koloidov poznajo na Irskem že od leta 1810 (Campo in sod., 2009). Največ ga pridobijo iz alg *Eucheuma cottonii* in *Eucheuma spinosum*. Gojenje je zelo enostavno. Alge rastejo na najlonskih podlagah na globini dveh metrov. Rast traja približno tri mesece (SKP, 2014). Po žetvi alge posušijo, stisnejo v bale in transportirajo do proizvodnih obratov. Tam se karagenan pridobiva na dva načina, ki temeljita na popolnoma različnih načelih (McHugh, 2003).

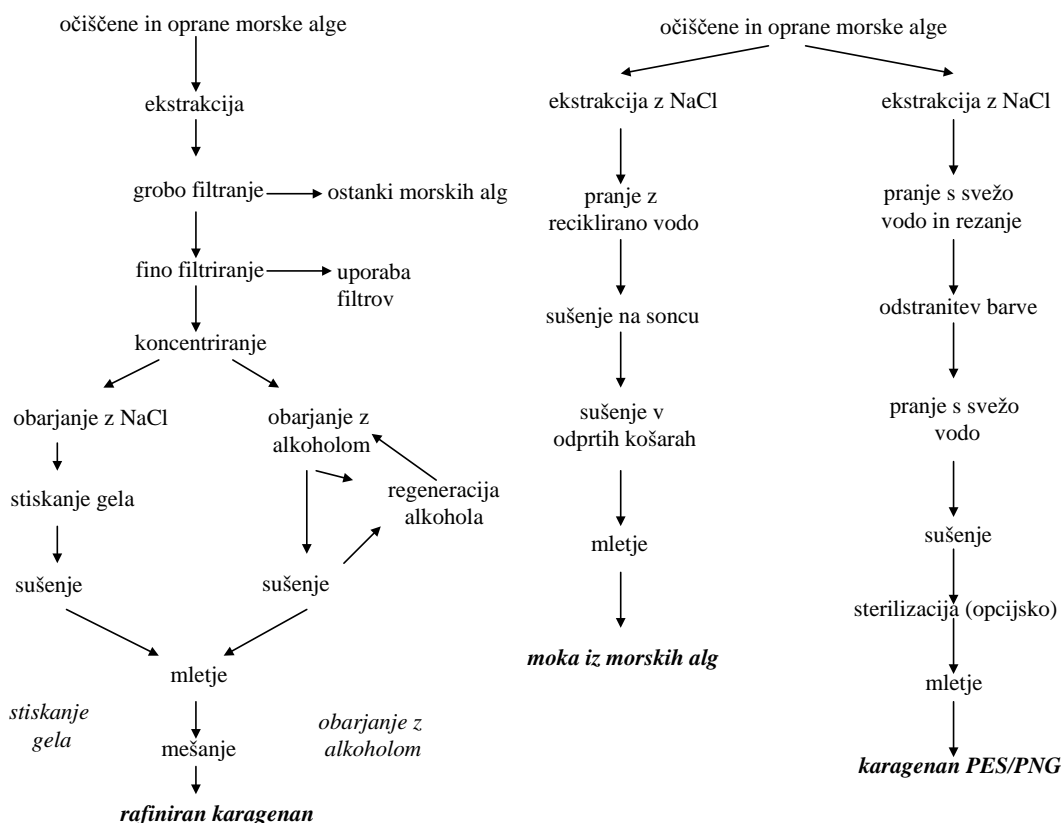
Po originalni metodi, ki se uporablja od poznih osemdesetih let prejšnjega stoletja, se alge prečistijo, odstranijo se vse večje nečistoče (pesek). Karagenan se iz morskih alg ekstrahira v vodno raztopino, ostanki morskih alg (in celuloza) se odstranijo s filtriranjem, nato pa se karagenan pridobi iz vodne raztopine kot suha trdna snov (rafiniran in filtriran karagenan, angl. *Rafined and Filtered Carrageenan*). Ta postopek obnove je zahteven in drag glede na stroške metode, opisane v nadaljevanju.

Po drugem načinu se karagenan praktično ne ekstrahira iz morskih alg. Princip tega postopka je, da se iz morskih alg spere vse, kar se topi v lugu in vodi, pri čemer karagenan in druge netopne snovi ostanejo v netopnem ostanku. Ta netopni ostanek, ki je sestavljen večinoma iz karagenana in celuloze, se nato posuši in proda kot pol-rafinirani karagenan (angl. *Semi-Refined Carrageenan*, SRC). Ker karagenana ne pridobijo iz raztopine, je postopek bistveno krajši in cenejši, vendar je izdelek primeren le za hrano živali. Zato so Filipinci spremenili postopek proizvodnje do te mere, da je izdelek primeren tudi za prehrano ljudi (slika 2) in ga poimenovali Filipinski naravni karagenan (angl. *Philippine Natural Grade Carrageenan*, PNG). V Evropi se v prehrani ljudi lahko uporabljata rafiniran karagenan in karagenan PNG, obliki pa nosita različne oznake:

- rafiniran karagenan je označen s "karagenan" in oznako E 407; medtem ko je
- Filipinski naravni karagenan označen s "predelana morska alga *Eucheuma*" ali "PES", in oznako E 407a.

Torej, karagenana, označena s PNG in PES, spadata v isti razred.

Glavna razlika med rafiniranim karagenanom in karagenanom PNG je, da PNG vsebuje celulozo morske alge, medtem ko je v rafiniranem karagenanu odstranjena s filtriranjem. Rastopina rafiniranega karagenana je prozorna, rastopina s karagenanom PNG pa je motna. Torej, kjer motnost v izdelku ne moti, se lahko uporabi tudi karagenan PNG.



Slika 2: Shema pridelave rafiniranega karagenana (Porse, 1998, cit. po McHugh, 2003), levo, in shema pridelave moka iz morskih alg in karagenana PES/PNG – filipinski naravni izdelek/predelane morske alge *Eucheuma*, desno (Bixler, 1996, cit. po McHugh, 2003)



Slika 3: Karagenan je polisaharid, ekstrahiran iz različnih vrst rdečih morskih alg (Carrageenan, 2014a)

2.5.1.4 Varnost karagenana

Glede varnosti je bil karagenan večkrat presojan s strani mednarodnih pristojnih znanstvenih odborov, v Evropi pa SCF. Največ dvomov v varnost uporabe v živilih je bilo v povezavi z izpostavljenostjo razgradnim produktom karagenana z nižjo molsko maso 20–30 kDa, imenovanim tudi poligenan. Poligenan se uporablja v predkliničnih študijah za

induciranje vnetnih procesov v črevesju testnih živali, zato je bila zaskrbljenost glede tveganja za zdravje ljudi povsem upravičena (NIJZ, 2014). Predvideva se, da tako karagenan kot tudi poligenan povzročata nastanek ulceracij. Poleg tega pa že sam karagenan lahko sproži inhibicijo absorpcije nekaterih mineralov (zlasti K, Ca, Zn, Fe, Cu in Co), kar pri nekaterih ljudeh lahko povzroči prebavne težave (Tobacman, 2001). SCF se je na podlagi predloženih toksikoloških študij odločil, da se k specifikaciji za aditiv karagenan E 407 v Evropi doda zahtevo, da sme biti v karagenanu največ 5 % nečistoč v smislu razgradnih produktov <50 kDa. Pri tem se Odbor zaveda, da je meja 5 % pravzaprav meja določanja polimerov z molskimi masami <50 kDa in da metode za določevanje poligenana niso najbolj selektivne (NIJZ, 2014).

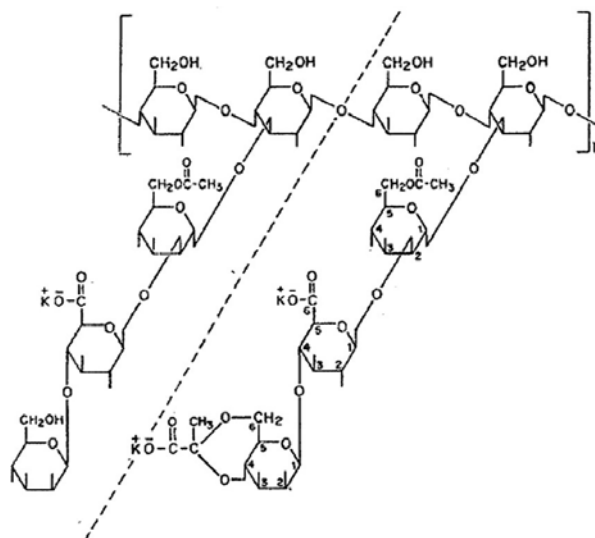
V letu 2003 je SCF ponovno obnovil priporočilo, da se karagenan, zaradi pomanjkanja podatkov glede vpliva na razvijajoče se črevesje dojenčkov, ne uporablja v formulah za dojenčke do 6. mesecev. Opisane dodatne zakonske zahteve veljajo za področje Evropske skupnosti, ne pa tudi za ZDA, od koder prihaja več *in vitro* študij in študij na živalih glede možnih povezav aditiva karagenana z vnetnimi spremembami v črevesju, z glukozno intoleranco, inzulinsko rezistenco in celo debelostjo. EFSA, ki je nasledila SCF, namerava o varnosti karagenana ponovno presoјati do konca leta 2016. Do takrat na evropskem prostoru velja, da na podlagi obstoječih podatkov in zakonsko predvidene uporabe, vključno s specifikacijo aditiva, uporaba aditiva E 407 ne predstavlja tveganja za zdravje ljudi. Živila, ki ga vsebujejo, ga morajo imeti tudi označenega v okviru navedbe sestavin (NIJZ, 2014).

2.5.2 Ksantan (E 415)

Gumi je skupen izraz za hidrokoloidne gele polisaharidov, ki imajo afiniteto do vode in kažejo sposobnost za vezanje vode in drugih organskih/anorganskih materialov. Tradicionalno se pridobivajo iz različnih rastlin. Kemijsko pa so ogljikohidratni polimeri ali polisaharidi (kakorkoli, želatina je protein). Polisaharidi so prisotni v vseh življenjskih oblikah. Imajo tudi številne posebne kemijske in fizikalne lastnosti. V rastlinskem svetu so gradbeni material ali pa energijska rezerva, lepilo in tudi agens za prenašanje informacij. Mikrobní polisaharidi so sestavljeni iz ponavljajočih se enot enostavnih sladkorjev, kot so glukoza, fruktoza, manoza, itd. Ti polisaharidi so včasih imenujejo sluz ali ekso-polisaharidi.

Dekstran, odkrili so ga leta 1940, je bil prvi mikrobní polisaharid, ki se je komercialno uporabljal. Drugi komercialni mikrobní polisaharid pa je ksantan. Ksantan gumi je naravni polisaharid in pomemben industrijski biopolimer. Odkrili so ga leta 1963. Polisaharid B-1459, ali ksantan gumi, proizvaja bakterija *Xanthomonas campestris* NRRL B-1459. Polimer so intenzivno proučevali zaradi njegovih lastnosti, saj je bil primeren, da bi zamenjal ali dopolnil druge naravne in sintetične vodotopne gumije. Obsežna komercialna proizvodnja ksantana se je začela v začetku leta 1964. Dobro so raziskane tudi toksikološke in varnostne lastnosti ksantana, predvsem zaradi uporabe v živilski in farmacevtski industriji. Ksantan je nestrupen in ne zavira rasti. Ne povzroča preobčutljivosti in draženja kože ali oči. Na tej osnovi je Food and Drug Administration (FDA) odobril uporabo ksantana kot živilskega aditiva brez kakršnihkoli posebnih količinskih omejitev (Palaniraj in Jayaraman, 2011).

V Združenih državah Amerike je ksantan na voljo samo v obliki, primerni za prehrano (*Food Grade*). Je pa relativno drag zaradi uporabe glukoze ali saharoze kot edinega vira ogljika in zelo strogih standardov glede čistosti, ki jih zahteva FDA za hrano. V ceni 'food-grade' ksantana proizvodni stroški predstavljajo do 50 % stroškov, povezanimi z nadaljnjimi stopnjami čiščenja, od katerih jih veliko ne bi bilo potrebnih, v kolikor se ksantan ne bi uporabljal za prehranske namene. Znižanje stroškov bi bilo mogoče doseči tudi z uporabo manj dragih substratov, kot so stranski odpadki v živilski industriji (Palaniraj in Jayaraman, 2011).



Slika 4: Struktura ksantan gumija (Palaniraj in Jayaraman, 2011: 3)

Primarna struktura ksantana je prikazana na sliki 4. Ksantan je ponavljajoč pentasaharid oziroma (1→4) vezan β-D-glukan (celuloza), ki ima na mestu 3 izmenično zamenjane glukozne ostanke s stranskimi verigami trisaharidov. Stransko verigo sestavljata dva ostanke molekule manoze, med katerima leži ostanek molekule glukuronske kisline (Raspor in Kovač, 1993). Molekulska masa ksantana je med 2×10^6 in 20×10^6 Da, odvisna je od asociacij med verigami in oblikovanih agregatov med določenimi posameznimi verigami. Na molekulsko maso ksantana vpliva več dejavnikov, predvsem različni pogoji fermentacije in proizvodnje (Palaniraj in Jayaraman, 2011).

2.5.2.1 Lastnosti ksantana

Ksantan je dobro topen v vodi, v katerih tvori viskozne psevdoplastične disperzije že v majhnih koncentracijah. Stabilen je v širokem pH in temperaturnem območju. Zaradi svojih lastnosti se ksantan v veliki meri uporablja kot dodatek v živilski industriji. Idealen je kot zgoščevalec in stabilizator v suspenzijah, penah in emulzijah, tudi tistih z majhno vsebnostjo maščob (Morris, 1987; Othmer, 2008). Toge polimerne verige ksantana v vodni raztopini disociirajo. To je razlog, da so raztopine ksantana tudi pri majhnih koncentracijah močno viskozne. Če takšen sistem izpostavimo sili, ki izzove pretakanje, se šibke vezi med asociiranimi molekulami cepijo (Abramovič, 2004).

Raztopine s ksantanom, v katerih pa so prisotne še majhne koncentracije elektrolitov, imajo odlično toplotno stabilnost. Pod določenimi pogoji viskoznost ksantana ostane stabilna tudi v bazah in kislinah. Njegova stabilnost in kompatibilnost pa se kaže tudi v prisotnosti velikih koncentracij soli (npr. v 15 % raztopini natrijevega klorida ali 25 % raztopini kalcijevega klorida). Najbolj nenavadna lastnost ksantana je reaktivnost z galaktomanani, lepljivimi substancami rožičevega semena in guarja. Kombinacija ksantana in lepljivih substanc rožičevega semena daje pri majhnih koncentracijah (manj kot 0,1 %) raztopine s povečano sinergistično viskoznostjo, medtem ko se pri večjih koncentracijah lepljivih substanc (večjih kot 0,2 %) oblikuje koheziven, termoreverzibilen gel (Mišič in sod., 2000).

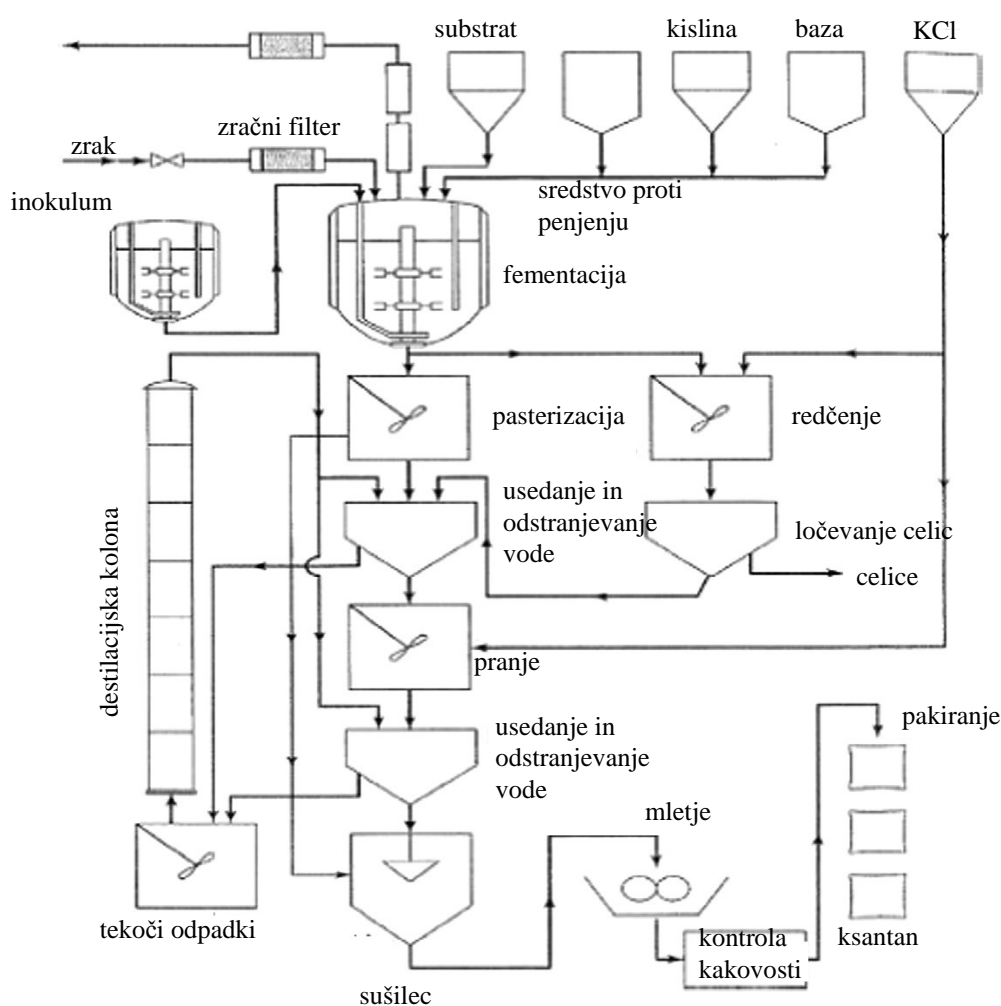
2.5.2.2 Uporaba ksantana

Ksantan se veliko uporablja prav zaradi svojih fizikalnih lastnosti. V nekaterih živilih ksantan kaže zelo dobre lastnosti, okrepi sproščanje arom, živilu daje dober občutek v ustih in je kompatibilen z drugimi sestavinami hrane, vključno s proteini, lipidi in polisaharidi. Veliko živil že vsebuje polisaharide, kot so škrob in pektin, proteine in lipide, zato je zelo pomembno, da je vsak dodan polimer, kot je npr. ksantan, z njimi popolnoma kompatibilen. Nekatera živila, kot so solatni preliv in jogurti, imajo nizek pH, zato morajo biti polisaharidi, vključeni v izdelek, stabilni pri nizkih vrednostih pH. Ksantan je sicer stabilen v širokem območju vrednosti pH in zato zelo primeren za omenjeno uporabo. Polisaharidi kot je ksantan, so lahko vključeni v različne tipe živil (sokove, sirupe, konzervirano in zmrznjeno hrano, suhe mešanice). Ksantan je v majhnih koncentracijah lahko prisoten tudi v sokovih in drugih pijačah. Prav pri teh izdelkih je glavna vloga tega mikrobnega polisaharida bodisi suspendirati sadno pulpo bodisi ohraniti peno na vrhu pijače (Mišič in sod., 2000). Ker se raztopine ksantana ne zgostijo ob hlajenju, je ksantan idealno sredstvo za zgoščevanje solatnih prelivov in čokoladnih sirupov. V teh izdelkih deluje tako kot stabilizator in zgoščevalno sredstvo. Skoraj vedno se ga uporablja v kombinaciji s propilenglikol alginatom (PGA), ki poveča viskoznost raztopine (BeMiller in Huber, 2011). Prav zaradi njegovih unikatnih lastnosti se ksantan lahko uporablja ne le v prehrani, ampak tudi v farmacevtski in naftni industriji ter kmetijstvu (Mišič in sod., 2000; BeMiller in Huber, 2011). Posebno mesto je našel tudi v tehnologiji izdelave brezglutenskih živil, kjer nadomešča lepljivost testa ali nadeva, ki jo drugače dosežemo z uporabo glutena.

Dodatek ksantana je odvisen od tega, kako gosto tekočino želimo. Na splošno se za rahlo zgoščevanje doda 0,2 % ksantana, za goste omake 0,7 %, za zelo goste omake pa nad 1,5 %. Pri tem je potrebno poudariti, da se v primeru prevelikega dodatka ksantana v ustih pojavi sluzasta tekstura in občutek. Za oblikovanje pene se običajno uporablja od 0,2 % do 0,8 % ksantana. Več kot se doda ksantana, večji mehurčki se oblikujejo in posledično bolj gosta pena nastane. Za oblikovanje mehurčkov, podobnih milnatim, se uporablja od 0,1 % do 0,4 % ksantana in od 0,2 % do 2,0 % beljaka v prahu. Več kot se ksantana doda, bolj močno emulzijo dosežemo. Lahko pa ob tem emulzija postane trda, kar ni vedno zaželeno. Za rahlo emulzijo dodamo okoli 0,1 % ksantana, za čvrsto emulzijo pa tudi več kot 0,8 % ksantana (Modernist Cooking, 2014). V mesni industriji se za izdelavo mesnih izdelkov na osnovi mesne emulzije uporablja dodatek 0,2–0,5 % ksantana (Palaniraj in Jayaraman, 2011).

2.5.2.3 Pridobivanje ksantana

Ksantan (gumi) je visokomolekularna polisaharidna guma, eden glavnih komercialnih polimerov. Komercialno pridobivanje poteka v močno prezračenih bioreaktorjih z nenehnim mešanjem in z bakterijo *Xanthomonas campestris*, ki je sposobna konvertirati od 50 % do 70 % substratnega ogljika v zelen izdelek ksantan (Sinskey, 1986). Proizvajalci skozi celoten bioproces natančno spremljajo sestavo gojišča, saj je to pomembno za končno kakovost izdelka. Sledijo pasterizacija, ki uniči bakterije, filtracija ali centrifugiranje in čiščenje z alkoholom ali izopropanolom. Rastopina ksantana je močno psevdoplastična (García-Ochoa in sod., 2000; Mišič in sod., 2000; Palaniraj in Jayaraman, 2011).



Slika 5: Shema pridobivanja ksantana v močno prezračenih mešalnih bioreaktorjih (Rosalam in Enland, 2006: 204)

2.5.2.4 Varnost ksantana

Ksantan je rezultat raziskovalnega dela Allene Rosalind Jeanes in njenega raziskovalnega tima (United States Department of Agriculture) in ga je v zgodnjih šestdesetih letih prejšnjega stoletja komercialno začelo proizvajati podjetje Kelco pod nazivom Kelzan. Za

uporabo v prehrani je dobil dovoljenje leta 1968 in sicer po intenzivnih testiranjih na živalih. Sprejet je bil kot varen aditiv v ZDA, Kanadi, Evropi in mnogih drugih državah pod oznako E 415 (FDA, 2011).

V literaturi lahko zasledimo redke primere povezane z varnostjo ksantana. Pri delavcih v industriji pridobivanja ksantana so opazili povečano število respiratornih simptomov. FDA je leta 2011 priporočila, da se nedonošenčkov ne hrani z določenim izdelkom (SimplyThick), ki je vseboval ksantan, zaradi bojazni, da ta izdelek lahko povzroči nekrotizirajoči enterokolitis (FDA, 2011).

Ksantan se lahko pridobiva iz surovin, ki so poznani alergeni (koruza, pšenica, mlečni izdelki ali soja). Zato se za osebe, ki so občutljivi ali alergični na določena živila, priporoča, da se izogibajo generičnemu ksantanu ali pa da preverijo izvor ksantana preden živilo konzumirajo. V ksantanu so že dokazali ostanke pšeničnega glutena, ko je bil le-ta pridobljen iz pšenice (All allergy, 2006). Ksantan je tudi znan kot zelo učinkovit laksativ, predvsem če se ga zaužije 15 g na dan (10 dni zapored) (Daly in sod., 1993). Nekateri ljudje pa reagirajo na že bistveno manjše količine ksantana s prebavnimi težavami in drisko.

2.5.3 Ostali hidrokoloidi

Preglednica 1: Izbrane sestavine, njihova funkcija v živilih in viri (Brewer, 2012: 392)

Sestavina	Funkcija	Vir
alginat	zgoščevalec in stabilizator pene	Pridobljen iz morskih alg. Ohranja želeno teksturo predelanih živil.
karagenan	zgoščevalec in stabilizator	Pridobljen iz morskih alg. Učvrščuje tekoče izdelke in preprečuje ločevanje tekočin.
kazein natrijev kazeinat	zgoščevalec in 'belilo'	Osnovni protein v mleku.
želatina	zgoščevalec in želirajoč agens	Protein ekstrahiran iz živalskih kosti, kože in veziva. Tvori termoreverzibilen gel ko se ohladi.
gumi: guar, rožičev, arabik	zgoščevalec in stabilizator	Pridobljeni iz naravnih virov: drevesa, grmovje, morske alge. Uporabljajo se za zgoščevanje živil, oblikovanje gelov, enkapsulacijo olj, za ohranjanje suspenzije olje/voda.
hidrolizirani rastlinski proteini (HVP)	ojačevalec arome	Rastlinski proteini (običajno sojini), kemijsko razgrajeni na aminokislino. Uporabljajo se za ojačevanje naravnih arom.
karboksimetil celuloza (CMC)	zgoščevalec in stabilizator	Nastane v reakciji celuloze z derivati očetne kisline. Ta oblika vlaknine veže vodo.
škrob, modificirani škrobi	zgoščevalec	Osnovne komponente moka, krompirja in koruze. V hladni vodi se ne topi. S kemijsko modifikacijo se jim izboljša topnost, stabilnost med zmrzovanjem in sposobnost zgoščevanja. Modificirani škrobi izboljšajo konzistenco in ohranjajo suspendirane trdne delce.

V preglednici 1 so poleg škrobov in modificiranih škrobov prikazane osnovne oblike hidrokoloidov, njihova funkcija in viri. Tako lahko opazimo, da so poleg karagenana in ksantana najpomembnejši hidrokoloidi še alginat, kazein oz. natrijev kazeinat, želatina, guar, rožičev in arabik gumi, hidrolizirani rastlinski proteini, karboksimetil celuloza,

glukomanani (iz gomoljev rastline *Amorphophallus* konjac), ksiloglukani (iz semen drevesa tamarinda, družina metuljnic *Fabaceae*), sluz bele gorjušice ali rumene gorčice (*Sinapis alba* L.) in še nekaterih drugi (BeMiller in Huber, 2011; Brewer, 2012).

V preglednici 2 so povzete osnovne lastnosti nekaterih hidrokoloidov (karagenana, alginata, ksantana, rožičevega in guar gumijev), njihova topnost v hladni in topli vodi in predlagan dodatek le-teh v mesnih izdelkih (Brewer, 2012).

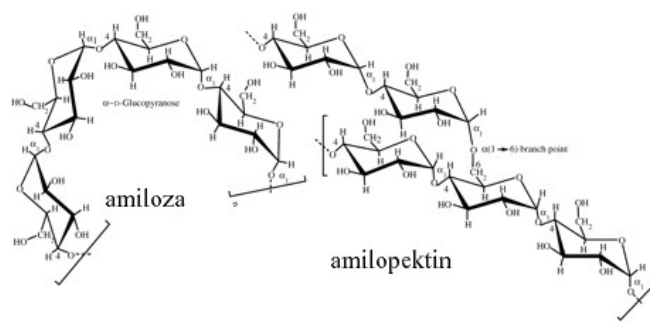
Preglednica 2: Lastnosti gumijev in predlagan dodatek v mesne izdelke (Brewer, 2012: 392)

	pH	Topnost		gel	dodatek
		hladna H ₂ O	vroča H ₂ O		
karagenan					
kappa	3,5–11	–	70 °C	+ (K)	1,5 5 % H ₂ O
iota	3,5–11	–	70 °C	+ (Ca)	1,5 5 % H ₂ O
lambda	3,5–11	40 °C		–	1,5 5 % H ₂ O
alginat	5–11	–	80 °C	+ (Mg, Ca)	0,3–0,5 % H ₂ O
ksantan	5–11	–	80 °C	–	0,5 5 % (želira z 0,5 5 % rožičevega), 40 °C
rožičev gumi	5,4–7	40 °C (delno)	82 °C	+	0,1–1,0 % 0 % 0,5 5 % (želira z 0,5 5 % ksantana), 40 °C
guar gumi	5–7	40 °C		+ (Ca)	0,1–0,3 % 3 %

2.6 ŠKROB

Škrob je glavni rezervni polisaharid zelenih rastlin in je v naravi, poleg celuloze, najbolj zastopan ogljikov hidrat. Predstavlja glavni vir energije za ljudi in živali ter zagotovi 17 kJ/g. Škrob se pridobiva iz zrn žit, največkrat različnih vrst koruze, pšenice in riža, lahko pa ga pridobijo tudi iz gomoljnic, kot sta krompir in tapioka. Škrobi v živilih povezujejo, tvorijo filme, stabilizirajo, spremenijo strukturo in gostoto.

Škrob je ogljikov hidrat, hidrokoloid, sestavljen iz amiloze, ki je linearna, nerazvejana veriga D-glukoz povezanih z $\alpha(1-4)$ -glikozidnimi vezmi, in amilopektina, ki ima glavno in dve stranski verigi, ki sta vezani na glavno verigo z $\alpha(1-6)$ -glikozidnimi vezmi (Boyer, 2005). Razmerje med amilozo in amilopektinom je odvisno od tipa škroba, s tem pa so povezane tudi lastnosti škroba kot želirnega sredstva.



Slika 6: Predstavitev dveh komponent molekule škroba (Mano in sod., 2007)

Amiloza je pogosto zavita v spiralo (heliks), v njeni notranjosti pa se lahko vežejo proste maščobne kisline, jod in nekateri alkoholi. Značilnost amiloze je, da pri kuhanju želira, zato škrob z večjim deležem amiloze (koruzni škrob, pšenični škrob) uporabljajo za tvorbo gelov. Amilopektinske molekule so večje in bolj razvejane v primerjavi z amilozo in tvorijo koncentrično naložene plasti v škrobnem zrnu (Tašner in Komerički, 2008).

Posamezne vrste škroba se med seboj razlikujejo po izvoru, kemijski strukturi, velikosti in obliki škrobnih zrn ter po funkcionalnih in senzoričnih lastnostih (Brown, 2011). Razmerje med amilozo in amilopektinom je eden najpomembnejših dejavnikov, ki pomembno vplivajo na funkcionalne lastnosti škroba (Tašner in Komerički, 2008).

Preglednica 3: Delež amiloze in amilopektina (v %) v različnih vrstah škroba (Brown, 2011: 393)

Vrsta škroba	Amiloza (%)	Amilopektin (%)
krompir	21	79
koruza	28	72
voščena koruza	0	100
pšenica	28	72
tapioka	17	83

Na razmerje med obema vrstama polisaharidov, amilozo in amilopektinom, vplivajo različni encimski procesi v posameznih rastlinah, ki ju sintetizirajo. Razmerje med amilozo in amilopektinom vpliva na prebavljivost škroba. Vrste, ki vsebujejo več amiloze, tvorijo komplekse z maščobami, beljakovinami, polifenoli in so prebavnim encimom težje dostopni ali celo nedostopni in jih zato uvrščamo v skupino rezistentnega škroba. Hitrost hidrolize in s tem povezana prebavljivost škroba je slabša, večja kot je vsebnost amiloze (Brown, 2011).

2.6.1.1 Lastnosti škrobov

Škrobi so urejeni v škrobnih zrnih različnih oblik in velikosti, ki se razlikujejo glede na poreklo rastlinskega materiala. Škrobnih zrn niso topna v vodi, vendar pa med termično obdelavo nabreknejo. Med želiranjem pride do povečanja viskoznosti zaradi nabrekanja,

gel pa se začne formirati v fazi ohlajanja, ponavadi pod 38 °C. Tvorba gela je odvisna od vsebnosti amiloze in amilopektina. Večja je vsebnost amiloze, ki tvori močne vez, boljša bo tvorba gela. Amilopektin tvori šibke vezi, ki hitro razpadejo (Brown, 2011; Hui, 2012).

Večja škrobna zrnca nabrekajo pri nižji temperaturi, medtem ko visoko-amilozni škrobi nabrekajo pri višji temperaturi. Temperatura želiranja (zaklejitve) krompirjevih škrobnih zrn, ki imajo manjšo vsebnost amiloze in večja škrobna zrnca, je med 59 in 67 °C, koruznih, ki imajo večjo vsebnost amiloze in manjša škrobna zrnca, pa med 64 in 72 °C. Na temperaturo nabrekanja vplivajo tudi vrednost 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 (Steeneken, 2011).

Kislina zmanjša sposobnost zgoščevanja škroba, natančneje vrednost pH pod 4 zmanjša viskoznost gela. Dodatek prevelike koncentracije sladkorja popolnoma ustavi fazo želiranja, ki ima za posledico nastanek tekoče paste. Maščoba in proteini upočasnijo fazo želiranja, ker tvorijo sloj okoli škroba, ki prepreči absorbcijo vode (Brown, 2011).

Poznan je tudi pojav retrogradacije škrobnih zrn, pri katerem se po prenehanju toplotne obdelave škrobna zrna ponovno vežejo v urejeno kristalično strukturo. Poleg klasičnih škrobov poznamo tudi modificirane škrobe, ki imajo zaradi modifikacije boljše lastnosti tvorjenja gelov (BeMiller in Huber, 2011). Škrob modificiramo s kislinsko ali encimsko hidrolizo, z zamreževanjem ali s substitucijo. S tem dosežemo lastnosti, kot so adhezija, obarvanost, stabilizacija emulzije, nastanek filma, sproščanje arom, večja hidratacija, sposobnost za vezanje vode in nadzor vsebnosti vode v končnem izdelku ter boljši občutek v ustih (Othmer, 2008). Nativni škrob namreč nima vezivnih lastnosti, zato je potrebno škrob modificirati.

Rezistentni škrob je produkt škrobne degradacije, ki ne dopusti encimske razgradnje in deluje kot prehranska vlaknina. Prisoten je v mnogih živilih, mogoče ga je najti v bananah, visoko amiloznih škrobih in surovem krompirju. Ustvarja se tudi med toplotno obdelavo pri kruhu, kuhanem krompirju in žitih (Othmer, 2008).

Rezistentni in modificiran škrob sta učinkovita maščobna nadomestka v matriksih, kot so solatni prelive, mesne emulzije... Ne more pa se jih priporočiti za uporabo v živilih z majhno vsebnostjo vode, kot so piškoti in krekerji, niti ne morejo nadomestiti olja pri cvrtju, lahko pa zmanjšajo absorbcijo maščob (Othmer, 2008).

Raziskovalci so veliko proučevali razne škrobe kot nadomestke za maščobe predvsem zaradi njihove sposobnosti za vezanje in zadrževanje vode. Z večanjem dodatka moke (npr. 2,0 %, 3,5 %, 5,0 % pšenične) se na splošno poveča dobit, sočnost in mehkoča ter zmanjša skrčenje izdelka in izgube med toplotno pripravo, vendar pa velikokrat pusti neželene arome (Rocha-Garza in Zayas, 1995).

2.6.1.2 Uporaba škrobov

Škrob močno vpliva na teksturne lastnosti številnih živil in se v industriji uporablja kot:

- zgoščevalno sredstvo,
- stabilizator koloidnih sistemov,
- želirno sredstvo,
- sredstvo za uravnavanje volumna,
- sredstvo za vezavo vode,
- vezivno sredstvo (Brown, 2011).

Škrob ima sposobnost 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 (Steeneken in sod., 2011).

Rižev in krompirjev škrob imata blago aromo zaradi majhne 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 velike 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. Krompirjev škrob oblikuje uporabne filme in ima veliko sposobnost vezanja snovi. Krompirjev škrob se v velikih količinah uporablja kot zgoščevalec v juhah, omakah in pudingih (Blaznik, 2008).

Liu in sod. (2008) so ugotovili, da dodatek krompirjevega škroba (2 % in 4 %) kot nadomestka maščob v pustih (5 %, 15 % maščobe) mesnih emulzijah iz govejega mesa zmanjša skupno energijo (za 15 % do 49 %) v primerjavi s kontrolo (30 % maščobe). Klobase, ki vsebujejo 15 % maščobe in 2 % krompirjevega škroba so imele podobno trdnost kot kontrolne s 30 % maščobe. Krompirjev škrob pa je značilno povečal mehko klobas, ocenjeno senzorično.

3 MATERIAL IN METODE

Na vzorcih mesnih emulzij iz mehansko odkoščenega mesa (MOM) hrbtov piščancev, proizvedenih z dodatkom različnih hidrokoloidov (karagenan, ksantan) in krompirjevega škroba ter fosfatov (kot kontrole) v različnih koncentracijah (karagenan in ksantan: 0,5 %, 0,8 % in 1 %; krompirjev škrob: 1 %, 1,5 % in 2 %; fosfati: 0,3 %) so bile opravljene:

- analiza teksture z aparatom Texture analyser in različni testi: TPA in SR,
- instrumentalna analiza barve prereza z Minolta kromometrom,
- senzorična analiza: kvantitativna deskriptivna analiza za kvantitativno opredelitev intenzivnosti posameznih senzoričnih lastnosti,
- instrumentalna analiza osnovne sestave z aparatom NIR,
- statistična analiza s postopkoma GLM in LDA (SAS).

3.1 MATERIAL

Material: koagulati mesnih emulzij iz piščančjega mesa.

Surovine uporabljene v poskusu:

- mehansko odkoščeno meso piščančjih hrbtov s središčno temperaturo $-2,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, vsebnostjo beljakovin 14,07 mg/100 g, maščob 20,12 mg/100 g, vode 63,99 mg/100 g, kolagena 1,65 mg/100 g, iz podjetja Pivka Perutninarstvo, zamrznjeno in uporabljeno 30 ur po zakolu;
- sončnično olje Cekin, Tovarna olja Gea;
- nitritna sol (0,6 % Na-nitrita) podjetja Prava Aroma;
- začimbna mešanica za posebno salamo podjetja Etol;
- fosfatni preparat Aroma Univerzal K (Prava Aroma) s sestavo: dekstroza : fosfati (E 450, E 451): antioksidant natrijev eritorbat (E 316) = 355 g : 300 g : 45 g;
- karagenan (E 407a) v mešanici Aubygel RPI 1010 (E 407a in NaCl) firme Cargill;
- dekstroza (Dextrose monohydrate, CDex 02044; Cargill);
- natrijev izoaskorbat (E 316; Sodium Iso Ascorbate)) firme RFI Food ingredients;
- ksantan (E 415; Xanthan Gum FF) FN firme Jungbunzlauer;
- krompirjev škrob, CGel 30002, Cargill;

Piščančjo emulzijo smo naredili iz 75 % MOM, 5 % sončničnega olja in 20 % ledu. Dodali smo 1,5 % nitritne soli in 0,3 % začimbne mešanice Etol za posebno salamo. Iz naštetih surovin in aditivov smo izdelali deset skupin mesnih emulzij, v katere smo dodali še hidrokoloidne, krompirjev škrob in fosfatni preparat Aroma Univerzal K (samo v kontrolni skupini), in sicer v treh različnih količinah (preglednica 4). Fosfatni preparat je sestavljen iz fosfatov, dekstroze in natrijevega eritorbata, zato smo v vse eksperimentalne skupine, razen kontrolne, dodali tudi dekstrozo in natrijev eritorbat.

Postopek izdelave desetih skupin piščančjih emulzij je opisan v nadaljevanju. Kontrolno emulzijo smo izdelali iz piščančjega MOM, nitritne soli, fosfatnega preparata in polovice ledu v kutru Stephan pri 2400 obratih/min do središčne temperature $6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nato smo zmesi dodali sončnično olje, začimbno mešanico in preostalo drugo polovico ledu. Sledila je ponovna homogenizacija dokler emulzija ni dosegla temperature $11,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nadev smo

napolnili v plastične ovitke premera 40 mm in oblikovali 10 cm dolge vzorce klobas. Drugih devet eksperimentalnih skupin smo izdelali enako, le da smo namesto fosfatnega preparata dodali mešanico dekstroze in natrijevega eritorbata ter ustrezen hidrokoloid oz. krompirjev škrob v treh koncentracijah (preglednica 4). Vse vzorce smo hkrati obdelali z vodno paro v kuhalni komori Fessmann do končne T_s 72 °C, ohladili in skladiščili pri temperaturi 4 °C do senzorične in fizikalno-kemijskih analiz. Poskus smo ponovili v treh proizvodnih ponovitvah.

Preglednica 4: Sestava osnovne recepture in okrajšave poimenovanja eksperimentalnih skupin piščančjih emulzij

oznaka	Dodatek (%)									
	MOM	SO	led	NS	ZM	AUK	D+E 316	E 407a	E 415	KŠ
fos.	75,00	5,00	20,00	1,50	0,30	0,70	-	-	-	-
c.A	75,00	5,00	20,00	1,50	0,30	-	0,40	1,0	-	-
c.B	75,00	5,00	20,00	1,50	0,30	-	0,40	0,8	-	-
c.C	75,00	5,00	20,00	1,50	0,30	-	0,40	0,5	-	-
x.A	75,00	5,00	20,00	1,50	0,30	-	0,40	-	1,0	-
x.B	75,00	5,00	20,00	1,50	0,30	-	0,40	-	0,8	-
x.C	75,00	5,00	20,00	1,50	0,30	-	0,40	-	0,5	-
s.A	75,00	5,00	20,00	1,50	0,30	-	0,40	-	-	2,0
s.B	75,00	5,00	20,00	1,50	0,30	-	0,40	-	-	1,5
s.C	75,00	5,00	20,00	1,50	0,30	-	0,40	-	-	1,0

fos. – dodatek 0,7 % fosfata, c.A – dodatek 1,0 % karagenana, c.B – dodatek 0,8 % karagenana, c.C – dodatek 0,5 % karagenana, x.A – dodatek 1,0 % ksantana, x.B – dodatek 0,8 % ksantana, x.C – dodatek 0,5 % ksantana, s.A – dodatek 2,0 % škroba, s.B – dodatek 1,5 % škroba, s.C – dodatek 1,0 % škroba; MOM – mehansko odkoščeno meso piščančjih hrbtov, SO – sončnično olje, NS – nitritna sol, ZM – začimbna mešanica Etol, AUK – fosfatni preparat Aroma Univerzal K, D+E 316 – dekstroza + E 316 (Na-eritorbat), E 407a – karagenan, E 415 – ksantan, KŠ – krompirjev škrob

3.2 METODE

3.2.1 Senzorična analiza

Z namenom opredelitve senzoričnih lastnosti koagulatov mesnih emulzij smo sestavili senzorični panel štirih preskuševalcev, ki dobro poznajo področje ocenjevanja mesnih izdelkov. Panel so ves čas sestavljali isti preskuševalci. Na podlagi predhodnih testiranj smo določili pomembne senzorične lastnosti in deskriptorje koagulatov mesnih emulzij in ustrezno metodo kvantitativne deskriptivne analize (Golob in sod., 2006). Ocenjevalna komisija je vzorce ocenjevala v za to namenjenem prostoru ob naravni svetlobi. Za senzorično oceno smo odrezali 1 cm debelo rezino in jo ponudili preskuševalcem v oceno na belih krožnikih. Krožnike smo opremili s številko in na ta način zagotovili anonimnost vzorcev. Za nevtralizacijo okusa je imela komisija na razpolago sredico belega kruha in vodo.

Preskuševalci so torej uporabili metodo kvantitativne deskriptivne analize z nestrukturirano lestvico s sidriščnima vrednostima 1 in 7 (Golob in sod., 2006). Na tej lestvici 1 pomeni, da lastnost ni izražena ali da je popolnoma nesprejemljiva, 7 pa močno izraženo lastnost. Slanost je bila ocenjena po sistemu »Ravno prav« (angl. Just About Right, JAR), kjer 1 pomeni premalo izraženo, 4 optimalno in 7 preveč izraženo slanost. Ocenjenih je bilo šest senzoričnih lastnosti: barva, trdota, sočnost, slanost, vonj in aroma.

Lastnosti:

Barva prereza: Lastnost ocenimo vizualno na vzdolžnem prerezu koagulata piščančje emulzije. Na prerezu mora biti vidna značilna in enakomerna rožnata barva razsoljenega piščančjega mesa. Vzorec lahko izgubi vrednost zaradi netipične, blede barve emulzije.

- Vrednost 1 – neprimerna barva (bleda);
- vrednost 7 – barva je primerna (rožnato-rdeča).

Trdota: Lastnost ocenjujemo med grizenjem izdelka v ustih. Lahko je povezana, primerno čvrsta-grizna (ne trda ali gumijava – ne mehka ali razpadajoča), brez trdih delcev veziva. Vzorec lahko izgubi vrednost zaradi neznačilnega občutka v ustih (pregrobo zmleto), nepovezanosti, pretrde ali premehke teksture.

- Vrednost 1 – mehka ali razpadajoča;
- vrednost 7 – trda.

Sočnost: Lastnost ocenjujemo med grizenjem in zaznavamo večjo ali manjšo količino izločenega soka – izdelek odpušča več ali manj vode in maščob, tudi hitrost odpuščanja je pomembna pri tej oceni.

- Vrednost 1 – vzorec je suh;
- vrednost 7 – vzorec je sočen.

Slanost: Lastnost ocenjujemo z okušanjem izdelka – osredotočimo se na slanost. Na splošno so le izjemoma barjeni izdelki premalo slani, pogosteje so pretirano slani.

- Vrednost 4 – optimalna oz. primerna slanost;
- vrednost pod 4 – premalo soli – neslano;
- vrednost nad 4 – preslano.

Vonj in aroma: Vonj ocenjujemo z vonjanjem aramo pa z okušanjem izdelka in retronazalnim vonjanjem. Vonj in aroma naj bosta tipična, značilna za toplotno obdelano razsoljeno, začinjeno piščančje meso. Vonj in aroma po začimbah zgolj dopolnjujeta ne pa prekrivata vonj in aramo mesa. Razmeroma pogosta napaka, ki se pojavlja je premalo intenzivna, premočna ali pa enostranska začinjenost (ena od začimb izstopa). Redkeje pa se v vonju in aromi pojavljajo napake, kot so tuji vonji in arome po starem (zatohlem), žarkem, po ribah, po ovitku, po plesnivem, kiselkast ali gniloben vonj in priokus (kvar) (Demšar in Rajar, 2008).

- Vrednost 7 – značilna vonj in aroma za barjeno piščančjo klobaso
- vrednost 1 – neznačilna vonj in aroma.

3.2.2 Instrumentalno merjenje barve

Najprej smo kromometer Minolta CR-200B, ki vključuje računalnik DATA DP 100, umerili na bel standard ($Y_n = 93,8$; $X_n = 0,3134$ ter $Z_n = 0,3208$). Na svežih rezih površine koagulatov piščančjih emulzij smo na različnih mestih štirikrat izmerili vrednosti L^* , a^* , b^* . meritve smo ponovili še dvakrat, po izpostavljanju površine temi in temperaturi hladilnika 4 ± 1 °C ter svetlobi in sobni temperaturi 20 ± 1 °C. Vsi vzorci so bili pokriti s prepustno folijo, ki prepušča kisik, preprečuje pa sušenje površine.

Rezultati L^* , a^* , b^* pomenijo naslednje lastnosti. Vrednosti L^* kažejo na svetlost vzorca. Nižje kot so, temnejši je vzorec ter obratno, višje kot so, bolj je vzorec svetel. Pozitivne vrednosti a^* kažejo na rdeč odtenek, negativne vrednosti a^* pa na zelen. Pozitivne vrednosti b^* kažejo na rumen odtenek, medtem ko negativne vrednosti b^* kažejo na modrega.

Na podlagi naslednjih enačb smo izračunali spremembo svetlosti (ΔL^*) in spremembo indeksa nasičenosti barve (ΔC^*), pri čemer smo za referenčni vzorec uporabili kontrolni vzorec fos. (Moore, 1988):

$$\Delta L^* = \sqrt{L_{ref}^* - L^*} \quad \dots(1)$$

$$\Delta C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} - \sqrt{a_{ref}^{*2} + b_{ref}^{*2}} \quad \dots(2)$$

3.2.3 Instrumentalno merjenje teksturnih lastnosti

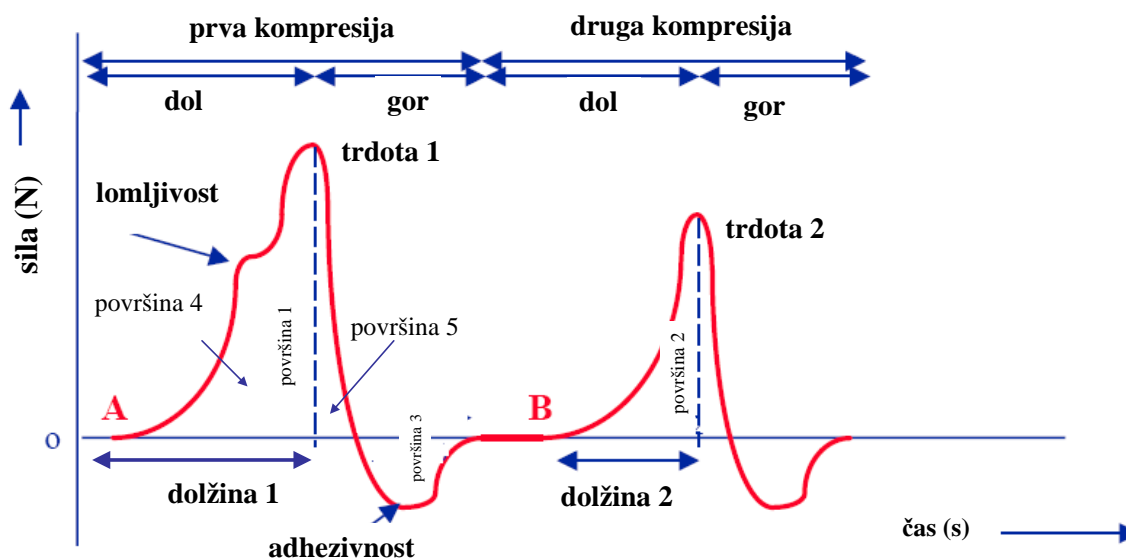
Instrumentalno merjenje teksturnih lastnosti mesnih emulzij iz mehansko odkoščenih hrbtov piščancev smo opravili z aparatom Texture Analyser TA.XT Plus (Stable Micro Systems Ltd., Surrey, VB) z dovoljeno 50 kg obremenitvijo. Priprava vzorcev je bila enaka pri obeh analizah teksture, za test SR (*Stress Relaxation*) in test TPA (*Texture Profile Analysis*) (Morales in sod., 2007). Emulzijam smo odstranili ovitke in jih z nožem narezali na valje višine 30 mm in premera 40 mm. Na vsakem valju smo opravili eno meritev, rezultat pa je povprečje štirih meritev.

3.2.3.1 Test TPA

Kot kontaktni nastavek smo uporabili bat premera 100 mm (P100). Za test TPA so bili vzorci emulzij stisnjeni dvakrat na 50 % prvotne višine (čas = 5 s med dvema cikloma stiskanja), pri hitrosti bata 5 mm/s. Iz krivulje sile v odvisnosti od časa so bili izračunani in odčitani naslednji parametri teksture:

- trdota (angl. *hardness*),
- adhezivnost/oprijemnost (angl. *adhesiveness*),
- kohezivnost (angl. *cohesiveness*),
- prožnost (angl. *springiness*),
- gumijavost (angl. *gumminess*),
- žvečljivost (angl. *chewiness*),

- elastičnost (ang. *resilience*).



Slika 7: Test TPA (angl. *Texture Profile Analysis*) (Stable Micro Systems, 2000)

Ob analizi teksture piščančjih emulzij s testom TPA smo pri vsaki meritvi dobili podoben graf, kot je na sliki 7. Trdota je bila opredeljena kot največja sila potrebna pri prvem stiskanju vzorca; kohezivnost kot razmerje med pozitivno silo tekom drugega in prvega cikla stiskanja (kompresije); elastičnost kot povratek deformacije v času med koncem prvega in začetkom drugega stiskanja (površina 5/površina 4); gumijavost kot produkt trdota × kohezivnost (N; površina 5/površina 4 × trdota) in žvečljivost kot produkt gumijavost × elastičnost (N; gumijavost × dolžina 2/ dolžina 1 = trdota × kohezivnost × prožnost).

3.2.3.2 Test SR

Kot kontaktni nastavek smo uporabili bat premera 100 mm (P100). Pri testu SR so bili vzorci stisnjeni na 50 % svoje prvotne višine s hitrostjo 1 mm/s. Krivulja relaksacije (sprostitvev) pridobljena za vsak vzorec je bila normalizirana, kar pomeni, da je sila razpada $Y(t)$ izračunana kot:

$$Y(t) = \frac{F_0 - F(t)}{F_0} \quad (1)$$

kjer je F_0 začetna sila in $F(t)$ sila zabeležena po t sekundah povratka deformacije (relaksacije). Sile deformacije so bile izračunane pri 30 s (Y_{30}) (Morales in sod., 2007).

3.2.4 Osnovna kemijska sestava

Za določitev vsebnosti vode, beljakovin, maščob in soli v izdelanih emulzijah smo uporabili hitro metodo določanja, ki temelji na uporabi bližnje infrardeče svetlobe (NIR). Analize smo v dveh paralelkah opravili na štirih eksperimentalnih skupinah prve proizvodne ponovitve - fos., x.A, c.A in s.A.

Homogenizirane vzorce smo prenesli v posebne, čiste okrogle pladnje (FOSS, 60000304), jih razmazali in zgladili površino vzorca. Osnovno kemijsko sestavo smo nato izmerili z aparatom Food ScanTM Meat Analyser (FOSS, Danska), ki je posebej namenjen za analizo mesa in mesnih izdelkov. Ponovljivost meritev smo zagotovili z analiziranjem naključno izbranega vzorca v šestih paralelkah, pri čemer je znašal koeficient variabilnosti rezultatov vsebnosti vode, beljakovin, maščob in soli manj kot 0,2 %.

3.2.5 Vsebnost nitrita

Vsebnost nitrita v emulzijah smo določili z metodo po Greau in Mirnai (Demšar in Polak, 2010). Analize smo v dveh paralelkah opravili na štirih eksperimentalnih skupinah prve proizvodne ponovitve - fos., x.A, c.A in s.A.

3.2.6 Statistična analiza

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 (SAS Software, 1999). Rezultati poskusa so bili analizirani po metodi najmanjših kvadratov s postopkom GLM, povezave med parametri pa z multivariatnima metodama PCA (Principal *Component Analysis*) in LDA (*Linear Descriptive Analysis*) (IBM SPSS Statistics 20).

Za analizo vpliva vrste soli in zmanjšanja njene vsebnosti na teksturne, senzorične in kemijske parametre emulzij smo uporabili statistični model, v katerega smo vključili fiksni vpliv skupine (S: različna razmerja med nitritno soljo in kuhinjsko soljo) in proizvodne ponovitve (P: 1-2): $y_{ijk} = \mu + S_i + P_j + e_{ijk}$

Pričakovane povprečne vrednosti za eksperimentalne skupine so bile izračunane z uporabo Duncanovega testa in primerjane pri 5 % tveganju. Pearsonovi korelacijski koeficienti med parametri emulzij so izračunani s postopkom CORR.

4 REZULTATI

V nadaljevanju so podane preglednice z rezultati vrednotenja senzorične kakovosti in instrumentalne analize merjenja barve in teksture piščančjih emulzij s pripadajočimi komentarji statistične obdelave.

4.1 OSNOVNA KEMIJSKA SESTAVA IZBRANIH EMULZIJ IN VSEBNOST REZIDUALNEGA NITRITA

V tem poglavju samo kot opis materiala navajamo rezultate instrumentalne analize osnovne sestave in vsebnosti nitrta piščančjih emulzij. Ker so bile vse eksperimentalne skupine narejene iz iste surovine in aditivov, razlikovale so se le v dodatku fosfatov in hidrokoloidov/škroba, smo analizirali samo po en vzorec iz štirih eksperimentalnih skupin – fos., x.A, c.A in s.A.

Emulzije iz piščančjega mesa vsebujejo na 100 g v povprečju 66,14 g vode, 19,28 g maščob, 10,52 g beljakovin, 0,88 g soli in 1,12 mg rezidualnega nitrta. Med analiziranimi vzorci iz posameznih skupin (preglednica 5) so zelo majhne in zgolj naključne razlike ($p < 0,05$).

Preglednica 5: Rezultati instrumentalne analize (NIR) osnovne sestave in vsebnosti nitrta v piščančjih emulzijah

Skupina	Beljakovine (g/100 g)	Maščobe (g/100 g)	Voda (g/100 g)	Sol (g/100 g)	Nitrit (mg/kg)
fos.	10,67	20,18	65,69	0,79	11,00
x.A	10,45	19,41	66,07	0,82	11,58
c.A	10,32	18,65	66,46	0,91	11,11
s.A	10,63	18,89	66,32	1,01	11,14
povprečje	10,52	19,28	66,14	0,88	11,21
standardni odklon	0,16	0,68	0,34	0,10	0,25

4.2 REZULTATI SENZORIČNE ANALIZE

Poskus smo opravili v treh proizvodnih ponovitvah, zato smo tudi senzorično analizo izvedli v treh zaporednih dnevih. Senzorični panel štirih preskuševalcev, ki dobro poznajo področje ocenjevanja mesnih izdelkov, je naenkrat ovrednotil po en vzorec iz vsake od desetih eksperimentalnih skupin. Iz preglednice 6 lahko razberemo, da so bili koagulati emulzij iz mehansko odkoščenih hrbtov piščancev, izdelanih z različnimi dodatki dveh hidrokoloidov, krompirjevega škroba in fosfatnega preparata na lestvici od 1 do 7 ocenjeni s povprečno vrednostjo 5,7 za barvo razsoljenega mesa, 5 za teksturo, 6 za sočnost, 5,8 za vonj in 5,6 za aromo ter 4 (optimalno) za slanost s, kar pomeni, da so bile emulzije zelo dobre senzorične kakovosti. Največji koeficient variabilnosti je bil izračunan pri ocenah trdote, sočnosti in barve ter arome, kar je pričakovano, saj dodatek hidrokoloidov/škroba po literaturnih podatkih vpliva prav na te lastnosti.

Preglednica 6: Rezultati senzorične analize koagulatov emulzij iz mehansko odkoščenih hrbtov piščancev, izdelanih z različnimi dodatki dveh hidrokoloidov, krompirjevega škroba in fosfatnega preparata, z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri

Lastnost (intenzivnost)	n	Vrednost			so	KV (%)
		povprečna	najmanjša	največja		
barva (1-7)	120	5,7	4,0	6,5	0,4	7,6
trdota (1-7)	120	5,0	3,0	6,5	0,8	17
sočnost (1-7)	120	6,0	5,0	6,6	0,5	8,0
slanost (1-4-7)	120	4,0	4,0	5,0	0,1	3,2
vonj (1-7)	120	5,8	5,0	6,5	0,3	5,3
aroma (1-7)	120	5,6	4,5	6,5	0,4	7,2

n – število obravnavanj v poskusu, so – standardni odklon, KV (%) – koeficient variabilnosti

Preglednica 7: Vpliv različnih dodatkov (hidrokoloidov, krompirjevega škroba in fosfatnega preparata v različnih koncentracijah) na senzorično ocenjene lastnosti koagulatov emulzij iz mehansko odkoščenih hrbtov piščancev (Duncanov test, $\alpha = 0,05$)

Skupina	Lastnost (intenzivnost)					
	barva (1-7)	trdota (1-7)	sočnost (1-7)	slanost (1-4-7)	vonj (1-7)	aroma (1-7)
fos.	6,1a	5,1b	6,2	4,0	5,9	5,6bac
c.A	5,5dc	5,5ba	5,9	4,0	5,7	5,4bc
c.B	5,7bc	5,5ba	6,0	4,0	5,8	5,5bc
c.C	6,0a	5,5ba	6,0	4,0	6,0	5,6bac
x.A	5,5dc	3,4d	6,2	4,0	5,8	5,3c
x.B	5,5dc	4,4c	6,0	4,0	5,8	5,5bac
x.C	5,3d	4,6c	5,9	4,0	5,7	5,5bac
s.A	5,8ba	5,7a	6,1	4,1	5,9	5,8a
s.B	5,8ba	5,2b	6,0	4,0	5,9	5,7ba
s.C	6,0a	5,5ba	6,0	4,0	5,8	5,8ba
SEM	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
p_S	<0,0001	<0,0001	0,812	0,781	0,419	0,041
p_P	0,055	0,992	0,185	0,224	0,703	0,199

fos. – dodatek 0,7 % fosfata, c.A – dodatek 1,0 % karagenana, c.B – dodatek 0,8 % karagenana, c.C – dodatek 0,5 % karagenana, x.A – dodatek 1,0 % ksantana, x.B – dodatek 0,8 % ksantana, x.C – dodatek 0,5 % ksantana, s.A – dodatek 2,0 % škroba, s.B – dodatek 1,5 % škroba, s.C – dodatek 1,0 % škroba; SEM – napaka srednje vrednosti, p_S – statistična značilnost vpliva skupine, p_P – statistična značilnost vpliva proizvodne ponovitve: $p \leq 0,001$ statistično zelo visoko značilen vpliv; $p \leq 0,01$ statistično visoko značilen vpliv; $p \leq 0,05$ statistično značilen vpliv; $p > 0,05$ statistično neznačilen vpliv; srednje vrednosti z različno črko (a,b,c,d) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo ($p < 0,05$; značilnost razlik med skupinami).

Senzorično ocenjene lastnosti barva, trdota in aroma (preglednica 7) koagulatov emulzij iz mehansko odkoščenih hrbtov piščancev se statistično značilno ($p \leq 0,001$ oz. $\leq 0,05$) spreminjajo z vrsto in količino uporabljenega dodatka (hidrokoloidov, krompirjevega škroba in fosfatnega preparata). Na senzorično ocenjeno sočnost, slanost in vonj vrsta

dotatka in količina ne vplivata značilno ($p > 0,05$).

Značilnost barve skupine fos. je bila ocenjena s 6,1, podobno kot pri skupinah z dodanim škrobom (s.A, s.B in s.C) ter karagenanom v najmanjši koncentraciji (c.C). Večje koncentracije karagenana (c.A in c.B) ter ksantana (x.a, x.B in x.C) bistveno poslabšajo barvo na prerezu, v primerjavi s kontrolno skupino je barva manj značilno rožnata, bolj bleda (preglednica 7). Povečanje koncentracije dodatkov, ksantana in škroba, ne poslabša barve (razlike so statistično neznačilne), kot je že omenjeno, pa dodatek karagenana v koncentracijah 0,8 in 1,0 % poslabša barvo v primerjavi z dodatkom v koncentraciji 0,5 %.

Trdota emulzij se z različnimi dodatki zelo spreminja. Trdota kontrolne emulzije fos. je bila na lestvici 1-7 ocenjena s 5,1. Primerljivo ($p > 0,05$) trdoto so imele še skupine z dodanim karagenanom in škrobom v vseh treh koncentracijah (c.A, c.B in c.C ter s.B in s.C). Značilno tršo teksturo od kontrolne je imela le emulzija z dodanim škrobom v največji koncentraciji, s.A. Tekstura emulzij s dodanim ksantanom je bila bistveno mehkejša pri koncentracijah 0,8 in 0,5 % (x.B in x.C, vrednost 4,4 in 4,6) oziroma celo vodena, želatinasta pri koncentraciji 1, % (x.A), ki so jo ocenjevalci ocenili celo kot nesprejemljivo (vrednost manj kot 4), in sicer s 3,4. Torej, s povečevanjem količine dodanega škroba tekstura postaja trša (še pri 2,0 %), s povečevanjem dodanega karagenana se ne spreminja, s povečevanjem dodanega ksantana pa postane mehka, oz. v primeru dodatka 1,0 % celo nesprejemljiva.

Na senzorično ocenjeno sočnost dodatek ne vpliva statistično značilno. Kljub temu smo opazili nekaj trendov. Vsi dodatki rahlo poslabšajo sočnost v primerjavi s kontrolo fos. Tako pri ksantanu kot škrobu smo opazili, da se s povečevanjem količine dodatka sočnost nekoliko izboljša (za vrednost 0,1 oz. 0,2), medtem ko se pri karagenanu sočnost s povečevanjem dodatka zmanjšuje. Ponovno poudarjamo, da omenjene razlike niso statistično značilne.

Praktično vse eksperimentalne emulzije so bile ocenjene kot optimalno slane (stopnja intenzivnosti 4).

Dodatek ne vpliva statistično značilno na vonj emulzij. Kljub temu smo zopet opazili nekaj trendov. Dodatek večjih količin karagenana (c.A in c.B) rahlo poslabša, manjših pa celo izboljša (za 0,1) značilnost vonja v primerjavi s kontrolno emulzijo fos. Dodatek ksantana in škroba v najmanjši koncentraciji nekoliko zmanjša značilnost vonja v primerjavi s kontrolno skupino. Omenjene razlike niso statistično značilne.

Aroma emulzij se z različnimi dodatki značilno spreminja ($p \leq 0,05$). Značilnost arome kontrolne emulzije fos. je bila ocenjena s 5,6. Bolj značilno ($p > 0,05$) aromo so imele še skupine z dodanim škrobom v vseh treh koncentracijah (c.A, c.B in c.C). Primerljivo, vendar le nekoliko slabše ocenjeno ($p > 0,05$) aromo pa so imele skupine z dodanim karagenanom in ksantanom v vseh treh koncentracijah (c.A, c.B in c.C ter x.A, x.B in x.C). Torej, s povečevanjem količine dodanega škroba se aroma rahlo izboljša ($p > 0,05$), s količino dodanega karagenana in ksantana pa se rahlo poslabša (za 0,2), vendar razlike niso statistično značilne.

4.3 REZULTATI INSTRUMENTALNIH MERITEV BARVE IN TEKSTURE

Preglednica 8 prikazuje rezultate instrumentalnih meritev barve s kromometrom Minolta in teksture s testoma TPA in SR, pridobljene na koagulatih emulzij iz mehansko odkoščenih hrbtov piščancev, izdelanih z različnimi dodatki dveh hidrokoloidov, krompirjevega škroba in fosfatnega preparata. Povprečna vrednost parametra L^* emulzij je 70,64, vrednost a^* 13,52 in vrednost b^* 12,10. Največjo variabilnost rezultatov opazimo pri vrednosti a^* 13,52, in sicer 4,4 %. Instrumentalne vrednosti barve, pridobljene po polurnem hranjenju vzorcev pri temperaturi hladilnika ali na sobni temperaturi, so nekoliko bolj variabilne, predvsem spet za vrednost a^* (7,4 oz. 7,1 %). Instrumentalno merjeni parametri teksture so na splošno bistveno bolj variabilni, koeficienti variabilnosti so med 10 in 78 % (prožnost in adhezivnost), kar je v skladu s pričakovanju, saj dodatki hidrokoloidov, krompirjevega škroba in fosfatnega preparata v prvi vrsti vplivajo na teksturo izdelkov.

Preglednica 8: Rezultati instrumentalnih meritev barve in teksture koagulatov emulzij iz mehansko odkoščenih hrbtov piščancev, izdelanih z različnimi dodatki dveh hidrokoloidov, krompirjevega škroba in fosfatnega preparata, z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri

Pogoji	Vrednost	n	Vrednost			so	KV (%)
			povprečna	najmanjša	največja		
Sveži rez	L^*	120	70,64	66,87	72,70	1,09	1,5
	a^*	120	13,52	11,90	15,00	0,58	4,2
	b^*	120	12,10	11,59	12,90	0,26	2,1
V hladilniku	L^*	120	71,13	66,48	73,87	1,18	1,6
	a^*	120	11,33	9,23	12,82	0,85	7,4
	b^*	120	14,02	13,01	15,35	0,46	3,3
Pri sobni temperaturi	L^*	120	70,08	66,25	72,84	1,14	1,6
	a^*	120	9,81	8,43	12,62	0,70	7,1
	b^*	120	15,63	13,53	16,49	0,40	2,5
test TPA	trdota (N)	120	113,6	0,0	178,8	28,3	25
	adhezivnost (N.s)	120	-2,07	-6,62	0,00	1,61	78
	prožnost	120	0,87	0,00	0,97	0,09	10
	kohezivnost	120	0,62	0,00	0,83	0,14	22
	gumijavost (N)	120	71,8	0,0	118,2	22,5	31
	žvečljivost (N)	120	63,6	0,0	102,5	20,7	32
	elastičnost	120	0,31	0,00	0,42	0,08	26
test SR	F_0 (N)	120	93,91	43,03	121,43	18,8	20
	Y_{30}	120	0,60	0,24	0,66	10,5	17

n – število obravnavanj v poskusu, so – standardni odklon, KV (%) – koeficient variabilnosti

Vsi instrumentalno merjeni parametri barve (preglednica 9) koagulatov emulzij iz mehansko odkoščenih hrbtov piščancev se statistično značilno ($p \leq 0,001$) spreminjajo z vrsto in količino uporabljenega dodatka (hidrokoloidov, krompirjevega škroba in fosfatnega preparata).

Preglednica 9: Vpliv različnih dodatkov (hidrokoloidov, krompirjevega škroba in fosfatnega preparata v različnih koncentracijah) na instrumentalno merjene parametre barve koagulatov emulzij iz mehansko odkoščenih hrbtov piščancev (Duncanov test, $\alpha = 0,05$)

Skupina	takoj			hladilnik			sobna temperatura		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
fos.	71,17ba	13,72b	11,85c	71,72b	10,85c	14,21a	70,55cb	9,90ba	15,57bc
c.A	70,97b	13,19dc	11,89c	71,30cb	10,88c	14,14ba	70,29cd	9,50bc	15,63bc
c.B	69,86c	13,83ba	12,25a	70,26d	11,85a	14,18ba	69,02gf	9,95ba	15,98a
c.C	69,77c	14,09a	12,25a	70,49d	11,88a	14,10ba	69,34ef	9,76bac	15,71ba
x.A	71,18ba	13,04d	12,31a	71,48b	11,25b	14,13ba	70,76cb	10,19a	15,33dc
x.B	71,70a	12,47e	12,24a	72,95a	10,02d	14,12ba	71,71a	9,28c	15,58bc
x.C	71,67a	13,29c	12,18ba	71,74b	11,20cb	13,93bc	71,00b	9,28c	15,97a
s.A	70,56b	13,42c	12,03bc	70,69cd	11,07cb	14,07ba	69,90ed	10,14a	15,16d
s.B	69,90c	14,05a	12,03bc	70,02d	12,09a	13,72dc	68,65g	10,25a	15,76ba
s.C	69,59c	14,04a	11,95c	70,65cd	12,20a	13,60d	69,55ef	9,83bac	15,62bc
SEM	0,23	0,09	0,06	0,25	0,12	0,09	0,21	0,18	0,10
p_s	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
p_p	0,0915	0,4507	0,0491	0,2374	<0,0001	<0,0001	0,1984	0,0190	0,0729

fos. – dodatek 0,7 % fosfata, c.A – dodatek 1,0 % karagenana, c.B – dodatek 0,8 % karagenana, c.C – dodatek 0,5 % karagenana, x.A – dodatek 1,0 % ksantana, x.B – dodatek 0,8 % ksantana, x.C – dodatek 0,5 % ksantana, s.A – dodatek 2,0 % škroba, s.B – dodatek 1,5 % škroba, s.C – dodatek 1,0 % škroba; SEM – napaka srednje vrednosti, p_s – statistična značilnost vpliva skupine, p_p – statistična značilnost vpliva proizvodne ponovitve: $p \leq 0,001$ statistično zelo visoko značilen vpliv; $p \leq 0,01$ statistično visoko značilen vpliv; $p \leq 0,05$ statistično značilen vpliv; $p > 0,05$ statistično neznačilen vpliv; srednje vrednosti z različno črko (a,b,c,d) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo ($p < 0,05$; značilnost razlik med skupinami).

Iz preglednice 9 je razvidno, da je vrednost L^* skupine fos. 71,17, podobna kot pri skupinah z dodanim ksantanom (x.A, x.B in x.C). Dodatek karagenana in škroba značilno zmanjša vrednost L^* , kar pomeni, da so emulzije v primerjavi s kontrolno in tistimi s ksantanom nekoliko temnejše. Na prerezu emulzij z večjo koncentracijo dodanega karagenana (1,0 %) in škroba (2,0 %) smo izmerili značilno večje vrednosti L^* kot pri manjših koncentracijah. Nasprotno pa dodatek ksantana v različnih koncentracijah vrednosti L^* ne spremeni značilno. Tudi če pogledamo vrednosti L^* , pridobljene po pol ure v hladilniku in na sobni temperaturi, pridemo do identičnih zaključkov.

Vrednost a^* emulzije fos. je 13,72 in je značilno manjša kot pri skupinah z dodanim karagenanom in škrobom v manjših koncentracijah (c.B in c.C ter s.B in s.C) ter značilno večja kot pri istih dodatkih v večjih koncentracijah (c.A in s.A). Dodatek (v vseh koncentracijah) ksantana značilno zmanjša vrednost a^* , kar pomeni, da so emulzije v primerjavi s kontrolno manj rdeče. Na splošno lahko rečemo, da smo na prerezu emulzij z večjo koncentracijo dodatkov izmerili značilno manjše vrednosti a^* kot pri manjših koncentracijah, kar pomeni, da rdeč odtенок s povečevanjem dodatka blede. Vrednosti a^* , pridobljene po pol ure v hladilniku in na sobni temperaturi, so značilno manjše kot pri vrednostih, pridobljenih na svežem rezu. Te meritve nam povedo, da je barva teh emulzij

slabše obstojna (preglednica 10). Ostale ugotovitve so podobne (glede dodatkov in koncentracij) kot tiste, ki veljajo za sveži rez.

Preglednica 10: Vpliv meritve instrumentalnih parametrov barve koagulatov emulzij iz mehansko odkoščenih hrbtov piščancev z različnimi dodatki hidrokoloidov, krompirjevega škroba in fosfatnega preparata v različnih koncentracijah (Duncanov test, $\alpha = 0,05$)

Skupina	L^*			p_M	a^*			p_{M-}	b^*			p_M
	takoj	hladilnik	sobna		takoj	hladilnik	sobna		takoj	hladilnik	sobna	
fos.	71,17ab	71,72a	70,55b	0,0065	13,72a	10,85b	9,90c	<0,0001	11,85c	14,21b	15,57a	<0,0001
c.A	70,97b	71,30a	70,29c	<0,0001	13,19a	10,88b	9,50c	<0,0001	11,89c	14,14b	15,63a	<0,0001
c.B	69,86b	70,26a	69,02c	<0,0001	13,83a	11,85b	9,95c	<0,0001	12,25c	14,18b	15,98a	<0,0001
c.C	69,77b	70,49a	69,34b	0,0034	14,09a	11,88b	9,76c	<0,0001	12,25c	14,10b	15,71a	<0,0001
x.A	71,18	71,48	70,76	0,0697	13,04a	11,25b	10,19c	<0,0001	12,31c	14,13b	15,33a	<0,0001
x.B	71,70b	72,95a	71,71b	0,0007	12,47a	10,02b	9,28c	<0,0001	12,24c	14,12b	15,58a	<0,0001
x.C	71,67	71,74	71,00	0,1828	13,29a	11,20b	9,28c	<0,0001	12,18c	13,93b	15,97a	<0,0001
s.A	70,56	70,69	69,90	0,1032	13,42a	11,07b	10,14c	<0,0001	12,03c	14,07b	15,16a	<0,0001
s.B	69,90b	70,02a	68,65b	<0,0001	14,05a	12,09b	10,25c	<0,0001	12,03c	13,72b	15,76c	<0,0001
s.C	69,59b	70,65a	69,55b	0,0077	14,04a	12,20b	9,83c	<0,0001	11,95c	13,60a	15,62b	<0,0001

fos. – dodatek 0,7 % fosfata, c.A – dodatek 1,0 % karagenana, c.B – dodatek 0,8 % karagenana, c.C – dodatek 0,5 % karagenana, x.A – dodatek 1,0 % ksantana, x.B – dodatek 0,8 % ksantana, x.C – dodatek 0,5 % ksantana, s.A – dodatek 2,0 % škroba, s.B – dodatek 1,5 % škroba, s.C – dodatek 1,0 % škroba; SEM – napaka srednje vrednosti, p_M – statistična značilnost vpliva meritve: $p \leq 0,001$ statistično zelo visoko značilen vpliv; $p \leq 0,01$ statistično visoko značilen vpliv; $p \leq 0,05$ statistično značilen vpliv; $nz - p > 0,05$ statistično neznačilen vpliv; srednje vrednosti z različno črko (a,b,c,d) znotraj parametra in vrstice se statistično značilno razlikujejo ($p < 0,05$; značilnost razlik med meritvami).

Vrednost b^* emulzije fos. je 11,85 in je značilno manjša kot pri skupinah z dodanim ksantonom in manjšima deležema karagenana ter podobna ($p > 0,05$) kot pri tistih z največjim dodatkom dodatkom karagenana in s škrobom. Dodatek (v vseh koncentracijah) ksantana neznačilno poveča vrednost b^* , na sobni temperaturi pa jo celo zmanjša. Obratno je pri dodatku dodatku karagenana, kjer z večjim dodatkom postane barva manj rumena (nižja vrednost b^*).

Vrednosti b^* , pridobljene po pol ure v hladilniku in na sobni temperaturi, so značilno večje kot tiste na svežem rezu (preglednica 10). Tudi te meritve nam kažejo, da je barva teh emulzij slabše obstojna. Ostale ugotovitve so podobne (glede dodatkov in koncentracij) kot tiste, ki veljajo za sveži rez.

Parametri teksture, merjeni s testom TPA (preglednica 11) na koagulatih emulzij iz mehansko odkoščenih hrbtov piščancev, kot so trdota, kohezivnost, gumijevost, žvečljivost in elastičnost se statistično značilno ($p \leq 0,001$) spreminjajo z vrsto in količino uporabljenega dodatka (hidrokoloidov, krompirjevega škroba in fosfatnega preparata). Na adhezivnost in prožnost dodatek ne vpliva značilno ($p > 0,05$).

Iz preglednice 11 je razvidno, da je instrumentalno izmerjena trdota (meri največjo silo, potrebno pri prvem stiskanju vzorca) skupine vzorcev fos. 124,1 N in je podobna kot pri skupinah z dodanim karagenanom, škrobom in ksantanom v manjših koncentracijah. Značilno manjša (za 53 %) od kontrolne je le trdota emulzije s ksantanom v koncentraciji 1 % (x.A). Torej samo dodatek ksantana v največjem deležu značilno zmanjša trdoto emulzij v primerjavi z dodanimi manjšimi količinami dodatka (0,5 in 0,8 %), kar pa nismo ugotovili pri dodatku karagenana in škroba.

Preglednica 11: Vpliv različnih dodatkov (hidrokoloidov, krompirjevega škroba in fosfatnega preparata v različnih koncentracijah) na instrumentalno merjene parametre teksture (test TPA) koagulatov emulzij iz mehansko odkoščenih hrbtov piščancev (Duncanov test, $\alpha = 0,05$)

Skupina	trdota (N)	adhezivnost (N.s)	prožnost	kohezivnost	gumijavost (N)	žvečljivost (N)	elastičnost
fos.	124,1ba	-1,88	0,90	0,71a	87,55a	78,89a	0,39a
c.A	126,8a	-1,92	0,88	0,64ba	80,47ab	70,76bdac	0,31b
c.B	131,0a	-2,07	0,87	0,61ba	78,33abc	68,36bdac	0,30b
c.C	130,1a	-3,47	0,86	0,65ba	84,14a	72,45ba	0,33b
x.A	66,3d	-1,87	0,86	0,42c	27,38e	23,47e	0,18c
x.B	117,5ba	-1,70	0,89	0,56b	64,24d	57,55d	0,29b
x.C	108,4bc	-2,12	0,87	0,61ba	66,15dc	58,17dc	0,32b
s.A	114,8ba	-1,53	0,88	0,69a	79,98ba	71,51bac	0,33b
s.B	104,6bc	-1,81	0,91	0,73a	75,86abc	69,08bac	0,36b
s.C	120,9ba	-2,66	0,89	0,68a	81,47ba	72,86ba	0,34b
SEM	19,0	1,57	0,09	0,11	15,68	14,97	0,06
p_s	<0,0001	0,0927	0,8439	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
p_p	<0,0001	0,6369	0,6757	<0,0001	0,3635	0,5189	<0,0001

fos. – dodatek 0,7 % fosfata, c.A – dodatek 1,0 % karagenana, c.B – dodatek 0,8 % karagenana, c.C – dodatek 0,5 % karagenana, x.A – dodatek 1,0 % ksantana, x.B – dodatek 0,8 % ksantana, x.C – dodatek 0,5 % ksantana, s.A – dodatek 2,0 % škroba, s.B – dodatek 1,5 % škroba, s.C – dodatek 1,0 % škroba; SEM – napaka srednje vrednosti, p_s – statistična značilnost vpliva skupine, p_p – statistična značilnost vpliva proizvodne ponovitve: $p \leq 0,001$ statistično zelo visoko značilen vpliv; $p \leq 0,01$ statistično visoko značilen vpliv; $p \leq 0,05$ statistično značilen vpliv; $p > 0,05$ statistično neznačilen vpliv; srednje vrednosti z različno črko (a,b,c,d) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo ($p < 0,05$; značilnost razlik med skupinami).

Na instrumentalno izmerjeno adhezivnost in prožnost emulzij dodatek ne vpliva statistično značilno. Kljub temu smo opazili, da je adhezivnost emulzij z dodatkom karagenana v vseh koncentracijah ter ksantana in škroba v najmanjših koncentracijah manjša kot pri kontrolni skupini ($p > 0,05$). Posplošeno lahko rečemo tudi, da je prožnost vseh eksperimentalnih skupin emulzij rahlo manjša kot pri kontrolni ($p > 0,05$).

Kohezivnost, razmerje med pozitivno silo tekom drugega in prvega cikla stiskanja, kontrolne skupine fos. je primerljiva z emulzijami z dodatkom karagenana in škroba v vseh koncentracijah. Kohezivnost emulzij s ksantanom v koncentracijah 0,8 in 1 % (x.B in x.A) je bistveno manjša kot pri kontrolni emulziji. Z večanjem koncentracije se kohezivnost ne

spreminja v primeru dodanega karagenana in škroba..

Gumijavost kontrolne skupine fos. je primerljiva z emulzijami z dodatkom karagenana in škroba v vseh koncentracijah. Gumijavost emulzij z vsemi tremi dodatki v vseh koncentracijah je manjša (za 69–28%) kot pri kontrolni emulziji. Z večanjem koncentracije se gumijavost ne spreminja v primeru dodanega karagenana in škroba, bistveno pa se gumijavost zmanjša pri dodatku ksantana. Emulzija z dodatkom 1 1 % ksantana se v gumijavosti statistično značilno ($p \leq 0,001$) razlikuje od ostalih skupin vzorcev, od kontrolne skupine fos. se značilno razlikuje tudi emulzija z 0,8 % ksantana.

Žvečljivost emulzij z dodatkom karagenana in škroba v vseh koncentracijah je primerljiva s kontrolno skupino fos. Žvečljivost emulzij s ksantanom v vseh koncentracijah je značilno ($p \leq 0,001$) manjša (za 71–27 %) kot pri kontrolni emulziji. Z večanjem koncentracije dodatka se žvečljivost ne spreminja v primeru dodanega karagenana in škroba, bistveno pa se žvečljivost zmanjšuje z naraščanjem količine dodanega ksantana.

Elastičnost, kot povratek deformacije v času med koncem prvega in začetkom drugega stiskanja, kontrolne skupine fos. je značilno ($p \leq 0,001$) večja kot pri vseh ostalih eksperimentalnih emulzijah. Elastičnost emulzij s ksantanom v koncentraciji 1 % (x.A) je bistveno manjša (za 54 %) od elastičnosti kontrolne emulzije in se statistično značilno razlikuje tudi od ostalih eksperimentalnih emulzij. Z večanjem koncentracije dodatka se elastičnost neznačilno spreminja v primeru dodanega karagenana in škroba, bistveno pa se elastičnost zmanjša pri dodanem 1 % ksantana v primerjavi z 0,8 in 0,5 % tega dodatka.

Preglednica 12: Vpliv različnih dodatkov (hidrokoloidov, krompirjevega škroba in fosfatnega preparata v različnih koncentracijah) na instrumentalno merjene parametre teksture (test SR) koagulatov emulzij iz mehansko odkoščenih hrbtov piščancev (Duncanov test, $\alpha = 0,05$)

Skupina	F_0	Y_{30}
fos.	95,91cd	0,33a
c.A	119,56a	0,36ab
c.B	100,11bc	0,36ab
c.C	104,82b	0,37b
x.A	47,63g	0,70c
x.B	88,08ef	0,37b
x.C	103,31bc	0,37b
s.A	84,49f	0,36ab
s.B	102,78bc	0,36ab
s.C	92,36de	0,36ab
SEM	4,87	0,02
p_s	<0,0001	<0,0001
p_p	0,9237	0,5427

fos. – dodatek 0,7 % fosfata, c.A – dodatek 1,0 % karagenana, c.B – dodatek 0,8 % karagenana, c.C – dodatek 0,5 % karagenana, x.A – dodatek 1,0 % ksantana, x.B – dodatek 0,8 % ksantana, x.C – dodatek 0,5 % ksantana, s.A – dodatek 2,0 % škroba, s.B – dodatek 1,5 % škroba, s.C – dodatek 1,0 % škroba; SEM – napaka srednje vrednosti, p_s – statistična značilnost vpliva skupine, p_p – statistična značilnost vpliva

proizvodne ponovitve: $p \leq 0,001$ statistično zelo visoko značilen vpliv; $p \leq 0,01$ statistično visoko značilen vpliv; $p \leq 0,05$ statistično značilen vpliv; $p > 0,05$ statistično neznačilen vpliv; srednje vrednosti z različno črko (a,b,c,d) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo ($p < 0,05$; značilnost razlik med skupinami).

Parametra teksture, F_0 in Y_{30} , merjena s testom SR (preglednica 12) na koagulatih emulzij iz mehansko odkoščenih hrbtov piščancev, se statistično značilno ($p \leq 0,001$) spreminjata z vrsto in količino uporabljenega dodatka (hidrokolooidov, krompirjevega škroba in fosfatnega preparata).

Iz preglednice 12 je razvidno, da je instrumentalno izmerjena trdota F_0 (sila razpada) skupine fos. 95,91 N manjša kot pri vseh skupinah vzorcev z dodanim karagenanom, podobna kot v skupinah emulzij s koncentracijo ksantana 0,5 % (x.C) in škroba 1,0 % (s.B) ter večja kot pri koncentraciji škroba 2 % (s.A) in ksantanu 0,8 % in 1 % (x.B in x.A).

Od kontrolne emulzije najbolj odstopajo tri skupine emulzij, predvsem x.A, na kateri smo izmerili najmanjši trdoto F_0 in silo deformacije po 30 sekundah, Y_{30} (47,63 N/0,70), sledita pa emulziji s.A (84,49 N/0,36) in x.B (88,08 N/0,37). Zanimiva je razlika v Y_{30} med fos. in emulzijami s ksantanom, kjer smo ugotovili rahlo manjšo silo razpada pri vzorcih x.B in x.C, enormno manjšo pa pri vzorcu x.A. Slednji vzorec je med meritvijo takoj razpadel, medtem ko sta se vzorca x.B in x.C obnašala podobno kot kontrola in emulzije z dodanim karagenanom in škrobom.

4.4 KORELACIJSKA ANALIZA

S korelacijsko analizo instrumentalno izmerjenih parametrov barve in senzorično iz vrednotene barve emulzij smo ugotovili tudi relativno ohlapne povezave med njimi, Pearsonovi korelacijski koeficienti (r) za barvo in L^* , a^* in b^* so bili -0,32 ($p = 0,0003$), 0,41 ($p < 0,0001$) in -0,16 ($p = 0,08$).

Preverili smo tudi, kako so povezani senzorično ocenjena tekstura in instrumentalno izmerjeni parametri teksture. Ugotovili smo, da med senzorično ocenjeno trdnostjo emulzij in TPA parametri za adhezivnost in prožnost ni povezave (preglednica 13). Prav tako parametra nista v povezavi s parametri testa SR, F_0 in Y_{30} ($-0,01 < r < 0,39$). Opazili pa smo srednje močne pozitivne povezave med senzorično ocenjeno trdoto in trdoto TPA ($r = 0,42$, $p < 0,0001$), kohezivnostjo ($r = 0,43$, $p < 0,0001$), gumijavostjo ($r = 0,53$, $p < 0,0001$), žvečljivostjo ($r = 0,51$, $p < 0,0001$), elastičnostjo ($r = 0,43$, $p < 0,0001$), F_0 ($r = 0,68$, $p < 0,0001$) in Y_{30} ($r = 0,66$, $p < 0,0001$). Iz preglednice lahko povzamemo, da je test SR glede na rezultate senzorične analize primernejši za merjenje teksture mesnih emulzij z različnimi dodatki hidrokolooidov in škroba.

Preglednica 13: Tesnost povezave med senzorično ocenjeno teksturo in instrumentalno izmerjenimi parametri teksture (Pearsonov korelacijski koeficient, r)

Parameter	trdota senzorično	F_0	Y_{30}
trdota TPA	0,42**	0,66**	0,74**
adhezivnost	-0,03	-0,01	0,07
prožnost	0,09	0,14	0,39
kohezivnost	0,43**	0,47**	0,66**
gumijavost	0,53**	0,67**	0,79**
žvečljivost	0,51**	0,61**	0,77**
elastičnost	0,43**	0,53**	0,75**
F_0		0,68**	0,82**
Y_{30}		0,66**	

** $p \leq 0,001$ statistično zelo visoko značilno; * $p \leq 0,05$ statistično značilno

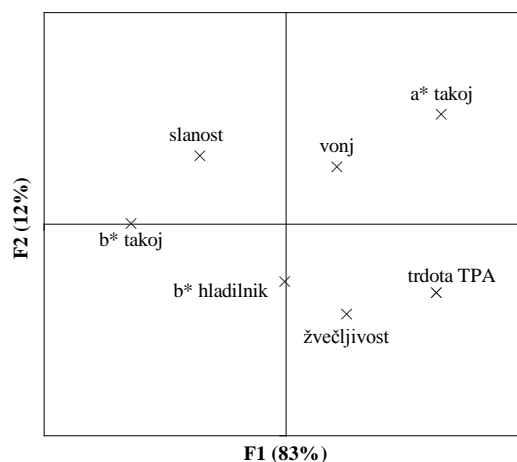
4.5 MULTIVARIATNA ANALIZA

Z multivariatno analizo smo določili parametre, v katerih se obravnavane skupine emulzij najbolj razlikujejo oziroma tiste, ki najbolj prispevajo k podobnosti znotraj obravnavane skupine (t.j. dodatka hidrokoloidov, škroba in fosfatnega preparata). V analizo smo vključili 24 parametrov, združenih v tri skupine, senzorične lastnosti, instrumentalno merjene parametre barve in teksture. Z analizo glavnih komponent (PCA) smo izmed vseh v nalogi opazovanih parametrov izbrali tiste, ki nosijo največji delež vseh informacij. Prvih sedem glavnih komponent razloži 80 % skupne variabilnosti med analiziranimi emulzijami. V analizo LDA smo tako vključili sedem parametrov (preglednica 14).

Preglednica 14: Korelacijski koeficienti med spremenljivkami, uporabljenimi v LDA

Parameter	slanost	vonj	a^* takoj	b^* takoj	b^* hladilnik	žvečljivost
trdota TPA	0,28	0,16	-0,27	0,15	-0,14	-0,05
slanost	1,00	-0,07	-0,09	-0,27	-0,02	0,32
vonj		1,00	-0,08	0,37	0,30	-0,02
a^* takoj			1,00	0,42	0,17	0,19
b^* takoj				1,00	0,15	0,11
b^* hladilnik					1,00	-0,02

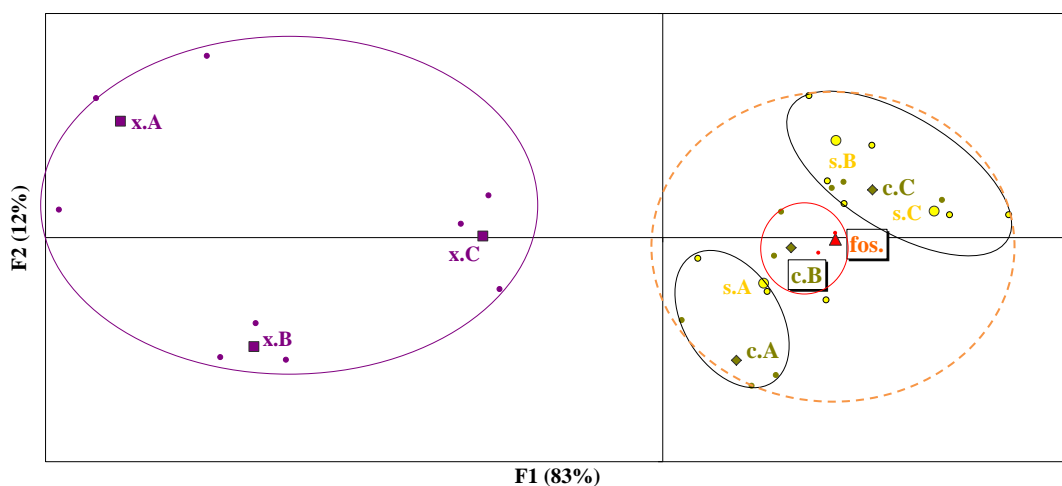
Z analizo LDA smo med sedmimi določili tri najbolj diskriminantne spremenljivke: vrednosti a^* takoj in b^* takoj ter trdota TPA. Prvi dve funkciji (30 vzorcev, 7 parametrov) razložita 95 % skupne variabilnosti (83 in 12 %). Na sliki 8 lahko opazimo spremenljivko, definirano s funkcijo 1, ki leži daleč od izhodišča, in sicer trdota TPA. Ta spremenljivka je v tesni, negativni korelaciji z vrednostjo b^* takoj, ki leži blizu funkcije 1 na nasprotni strani. Funkcija 2 definira skupino spremenljivk, kot sta žvečljivost in vrednost b^* hladilnik, ter na drugi strani slanost oz. vonj. Lastnosti, ki bi ležale blizu druga drugi in bile v visoki pozitivni korelaciji, ni opaziti, vse lastnosti so relativno zelo razpršene.



Slika 8: Projekcija parametrov LDA koagulatov emulzij iz mehansko odkoščenih hrbtov piščancev v ravnini, definiranih s prvima dvema funkcijama

Dobljene osnovne podatke o senzoričnem in instrumentalnem profilu emulzij, izdelanih z različnimi dodatki (hidrokoloidov, krompirjevega škroba in fosfatnega preparata v različnih koncentracijah) smo uporabili za razvrščanje emulzij v deset skupin (slika 9). Porazdelitev posamezne emulzije v odgovarjajočo skupino na osnovi izbranih sedem parametrov je 100 % pravilna.

Iz slike 9 lahko jasno razberemo štiri ločene profile emulzij (označeni z elipso), in sicer profil 1 (rdeča), ki obsega skupine fos. in c.B, profil 2 (črna), ki obsega skupine c.C, s.B in s.C, profil 3 (zeleni) – skupini c.A in s.A, ter profil 4 (vijoličasti) – skupine x.A, x.B in x.C. Zanimiv je predvsem profil 1, v katerem je poleg standardne emulzije še emulzija c.B (z 0,8 % karagenana), ki je v obravnavanih sedmih parametrih najbližja standardni.



Slika 9: Projekcija podatkov o različnih dodatkih (hidrokoloidov, krompirjevega škroba in fosfatnega preparata v različnih koncentracijah) v koagulate emulzij iz mehansko odkoščenih hrbtov piščancev v ravnini, definirani s prvima dvema funkcijama

Legenda: c.A – dodatek 1,0 % karagenana, c.B – dodatek 0,8 % karagenana, c.C – dodatek 0,5 % karagenana, x.A – dodatek 1,0 % ksantana, x.B – dodatek 0,8 % ksantana, x.C – dodatek 0,5 % ksantana, s.A – dodatek 2,0 % škroba, s.B – dodatek 1,5 % škroba, s.C – dodatek 1,0 % škroba.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Kot je bilo omenjeno že v uvodu, se v znanosti o mesu že dlje časa išče rešitev za zamenjavo fosfatov (E 338–452), enega od najbolj uporabljenih aditivov v mesni industriji. Fosfati imajo v mesni industriji zelo široko uporabnost, saj izboljšajo vezavo vode in stabilizirajo teksturo mesnih izdelkov z večanjem topnosti proteinov v povezavi s soljo, delujejo kot kelator, preprečujejo oksidacijo lipidov in nastanek žarkosti ter zavirajo rast določenih mikroorganizmov (Katalenič, 2007; Žlender in sod., 2009; Demšar in Polak, 2010). Torej, ker se z dodajanjem fosfatov v presno ali predelano meso in klobase poveča sposobnost vezave vode in se s tem poveča količina vode v izdelku, to neposredno zniža ceno izdelka. Proizvajalci so zato zaradi možnosti potvorb mesnih izdelkov (dodatka in vezave večjih količin vode) pri dodajanju fosfatov v mesnine omejeni z zakonom (Pravilnik o aditivih za živila, 2010), zato jih nadomeščajo ali pa uporabljajo v kombinacijah s karagenanom in ksantanom, alginatom, kazeinom oz. natrijevim kazeinatom, želatino, guar gumijem, rožičevim gumijem in arabik gumijem, hidroliziranimi rastlinskimi proteini, karboksimetil celulozo, glukomanani, ksiloglukani, sluzjo bele gorjušice ali rumene gorčice (*Sinapis alba* L.) in s še nekaterimi drugimi (BeMiller in Huber, 2011; Brewer, 2012). Fosfatom pripisujejo tudi škodljive zdravstvene učinke, če pa so dodani v večjih količinah v izdelkih povzročijo poslabšanje nekaterih senzoričnih lastnosti, predvsem se pojavi neprijeten milnat, trpek priokus in prečvrsta ter gumijava tekstura. Torej, iz zdravstvenega in senzoričnega vidika se intenzivno iščejo nadomestki za fosfate, pozitivne rezultate dajejo predvsem hidrokoloidi in modificirani škrobi.

Cilj naše naloge je bil izdelati mesno emulzijo, ki bo po teksturnih lastnostih identična (ali celo boljša) kot kontrolna, izdelana s (poli)fosfati. V ta namen smo uporabili različne hidrokoloidne (karagenan in ksantan) ter krompirjev škrob v različnih koncentracijah. Postavili smo tri hipoteze, (I) da se bodo mesne emulzije z dodanimi fosfati, različnimi hidrokoloidi in škrobi značilno razlikovale v instrumentalno izmerjenih teksturnih lastnostih in barvi ter ovrednoteni senzorični kakovosti, (II) da bodo razlike v teksturnem, barvnem in senzoričnem profilu posledica tako uporabljenih vrste koloida ali škroba kot tudi uporabljene koncentracije le-tega v emulziji, in (III) da bomo z dodatkom hidrokoloidov izdelali emulzijo, ki bo po teksturnih lastnostih identična kot kontrolna emulzija, v katero bomo dodali samo fosfatni preparat.

Po istem postopku smo v treh proizvodnih ponovitvah izdelali deset skupin piščančjih emulzij, v katere smo dodali hidrokoloida karagenan in ksantan, krompirjev škrob in fosfatni preparat Aroma Univerzal K (samo v kontrolni skupini), in sicer v treh različnih količinah (0,5 %, 0,8 % in 1 % karagenan in ksantan, 1 %, 1,5 % in 2 % krompirjev škrob ter 0,7 % fosfatni preparat). Po toplotni obdelavi emulzij do končne T_s 68 °C smo pridobili koagulate, ki smo jih ohladili in skladiščili pri temperaturi 4 °C do senzorične in fizikalno-kemijskih analiz.

Po en vzorec iz štirih eksperimentalnih (fos., x.A, c.A in s.A) skupin smo analizirali z instrumentalno metodo – z aparatom NIR – in ugotovili, da so vzorci relativno homogeni

in da na 100 g v povprečju vsebujejo $66,14 \pm 0,34$ g vode, $19,28 \pm 0,68$ g maščob, $10,52 \pm 0,16$ g beljakovin, $0,88 \pm 0,10$ g soli in $1,12 \pm 0,25$ mg rezidualnega nitrita.

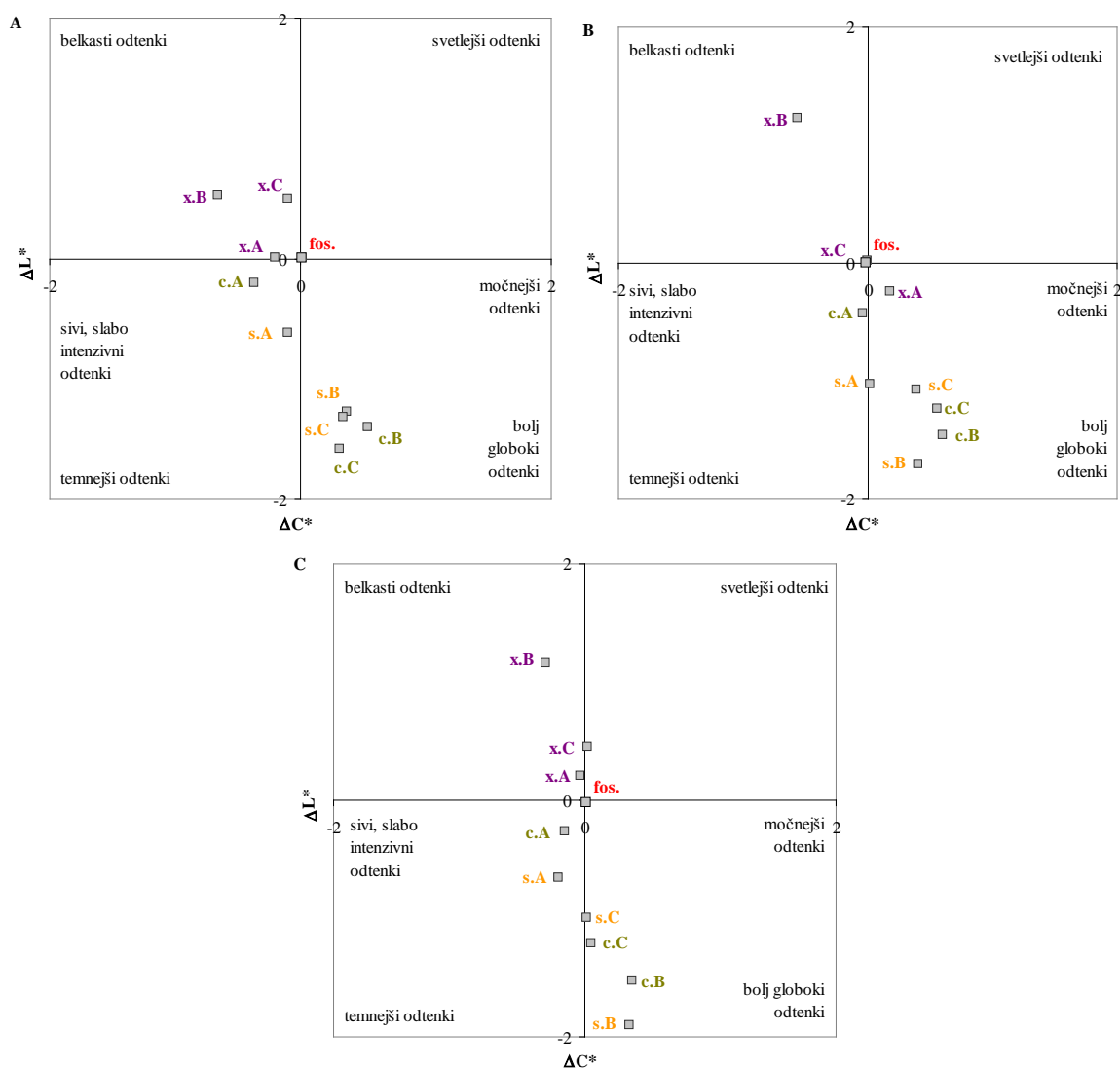
Nato smo s kvantitativno deskriptivno analizo senzoričnih lastnosti desetih eksperimentalnih skupin emulzij ugotovili, da dodatek in količina dodanih hidrokoloidov, krompirjevega škroba in fosfatnega preparata vplivajo na barvo, trdoto in aromo emulzij. Nasprotno, pa so bile vse skupine emulzij ocenjene kot približno enako sočne, primerljivega vonja in primerno slane, razlike so bile statistično neznačilne.

Ocenjevalci so ocenili, da so po barvi kontrolni emulziji najbolj podobne emulzije z dodanim škrobom (s.A, s.B in s.C) in karagenanom v najmanjši koncentraciji (c.C), manj primerni pa so dodatki karagenana (c.A in c.B) ter ksantana v vseh koncentracijah (x.a, x.B in x.C). Kot je iz literature znano, dodatek karagenana, ksantana in škroba vpliva na teksturo, zato nas ugotovitev, da so preskuševalci trdoto emulzij z različnimi dodatki zelo različno ocenili, ni presenetila. S povečevanjem količine dodanega škroba tekstura emulzij postane trša (še le pri 2,0 %), s povečevanjem dodanega karagenana se ne spreminja, s povečevanjem dodanega ksantana pa postane, kot so jo preskuševalci opisovali, mehka in lomljiva, oz. v primeru dodatka 1,0 % celo nesprejemljiva. Raziskovalci (Barbut in Mittal, 1992; Xiong in sod., 1999; Hsu in Chung, 2001; Ayadi in sod., 2009) so ob različnih dodatkih karagenana (0,2 % oz. 0,5 % in 2 %) opazili povečanje trdote mesnih izdelkov, kar je v skladu z našimi ugotovitvami, tako kar se tiče senzorično ocenjene kot tudi instrumentalno izmerjene trdote piščančjih emulzij. Dodatek ksantana v nekem živilu je odvisen od tega, kakšno gostoto, konsistenco želimo. Ugotovili so, da se v primeru prevelikega dodatka ksantana v ustih pojavita 'sluzasta' tekstura in občutek (Modernist Cooking, 2014). Preskuševalci v našem poskusu so teksturo emulzij s ksantanom opisali kot mehko, plastično oz. lomljivo. Predvidevano lahko, da smo uporabili nekoliko prevelike koncentracije (0,8 in 1 %) ksantana, saj se v mesni industriji za izdelavo mesnih izdelkov na osnovi mesne emulzije uporablja dodatek 0,2–0,5 % ksantana (Palaniraj in Jayaraman, 2011).

Zanimive so ugotovitve, do katerih so prišli preskuševalci glede arome. Ocenili so, da je aroma kontrolne skupine fos. aroma nekoliko slabša od optimalne zaradi zaznavne milnate arome, ki jo puščajo fosfati. Najvišje (statistično neznačilno) so ocenili aromo skupin z dodanim škrobom v vseh treh koncentracijah (c.A, c.B in c.C). Primerljivo, vendar le nekoliko nižje ocenjeno (prav tako statistično neznačilno) aromo pa so imele skupine z dodanim karagenanom in ksantanom vseh treh koncentracijah, kar ni presenetljivo, saj karagenan velikokrat pusti nenavaden priokus, ki so ga ocenjevalci opisali kot grenak. Slednja ugotovitev je v nasprotju z ugotovitvami Ayadi in sod. (2009), ki trdijo, da dodatek karagenana ne vpliva pomembno na aromo klobas. V razpoložljivi literaturi smo našli podatke, da tudi dodatek ksantana lahko poslabša senzorično sprejemljivost klobas (Barbut in Mittal, 1992).

Sledili sta instrumentalni analizi barve in teksture. Med instrumentalno izmerjenimi parametri barve na površini prereza emulzij smo zaznali največjo variabilnost pri vrednosti a^* (odtenek rdeče barve). Na barvo močno vplivata tako dodatek kot količina dodanih hidrokoloidov in škroba. Vedno smo uporabili nitritno sol v količini 1,5 %, tako da so razlike v barvi posledica predvsem omenjenih dodatkov in njihove koncentracije.

Iz slike 10 lahko vidimo, kakšna je povezava med spremembo svetlosti (ΔL^*) in intenzivnosti barve (ΔC^*) piščančjih emulzij z dodanimi hidrokoloidi in škrobom v različnih koncentracijah v primerjavi z emulzijo, izdelano z 0,7 % dodanega fosfatnega preparata Aroma UK (fos., kontrola). Zanimalo nas je, kam se na podlagi instrumentalnih rezultatov merjenja barve L^* , a^* in b^* uvrstijo ostale skupine. Analizirali smo barvo svežega reza ter barvo po pol urnem hranjenju s folijo zaščitenih prečnih prereзов emulzij v hladilniku in temi oz. na sobni temperaturi in svetlobi.



Slika 10: Povezava med spremembo svetlosti (ΔL^*) in intenzivnosti barve (ΔC^*) piščančjih emulzij z dodanimi hidrokoloidi in škrobom v različnih koncentracijah v primerjavi z emulzijo, izdelano z 0,7 % dodanega fosfatnega preparata Aroma UK (kontrola, fos.); A – na svežem rezu, B – po 0,5 h v hladilniku pri temperaturi 4 ± 1 °C, C – po 0,5 h pri sobni temperaturi 20 ± 1 °C

Legenda: c.A – dodatek 1,0% karagenana, c.B – dodatek 0,8% karagenana, c.C – dodatek 0,5% karagenana, x.A – dodatek 1,0% ksantana, x.B – dodatek 0,8% ksantana, x.C – dodatek 0,5% ksantana, s.A – dodatek 2,0% škroba, s.B – dodatek 1,5% škroba, s.C – dodatek 1,0% škroba.

Razberemo lahko, da so skupine z dodatkom škroba (s.A, s.B in s.C), in karagenana (c.B in c.C) temnejše (ΔL^*) v primerjavi z izhodiščno skupino fos. in ostalimi skupinami okrog nje (x.A, x.B in x.C ter c.C). Da dodatek ksantana poveča L^* vrednost sta ugotovila že Mittal in Barbut (1994). Barvi izhodiščne skupine fos. se glede intenzivnosti najbolj približajo vzorci x.C in x.A ter c.C. Podobno smo ugotovili tako pri analizi barve svežih rezov, kot barve po pol ure v hladilniku in pri sobni temperaturi. Najslabšo obstojnost barve smo opazili pri vzorcih z x.B, kjer je barva po pol ure postala bistveno svetlejša (večja sprememba vrednosti L^*), odtenki so postali bolj belkasti.

Med instrumentalnimi metodami za vrednotenje teksture živil se največ uporabljata test TPA (Bourne, 1978) in test SR (Pons in Fiszman, 1996), zato smo ju tudi izbrali za naš poskus.

Reološko obnašanje živil, vključno s teksturo, je mogoče študirati z več instrumentalnimi metodami (kompresijo, torzijo, tenzijo ali strigom). Trenutno se najbolj pogosto uporabljata test Warner-Bratzler (meri strig) in TPA (Texture Profile Analysis), ki temelji na merjenju kompresije, stiskanja vzorca. Parametre TPA, pridobljene na mesnih izdelkih, je vrednotilo že veliko raziskovalcev (de Ávila in sod., 2014). Tako je Marchetti s sod. (2013) ugotovil, da se ob dodatku karagenana in ksantana v mesne emulzije z oljem v nadevu oblikuje večja količina agregatov, ki oblikujejo bolj povezan matriks, to pa se odraža v večji kohezivnosti v primerjavi s koagulati, izdelanimi samo s slanino, brez dodatka hidrokoloidov. V našem poskusu pa smo ugotovili, da dodatek karagenana in škroba v vseh koncentracijah ne vpliva na kohezivnost, če jo primerjamo s kontrolo. Kohezivnost emulzij s ksantanom v koncentracijah 0,8 % in 1 % (x.B in x.A) pa je bistveno manjša kot pri kontrolni emulziji. Marchetti s sod. (2013) je ugotovil tudi, da vključitev karagenana ali ksantana v mesne emulzije z oljem povzroči izdelke s podobno trdoto kot pri kontroli s slanino. Trdi, da je v nadevu matriks ojačan zaradi želirne kapacitete teh biopolimerov.

Test SR upošteva viskoelastično naravo vzorca. Čeprav ni podatkov o uporabi testa SR na perutninskih emulzijah, je bil test zadovoljivo uporabljen za druge izdelke, kot so geli (Peleg in Pollak, 1982), ribe (Herrero v sod., 2004) in hrenovke (Skinner in Rao, 1986). Večina hrane je biološko aktivna ali fizikalno nestabilna, njene mehanske lastnosti se lahko občutno spremenijo v zelo kratkem času, kar lahko zelo omejuje uporabo testov, kot je test SR, ki med analizo aplicira določeno silo dlje časa, npr. 30 ali 90 sekund (Peleg in Pollak, 1982; Purkayastha in Peleg, 1986).

V našem primeru smo z obema testoma dobili zadovoljive rezultate, saj smo s korelacijsko analizo pridobljenih parametrov dokazali primernost obeh metod, mogoče je test SR celo primernejši za merjenje teksture mesnih emulzij z različnimi dodatki hidrokoloidov in škroba.

S testom SR smo ugotovili, da dodatek karagenana poveča trdoto, dodatek ksantana pa zmanjša v primerjavi s kontrolo, kar je v skladu z ugotovitvami iz literature (Bater in sod., 1992; Mittal in Barbut, 1994; Hsu in Chung, 2001). Trdnost emulzij s škrobom je primerljiva (1 % in 1,5 %) oz. večja (2 %) kot pri kontrolni.

Hipotezo I, da se bodo mesne emulzije z dodanimi fosfati, različnimi hidrokoloidi in škrobi značilno razlikovale v instrumentalno izmerjenih teksturnih lastnostih in barvi ter ovrednoteni senzorični kakovosti lahko sprejmemo. Prav tako lahko sprejmemo hipotezo II, po kateri smo predvidevali, da bodo razlike v teksturnem, barvnem in senzoričnem profilu posledica uporabljene vrste hidrokoloida ali škroba. Slednja trditev ne drži popolnoma, predvsem v delu, kjer smo predvidevali, da bodo razlike tudi posledica uporabljene koncentracije hidrokoloida ali škroba v emulziji. V preglednici 15 so predstavljeni na podlagi senzorične in instrumentalne analize ocenjeni trendi spremembe parametrov piščančjih emulzij v primeru spremembe parametrov piščančjih emulzij v primeru povečanja dodatka karagenana in ksantana iz 0,5 % na 1 % oz. krompirjevega škroba iz 1 % na 2 %. Povzamemo lahko, da se s povečevanjem dodanega karagenana in krompirjevega škroba spremenijo senzorične lastnosti (izjema trdota pri karagenanu) in instrumentalni parametri barve (izjema vrednost b^* pri karagenanu), posplošeno rečeno pa se instrumentalno izmerjena tekstura ne spremeni (z izjemo F_0 , SR). S povečevanjem dodanega ksantana spremenimo tako senzorični kot instrumentalna profila emulzij.

Preglednica 15: Na podlagi senzorične in instrumentalne analize ocenjeni trendi spremembe parametrov piščančjih emulzij v primeru povečanja dodatka karagenana in ksantana iz 0,5 % na 1 % oz. krompirjevega škroba iz 1 % na 2 %

parameter	dodatek		
	karagenan (iz 0,5 % na 1 %)	ksantan (iz 0,5 % na 1 %)	škrob (iz 1 % na 2 %)
barva, senzorično	↓	↑	↓
tekstura, senzorično	=	↓	↑
aroma, senzorično	↓	↓	↑
L^*	↑	=	↑
a^*	↓	↓	↓
b^*	=	↑	↑
trdota, TPA	=	↓	=
kohezivnost, TPA	=	↓	=
gumijavost, TPA	=	↓	=
žvečljivost, TPA	=	↓	=
elastičnost, TPA	=	↓	=
F_0 , SR	↑	↓	↓
Y_{30} , SR	=	↑	=

Legenda: trend povečanja (↑), zmanjšanja (↓) ali ohranjanja (=) parametrov

Hipotezo III, da bomo z dodatkom hidrokoloidov izdelali emulzijo, ki bo po teksturnih lastnostih identična kot kontrolna emulzija, v katero bomo dodali samo fosfatni preparat, smo poskusili potrditi z multivariatno analizo vseh pridobljenih podatkov.

Z multivariatno analizo podatkov smo torej želeli vizualizirati podatkovne matrike; z analizo glavnih komponent (PCA) skrčiti informacije na nekaj osi v večdimenzionalnem prostoru, z linearno diskriminantno analizo (LDA) pa čimbolj ločiti eksperimentalne skupine med seboj. V našem primeru nam je uspelo s PCA analizo skrčiti število 24

analiziranih parametrov na 7 najpomembnejših (slanost, vonj, a^* takoj, b^* takoj, b^* hladilnik, trdota TPA in žvečljivost TPA), ki smo jih uporabili v LDA analizi. Ta analiza nam je podala tri najbolj diskriminantne spremenljivke: vrednost a^* takoj in b^* takoj ter vsebnost trdoto TPA. Na sliki 8 so pri definiranju F1 najpomembnejše prav omenjene lastnosti, pri definiranju F2 žvečljivost in vrednost b^* hladilnik, ter na drugi strani slanost oz. vonj. Deset skupin smo uspešno porazdelili v štiri ločene profile, označene s elipso (slika 9). Zanimiv je predvsem profil 1, v katerem je poleg standardne emulzije fos. še emulzija c.B (z 0,8 % karagenana), ki je po tej analizi najbližja standardni. Ne smemo pa spregledati še sorodnosti profilov 2 in 3, v katerih je podobnost predvsem emulzij s škrobom in kontrolne emulzije enaka kot z emulzijo c.B in c.C. Torej, če upoštevamo zaključke analize LDA, so piščančjim emulzijam s fosfatnim preparatom po barvi, teksturi in aromi najbolj podobne emulzije s škrobom v koncentraciji med 1–2 % in karagenanom v koncentraciji 0,5–0,8 %. Še več, emulzije s škrobom so, predvsem zaradi intenzivnejše arome, boljše od kontrolne, vendar razlika ni značilna. Tako smo dobili odgovor na hipotezo, da bomo z dodatkom hidrokoloidov in škroba izdelali emulzijo, ki bo po teksturnih lastnostih identična kot kontrolna emulzija, v katero bomo dodali samo fosfatni preparat.

5.2 SKLEPI

Na podlagi pridobljenih rezultatov in meritev lahko oblikujemo naslednje sklepe:

- piščančje emulzije z dodanimi fosfati, karagenanom, ksantanom in krompirjevim škrobom se značilno razlikujejo v instrumentalno izmerjenih teksturnih (trdota, kohezivnost, gumijavost, žvečljivost, elastičnost, F_0 in Y_{30}) in barvnih (L^* , a^* in b^*) parametrih ter ovrednoteni senzorični kakovosti (barvi, trdoti in aromi);
- s povečevanjem dodatka karagenana in krompirjevega škroba se spremenijo senzorične lastnosti (barva, tekstura in aroma; izjema je trdota pri karagenanu) in instrumentalni parametri barve L^* , a^* in b^* (izjema je vrednost b^* pri karagenanu), instrumentalno izmerjena tekstura pa se ne spremeni (z izjemo F_0); s povečevanjem dodanega ksantana se spremenijo instrumentalna profila barve in teksture ter senzorični profil teh emulzij;
- piščančjim emulzijam s fosfatnim preparatom so po barvi, teksturi in aromi najbolj podobne emulzije s škrobom v koncentraciji med 1 in 2 % in karagenanom v koncentraciji 0,5–0,8 % (analiza LDA); emulzije s škrobom (1–2 %) so zaradi intenzivnejše arome celo boljše od kontrolne (razlika ni statistično značilna).

6 POVZETEK

Raziskovalci že dlje časa iščejo rešitev za zamenjavo fosfatov (E 338–452), enega od najbolj uporabljanih aditivov v mesni industriji. Fosfati imajo v mesni industriji zelo široko uporabnost, saj izboljšajo vezavo vode in stabilizirajo teksturo mesnih izdelkov z večanjem topnosti proteinov v povezavi s soljo, delujejo kot kelator, preprečujejo oksidacijo lipidov in nastanek žarkosti ter zavirajo rast določenih mikroorganizmov. Torej, ker se z dodajanjem fosfatov v presno ali predelano meso in klobase poveča sposobnost vezave vode in s tem se poveča količina vode v izdelku, to neposredno zniža ceno izdelka. Proizvajalci so zato zaradi možnosti potvorb mesnih izdelkov (dodatka in vezave večjih količin vode) pri dodajanju fosfatov v mesnine omejeni z zakonom (Pravilnik o aditivih za živila, 2010), zato jih nadomeščajo ali pa uporabljajo v kombinacijah s karagenanom in ksantanom, alginatom, kazeinom oz. natrijevim kazeinatom, želatino, guar gumijem, rožičevim gumijem in arabik gumijem, hidroliziranimi rastlinskimi proteini, karboksimetil celulozo, glukomanani, ksiloglukani, sluzjo bele gorjušice ali rumene gorčice (*Sinapis alba* L.) in še nekaterimi drugimi. Fosfatom pripisujejo tudi škodljive zdravstvene učinke, če pa so dodani v večjih količinah, v izdelkih povzročijo poslabšanje nekaterih senzoričnih lastnosti, predvsem se pojavi neprijeten milnat, trpek priokus in prečvrsta ter gumijava tekstura. Torej, iz zdravstvenega in senzoričnega vidika se intenzivno iščejo nadomestki za fosfate, pozitivne rezultate dajejo predvsem hidrokoloidi in modificirani škrobi.

Cilj naše naloge je bil zato izdelati mesno emulzijo, ki bo po teksturnih lastnostih identična (ali celo boljša) kot kontrolna, izdelana s (poli)fosfati. V ta namen smo uporabili različne hidrokoloidne (karagenan in ksantan) ter krompirjev škrob v različnih koncentracijah. Postavili smo tri hipoteze, (I) da se bodo mesne emulzije z dodanimi fosfati, različnimi hidrokoloidi in škrobi značilno razlikovale v instrumentalno izmerjenih teksturnih lastnostih in barvi ter ovrednoteni senzorični kakovosti, (II) da bodo razlike v teksturnem, barvnem in senzoričnem profilu posledica tako uporabljene vrste koloida ali škroba kot tudi uporabljene koncentracije le-tega v emulziji, in (III) da bomo z dodatkom hidrokoloidov izdelali emulzijo, ki bo po teksturnih lastnostih identična kot kontrolna emulzija, v katero bomo dodali samo fosfatni preparat.

Piščančje emulzije smo naredili iz 75 % MOM, 5 % sončničnega olja in 20 % ledu. Dodali smo 1,5 % nitritne soli in 0,3 % začimbne mešanice Etol za posebno salamo. Iz naštetih surovin in aditivov smo izdelali deset skupin piščančjih emulzij, v katere smo dodali še hidrokoloidne (karagenan in ksantan), krompirjev škrob in fosfatni preparat Aroma Univerzal K (samo v kontrolni skupini), in sicer v treh različnih količinah karagenan in ksantan (0,5 %, 0,8 % in 1 %), krompirjev škrob (1 %, 1,5 % in 2 %) ter fosfatni preparat (0,7 %). Po toplotni obdelavi emulzij do končne T_s 68 °C, smo pridobili koagulate, ki smo jih ohladili in skladiščili pri temperaturi 4 °C do senzorične in instrumentalnih analiz. Poskus smo opravili v treh proizvodnih ponovitvah.

Za senzorično analizo koagulatov piščančjih emulzij smo uporabili metodo kvantitativne deskriptivne analize z nestrukturirano lestvico od 1 do 7 (Golob in sod., 2006). Štirje preskuševalci – eksperti s področja ocenjevanja mesnih izdelkov – so ocenjevali šest različnih lastnosti: barvo, trdoto, sočnost, slanost, vonj in aromo. Barvo smo na površini rezine koagulatov instrumentalno izmerili v štirih paralelkah s kromometrom Minolta CR-

200B in sistemom CIE $L^*a^*b^*$; meritve smo ponovili tudi po pol ure hranjenja vzorcev v temi v hladilniku ter na svetlobi pri sobni temperaturi. Instrumentalno merjenje teksturnih lastnosti emulzij iz mehansko odkoščenih hrbtov piščancev smo opravili z aparatom Texture Analyser TA.XT Plus (Stable Micro Systems Ltd., Surrey, VB) in testoma SR (*Stress Relaxation*) in TPA (*Texture Profile Analysis*). Parametri analize TPA so bili trdota, adhezivnost, kohezivnost, prožnost, gumijavost, žvečljivost in elastičnost, parametri testa SR pa F_0 in Y_{30} . Tudi te meritve smo opravili v štirih paralelkah. Vsi rezultati poskusa so bili analizirani po metodi najmanjših kvadratov s postopkom GLM, povezave med parametri pa z multivariatnima metodama PCA (*Principal Component Analysis*) in LDA (*Linear Descriptive Analysis*).

Ugotovitve so naslednje: Piščančje emulzije z dodanimi fosfati, karagenanom, ksantanom in krompirjevim škrobom se značilno razlikujejo v instrumentalno izmerjenih teksturnih (trdota, kohezivnost, gumijavost, žvečljivost, elastičnost, F_0 in Y_{30}) in barvnih (L^* , a^* in b^*) parametrih ter ovrednoteni senzorični kakovosti (barvi, trdoti in aromi). S povečevanjem dodatka karagenana in krompirjevega škroba se spremenijo senzorične lastnosti (barva, tekstura in aroma; izjema je trdota pri dodatku karagenana) in instrumentalni parametri barve L^* , a^* in b^* (izjema je vrednost b^* pri karagenanu), instrumentalno izmerjena tekstura pa se ne spremeni (z izjemo F_0). S povečevanjem dodanega ksantana se spremenijo instrumentalna profila barve in teksture ter senzorični profil teh emulzij. Piščančjim emulzijam s fosfatnim preparatom so po barvi, teksturi in aromi najbolj podobne emulzije s škrobom v koncentraciji med 1 in 2 % in karagenanom v koncentraciji 0,5–0,8 %. Emulzije s škrobom (1–2 %) so zaradi intenzivnejše arome celo boljše od kontrolne, vendar razlika ni statistično značilna.

7 VIRI

- Abramovič H. 2004. Gumiji mikrobnega izvora – dodatek v živilski industriji. *Kemija v šoli*, 16: 28–32
- All allergy. 2006. Substance Info: Xanthan gum. All allergy: 1 str.
<http://www.allallergy.net/fapaidfind.cfm?cdeoc=2322> (junij 2014)
- Amako D.E.N, Xiong Y.L. 2001. Effects of carrageenan on thermal stability of proteins from chicken thigh and breast muscles. *Food Research International*, 34: 247–253
- Ayadi M.A., Kechaou A., Makni I., Attia H. 2009. Influence of carrageenan addition on turkey meat sausages properties. *Journal of Food Engineering*, 93: 278–283
- Barbut S., Mittal G.S. 1992. Use of carrageenans and xanthan gum in reduced fat breakfast sausages. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie*, 25: 509–513
- Bater B., Descamps O., Maurer A.J. 1992. Quality characteristics of hydrocolloid-added oven-roasted turkey breasts. *Journal of Food Science*, 57: 1068–1070
- BeMiller J.N., Huber K.C. 2011. Carbohydrates. V: Fennema's food chemistry. 4th ed. Damodaran S., Parki K.L., Fennema O.R. (eds.). London, CRC Press: 83–154
- Bixler H.J. 1996. Recent developments in manufacturing and marketing carrageenan. *Hydrobiologia*, 326/327: 35–57
- Blaznik T. 2008. Vpliv zgoščevalcev na reološke lastnosti omak v pasteuriziranih ohlajenih gotovih jedeh. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 83 str.
- Bourne M.C. 1978. Texture profile analysis. *Food Technology*, 32: 62–66, 72
- Boyer R. 2005. Temelji biokemije. Ljubljana, Študentska založba: 194–194
- Brewer M.S. 2012. Reducing the fat content in ground beef without sacrificing quality: A review. *Meat Science*, 91: 385–395
- Brown A.C. 2011. Understanding food: principles and preparation. 4th ed. Wadsworth, Cengage Learning: 391–406
- Campo V.L., Kawano D.F., da Silva D.B. Jr., Carvalho I. 2009. Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis – A review. *Carbohydrate Polymers*, 77: 167–180
- Carrageenan. 2014a. Molecular gastronomy network: 1 str.
<http://www.moleculargastronomynetwork.com/14-additives/Carrageenan.html> (junij 2014)
- Carrageenan. 2014b. San Francisco, Wikimedia Foundation Inc.: 1 str.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Carrageenan> (junij 2014)
- Chun J.-Y., Choi M.-J., Min S.-G., Hong G.-P. 2014. Effects of binders combined with glucono- δ -lactone on the quality characteristics of pressure-induced cold-set restructured pork. *Meat Science*, 98, 2: 158–163
- Cierach M., Modzelewska-Kapituła M., Szaciło K. 2009. The influence of carrageenan on the properties of low-fat frankfurters. *Meat Science*, 82: 295–299

- Cofrades S., Hughes E., Troy D.J. 2000. Effects of oat fiber and carrageenan on the texture of frankfurters formulated with low and high fat. *European Food Research and Technology*, 211: 19–26
- Černiková M., Buňka F., Pavlínek V., Březina P., Hrabě J., Valášek P. 2008. Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese. *Food Hydrocolloids*, 22: 1054–1061
- Daly J., Tomlin J., Read N.W. 1993. The effect of feeding xanthan gum on colonic function in man: correlation with in vitro determinants of bacterial breakdown. *British Journal of Nutrition*, 69: 897–902
- de Ávila M.D.R., Cambero M.I., Ordóñez J.A., de la Hoz L., Herrero A.M. 2014. Rheological behaviour of commercial cooked meat products evaluated by tensile test and texture profile analysis (TPA). *Meat Science*, 98, 2: 310–315
- DeFreitas Z., Sebranek J.G., Olson D.G., Carr J.M. 1997a. Carrageenan effects on salt soluble meat proteins in model systems. *Journal of Food Science*, 62: 539–543
- DeFreitas Z., Sebranek J.G., Olson D.G., Carr J.M. 1997b. Carrageenan effects on thermal stability of meat proteins. *Journal of Food Science*, 62: 544–547
- Demšar L., Polak T. 2010. Tehnologije mesa in mesnin I: drugi učbenik za študente univerzitetnega študija Živilstvo in prehrana pri vajah predmeta tehnologije mesa in mesnin I. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 67 str.
- Demšar L., Rajar A. 2008. Tehnologija mesnin: zbirka vaj za predmet Tehnologija mesnin. 2. dopolnjena izd. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 102 str.
- EFSA. 2013a. Assessment of one published review on health risks associated with phosphate additives in food. *EFSA Journal*, 11, 11: 3444, doi:10.2903/j.efsa.2013.3444: 27 str.
- EFSA. 2013b. Scientific opinion on dietary reference values for vitamin C. *EFSA Journal*, 11, 11: 3418, doi:10.2903/j.efsa.2013.3418: 68 str.
- FDA. 2011. FDA Continues to investigate necrotizing enterocolitis and SimplyThick following company's recall. Silver Spring, U.S. Food and Drug Administration: 1 str. <http://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/ucm256253.htm> (junij 2014)
- Flores M., Giner E., Fiszman S.M., Salvador A., Flores J. 2007. Effect of a new emulsifier containing sodium stearoyl-2 lactylate and carrageenan on the functionality of meat emulsion systems. *Meat Science*, 76: 9–18
- García-Ochoa F., Santos V.E., Casas J.A., Gómez E., 2000. Xanthan gum: production, recovery, and properties. Research review paper. *Biotechnology Advances*, 18: 549–579
- Gelymar. 2013. Santiago, Gelymar: 1 str. www.gelymar.cl (junij 2014)
- Golob T., Korošec M., Bertonec J., Kropf U. 2005. Senzorična analiza: metode in preskuševalci. *Acta agriculturae Slovenica*, 85: 55–66

- Hamm R. 1986. Functional properties of the myofibrillar system and their measurements. V: Muscle as food. Bechtel P.J. (ed.). Orlando, Academic Press: 135–199
- Hasret U. 2006. Effects of carrageenan and guar gum on the cooking and textural properties of low fat meatballs. *Food Chemistry*, 95: 600–605
- Heinz G., Hautzinger P. 2007. Meat processing technology: For small-to medium-scale producers. Bangkok, FAO: 59–86
- Herrero A.M., Heia K., Careche M. 2004. Stress relaxation test for monitoring post mortem textural changes of ice-stored cod (*Gadus morhua* L). *Journal of Food Science*, 69: 178–182
- Hsu S.Y., Chung H.-Y. 2001. Effects of ϕ -carrageenan, salt, phosphates and fat on qualities of low fat emulsified meatballs. *Journal of Food Engineering*, 47: 115–121
- Hui Y.H. 2012. Safe practices for sausage production in the United States. V: Handbook of meat and meat processing. Hui Y.H., Aalhus J.L., Cocolin L., Legarreta I.G., Nollett L.M., Purchas R.W., Schilling M.W., Stanfield P., Xiong Y.L. (eds.). 2nd ed. Boca Raton, CRC Press: 619–646
- JOINT FAO/WHO Codex Alimentarius Commission. 2001. Procedural manual. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Codex Alimentarius Commission. 12th ed.. Rome, Secretariat of the Joint FAO/WHO Food Standards Programme, FAO: 173 str.
- Katalenič M. 2004. Emulgatorske soli. *Meso*, 6, 4: 45–51
- Liu H., Xiong Y.L., Jiang L., Kong B. 2008. Fat reduction in emulsion sausage using an enzyme-modified potato starch. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88: 1632–1637
- Mano J.F., Silva G.A., Azevedo H.S., Malafaya P.B., Sousa R.A., Silva S.S., Boesel L.F., Oliveira J.M., Santos T.C., Marques A.P., Neves N.M., Reis R.L. 2007. Natural origin biodegradable systems in tissue engineering and regenerative medicine: present status and some moving trends. *Journal of the Royal Society Interface*, 4: 999–1030
- Marchetti L., Andrés S.C., Califano A.N. 2013. Textural and thermal properties of low-lipid meat emulsions formulated with fish oil and different binders. *LWT – Food Science and Technology*, 51: 514–523
- McHugh D.J. 2003. A guide to the seaweed industry. FAO FISHERIES TECHNICAL PAPER 441. Canberra, FAO: 61–73
- Mišič M., Mlakar M., Močnik M., Pečjak S. 2000. Proizvodnja ekstracelularnih polisaharidov. Seminarska naloga pri predmetu Biotehnologija. Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 33 str.
http://web.bf.uni-lj.si/zt/bioteh/seminar_all/zivil/1999_00/Polisah.pdf (junij 2014)
- Mittal G.S., Barbut S. 1994. Effects of carrageenans and xanthan gum on the texture and acceptability of low fat frankfurters. *Journal of Food Processing and Preservation*, 18: 201–216
- Modernist Cooking. 2014. Xanthan gum. Connecticut, Modernist cooking made easy: 1 str.
<http://www.modernistcookingmadeeasy.com/info/modernist-ingredients/more/xanthan-gum> (junij 2014)

- Montero P., Hurtado J.L., Perez Mateos M. 2000. Microstructural behaviour and gelling characteristics of myosystem protein gels interacting with hydrocolloids. *Food Hydrocolloids*, 14: 455–461
- Moore V.J. 1988. Effect of packaging and display variables on retail display of frozen lamb chops. *Meat Science*, 22: 313–320
- Morales R., Guerrero L., Serra X., Gou P. 2007. Instrumental evaluation of defective texture in dry-cured hams. *Meat Science*, 76: 536–542
- Morris V.J. 1987. New and modified polysaccharides. V: Food biotechnology. King R.D., Cheetham P.S.J. (eds.). New York, Elsevier Applied Science: 193–248
- Necas J., Bartosikova L. 2013. Carrageenan: a review. *Veterinarni Medicina*, 58: 187–205
- NIJZ. 2014. Pojasnilo glede varnosti aditiva za živila KARAGENAN E 407. Ljubljana, Nacionalni inštitut za javno zdravje: 1 str.
http://www.ivz.si/Mp.aspx?nn=Print&pi=5&_5_id=1975&_5_PageIndex=0&_5_groupId=-2&_5_newsCategory=IVZ%20kategorija&_5_action=ShowNewsFull (junij 2014)
- Othmer D.F. 2008. Food additives. V: Kirk-Othmer food and feed technology. Vol. 1. Siedel A. (ed.). Hoboken, John Wiley & Sons: 705–748
- Palaniraj A., Jayaraman V. 2011. Production, recovery and applications of xanthan gum by *Xanthomonas campestris*. *Journal of Food Engineering*, 106: 1–12
- Peleg M., Pollak N. 1982. The problem of equilibrium conditions in stress relaxation analyses of solid foods. *Journal of Texture Studies*, 13: 1–11
- Pietrasik Z. 2003. Binding and textural properties of beef gels processed with j-carrageenan, egg albumin and microbial transglutaminase. *Meat Science*, 63: 317–324
- Pietrasik Z., Duda Z. 2000. Effect of fat content and soy protein/carrageenan mix on the quality characteristics of comminuted, scalded sausages. *Meat Science*, 56, 2: 181–188
- Pons M., Fiszman S.M. 1996. Instrumental texture profile analysis with particular reference to gelled systems. *Journal of Texture Studies*, 27: 597–624
- Porse H. 1998. Global seaweed market trends. Plenary presentation at XVIth International Seaweed Symposium, Cebu City, Philippines, 12–17 April 1998, citirano po McHugh D.J. 2003. A guide to the seaweed industry. FAO FISHERIES TECHNICAL PAPER 441. Rome, FAO: 61–73 str.
- Pravilnik o aditivih za živila. 2010. Uradni list Republike Slovenije, 20, 100: 15516–15612. Pravilnik o spremembah in dopolnitvah Pravilnika o aditivih za živila. 2011. Uradni list Republike Slovenije, 21, 17: 2104–2107. Pravilnik o spremembah in dopolnitvah Pravilnika o aditivih za živila. 2011. Uradni list Republike Slovenije, 21, 84: 3533–3533
- Pravilnik o kakovosti mesnih izdelkov. 2012. Uradni list Republike Slovenije, 22, 59: 6097–6105

- Purkayastha S., Peleg M. 1986. Comparison between projected mechanical equilibrium conditions of selected food materials in stress relaxation and creep. *Journal of Texture Studies*, 17: 433–444
- Rahman M.S. 2007. Nitrites in food preservation. V: *Handbook of food preservation*. Rahman M.S. (ed.). 2nd ed. Boca Raton, CRC Press: 299–312
- Raspor P., Kovač B. 1993. Nekonvencionalni polisaharidi. V: *Ogljikovi hidrati*. 15. Bitenčevi živilski dnevi, 10. in 11. junij 1993, Ljubljana. Plestenjak A., Žlender B., Hribar J., Zelenik-Blatnik M. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 105–114
- Referenčne vrednosti za vnos hranil. 2004. 1. izd. Ljubljana, Ministrstvo za zdravje Republike Slovenije: 215 str.
- Roberts, M. A., Quemener, B. 1999. Measurement of charragenans in food: challenges, progress, and trends in analysis. *Trends in Food Science & Technology*, 10: 169–181
- Rocha-Garza A.E., Zayas J.F. 1995. Effect of wheat germ protein flour on the quality characteristics of beef patties cooked on a griddle. *Journal of Food Processing and Preservation*, 19: 341–360
- Rosalam S., England R. 2006. Review of xanthan gum production from unmodified starches by *Xanthomonas campestris* sp. *Enzyme and Microbial Technology*, 39: 197–207
- Saltmarsh M. 2000. *Essential guide to food additives*. 1st ed. Surrey, Leatherhead publishing: 322 str.
- Santamaria P. 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86: 10–17
- SAS Software. 1999. Version 8.01. Cary, SAS Institute Inc.: Software
- Sinskey A., James S., Eason D., Rha C. 1986. Biopolymers and modified polysaccharides. V: *Biotechnology in food processing*. Harlander S.K., Labuza, R.P. (eds.). New Jersey, Noyes publishing Co.: 73–108
- Skinner G.E., Rao V.N.M. 1986. Linear viscoelastic behaviour of frankfurters. *Journal of Texture Studies*, 17: 421–432
- SKP. 2014. V: Karagenan (E 407). Slovenski kemijski portal. Lavriša L. (ur.). Kemija.org: 1 str.
<http://www.kemija.org/index.php/kemija-mainmenu-38/24-kemijacat/255-karagenan-e407> (junij 2014)
- Steeneken A. M. P., Woortman J. J. A., Oudhuis L. 2011. Processing stability of cross-linked starches in acid sauce applications and identification of some of the molecular factors involved. *Food Hydrocolloids*, 25: 410–418
- Tašner L., Komeriči J. 2008. *Tehnologija rastlinskih živil*. Maribor, Živilska šola, Višja strokovna šola: 25–29
- Tobacman J.K. 2001. Review of harmful gastrointestinal effects of carrageenan in animal experiments. *Environmental Health Perspectives*, 109: 983–994

- Trius A., Sebranek J.G., Rust R.E., Carr J.M. 1994. Low fat bologna and beaker sausage: effects of carrageenans and chloride salts. *Journal of Food Science*, 59: 941–945
- Uredba (ES) št. 1333/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o aditivih za živila. 2008. *Uradni list Evropske unije*, 51, L 354: 16–33
- Uredba o spremembah Uredbe o izvajanju uredbe (ES) o aditivih za živila. 2012. *Uradni list Republike Slovenije*, 22, 87: 8981–8981
- Xiong Y.L., Noel D.C., Moody W.G. 1999. Textural and sensory properties of low-fat beef sausages with added water and polysaccharides as affected by pH and salt. *Journal of Food Science*, 64: 550–554
- Žlender B., Demšar L., Polak T. 2009. Meso in mesni izdelki kot izvor biološko pomembnih mineralov. V: *Vloga mineralov v živilski tehnologiji in prehrani*. 26. Bitenčevi živilski dnevi 2009, Ljubljana, 26. in 27. november 2009. Demšar L., Žlender B. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, Slovensko prehransko društvo: 157–169

ZAHVALA

Za strokovno pomoč in vodstvo se zahvaljujem mentorju doc. dr. Tomažu Polaku in recenzentki doc. dr. Mojci Korošec.

Prav tako se za strokovno pomoč, vodenje, nasvete in podporo zahvaljujem prof. dr. Lei Demšar.

Za pomoč pri eksperimentalnem delu se zahvaljujem sodelavcem v laboratoriju.

Ne nazadnje pa gre zahvala mojim domačim, da so me podpirali in verjeli vame.