

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Damir KAKOVIČ

**PAKIRANJE PRESNIH PERUTNINSKIH
PLESKAVIC S POVEČANO VSEBNOSTJO $n-3$
MAŠČOBNIH KISLIN**

MAGISTRSKO DELO

Magistrski študij – 2. stopnja Živilstvo

Ljubljana, 2013

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Damir KAKOVIČ

**PAKIRANJE PRESNIH PERUTNINSKIH PLESKAVIC S POVEČANO
VSEBNOSTJO *n*-3 MAŠČOBNIH KISLIN**

MAGISTRSKO DELO
Magistrski študij – 2. stopnja Živilstvo

**PACKAGING OF FRESH POULTRY PATTIES WITH INCREASED
CONTENT OF *n*-3 FATTY ACIDS**

M. SC. THESIS
Master Study Programmes: Field Food Science and Technology

Ljubljana, 2013

Magistrsko delo je zaključek magistrskega študija druge stopnje živilstva. Opravljeno je bilo na katedrah za Tehnologijo mesa in vrednotenje živil in Tehnologijo, prehrano in vino Oddelka za živilstvo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani. Vzorčenje oziroma pakiranje pleskavic je bilo opravljeno v podjetju Pivka Perutninarstvo, d.d.

Komisija za študij 1. in 2. stopnje je za mentorja magistrskega dela imenovala doc. dr. Tomaža Požrla, za somentorico prof. dr. Leo Demšar in za recenzenta prof. dr. Blaža Cigića.

Mentor: doc. dr. Tomaž Požrl

Somentorica: prof. dr. Lea Demšar

Recenzent: prof. dr. Blaž Cigić

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Magistrsko delo 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.

Damir Kakovič

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du2
DK	UDK 621.798:637.514.5:641.1:543.92(043)=163.6
KG	pakiranje živil/mesni izdelki/sekljanci/perutninske pleskavice/funkcionalna živila/ <i>n</i> -3 maščobne kisline/modificirana atmosfera
AV	KAKOVIČ, Damir, dipl. inž. živ. in prehr. (UN)
SA	POŽRL, Tomaž (mentor)/DEMŠAR, Lea (somentorica)/CIGIČ, Blaž (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo
LI	2013
IN	PAKIRANJE PERUTNINSKIH PLESKAVIC S POVEČANO VSEBNOSTJO <i>n</i> -3 MAŠČOBNIH KISLIN
TD	Magistrsko delo (Magistrski študij – 2. stopnja Živilstvo)
OP	XI, 68 str., 20 pregl., 17 sl., 98 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Namen magistrskega dela je bil ugotoviti, kakšen način pakiranja perutninskih pleskavic s povišano vsebnostjo <i>n</i>-3 maščobnih kislin (MK) najboljše preprečuje spremembo barve in oksidacijo lipidov ter holesterola. Izbrali smo različne pakiranja: (1) zavijanje v prepustno folijo (21 % O₂, 0,9 % CO₂), (2) pakiranje v atmosfero z veliko koncentracijo CO₂ (20 % O₂, 30 % CO₂), (3) z veliko koncentracijo O₂ (80 % O₂, 20 % CO₂), (4) z majhno koncentracijo O₂ (<0,1 % O₂, 20 % CO₂), (5) enaka atmosfera kot (4) in dodan lovilec O₂. Po sedmih dneh skladiščenja pri 4 °C smo na presnih pleskavicah s povišano vsebnostjo <i>n</i>-3 MK in pleskavicah iz konvencionalno (običajno) prirejenega mesa instrumentalno izmerili in senzorično ocenili barvo površine, določili osnovno kemijsko sestavo, maščobnokislinski profil in število TBK, po toplotni obdelavi (220 °C, 5 min) pa še vsebnost (LC-MS/MS) holesterola in oksidov holesterola ter ocenili senzorično kakovost. Statistična analiza rezultatov analiz je pokazala značilen vpliv obogatitve piščančjega mesa z <i>n</i>-3 MK in sestave atmosfere v embalažni enoti pleskavic na barvo ter oksidacijo lipidov in holesterola. Obogatitev mesa z <i>n</i>-3 MK se na pleskavici odraža v povečanju vrednosti L* iz 49,82 na 52,37, števila TBK iz 0,19 na 0,29 mg MA/kg, po pečenju pa na povečanju skupnih in posameznih oksidov holesterola iz 22,83 na 28,32 mg/kg, senzorično pa v bistveno bolj izraženi žarkosti v primerjavi z običajno pleskavico. Z O₂ bogata atmosfera (80 %) v primerjavi z atmosfero z malo O₂ (< 0,5%) poveča vse instrumentalno merjene dimenzije barve presnih pleskavic, število TBK iz 0,14 na 0,69 mg MA/kg, na pečenih pa skupne okside holesterola od 0,42 na 97,31 mg/kg. Poslabšanje barve pleskavic, pakiranih v atmosfero z veliko kisika (80 %), ni bistveno izraženo, zelo močno zaznavna pa postane žarkost. Vsebnost skupnih in posameznih oksidov holesterola je v značilni, pozitivni korelaciji s številom TBK. Najprimernejše pakiranje za pleskavice obogatene s <i>n</i>-3 MK in običajne pleskavice, kjer se oblikuje najmanj oksidov holesterola (4,56 mg in 1,65 mg/kg), najmanjše število TBK (0,14 oz. 0,15 mg MA/kg), je pakiranje v zelo majhne koncentracije O₂ (< 1 % O₂, 20 % CO₂), z ali brez dodatka lovilcev O₂.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Du2

DC UDC 621.798:637.514.5:641.1:543.92(043)=163.6

CX food packaging/meat products/chicken patties/functional foods/*n*-3 fatty acids/modified atmosphere

AU KAKOVIČ, Damir

AA POŽRL, Tomaž (supervisor)/DEMŠAR, Lea (co-advisor)/CIGIĆ, Blaž (reviewer)

PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101

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

PY 2013

TI PACKAGING OF FRESH POULTRY PATTIES WITH INCREASED CONTENT OF *n*-3 FATTY ACIDS

DT M. Sc. Thesis (Master Study Programmes: Field Food Science and Technology)

NO XI, 68 p., 20 tab., 17 fig., 98 ref.

LA sl

AL sl/en

AB The change of colour and oxidation of lipids and cholesterol in chicken *n*-3 enriched patties samples after 7-day storing at 4 °C under different conditions was studied. We used different atmospheres compositions of packagings: (1) air atmosphere (21 % O₂, 0,9 % CO₂), (2) atmosphere with high concentration of CO₂ (20 % O₂, 30 % CO₂), (3) atmosphere with very high concentration of O₂ (80 % O₂, 20 % CO₂), (4) atmosphere with low concentration of O₂ (< 1 % O₂, 20 % CO₂), (5) same atmosphere as (4) with addition of O₂ scavenger. After 7-day storing we instrumentally measured and sensorically evaluated surface colour, determined basic chemical and fatty acids composition and analysed TBARS value of raw *n*-3 enriched and conventional patties. After thermal treatment (220 °C, 5 min) of patties we determined contents (LC-MS/MS) of cholesterol and cholesterol oxides and evaluated sensory qualities of patties. The statistical analysis showed significant effects of both *n*-3 enriched and package atmosphere composition on the colour, lipid and cholesterol oxidation process. *n*-3 enrichment increased instrumentally measured L* value of raw patties from 49,82 to 52,37, TBARS from 0,19 to 0,29 mg MA/kg. After grilling, levels of total cholesterol oxides in *n*-3 enriched patties increased from 22,83 to 28,32 mg/kg, and rancidity became more pronounced. Oxygen rich atmosphere (80 %) in comparison with low oxygen atmosphere (< 0,5 %) increased all instrumentally measured colour values, TBARS from 0,14 to 0,69 mg MA/kg, total cholesterol oxides from 0,42 to 97,31 mg/kg. Colour deterioration of patties, packed in high levels of O₂ (80 %) is not expressed, but rancidity becomes pronounced. Total cholesterol oxides and all individual cholesterol oxides were significantly correlated with TBARS. However, the most suitable storage of raw *n*-3 patties, which led to the lowest cholesterol oxides levels of 4,56 mg and 1,65 mg/kg of roasted patties, and TBARS levels of 0,14 and 0,15 mg MA/kg of raw patties are packaging in very low concentration of O₂ (< 1 % O₂, 20 % CO₂), with or without O₂ scavenger addition.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	IX
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	X
1 UVOD	1
1.1 NAMEN NALOGE	1
1.2 DELOVNE HIPOTEZE	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 EMBALAŽNI MATERIALI	3
2.1.1 Polimerni materiali za pakiranje živil	4
2.1.1.1 Polietilen.....	5
2.1.1.2 Polivinilklorid.....	6
2.1.2 Prepustnost embalažnih materialov za pline in paro	6
2.1.3 Sestavljeni embalažni materiali.....	7
2.2 TEHNIKE PAKIRANJA	9
2.2.1 Modificirana atmosfera.....	9
2.2.1.1 Kisik	10
2.2.1.2 Ogljikov dioksid	10
2.2.1.3 Dušik	11
2.2.2 Aktivno pakiranje.....	11
2.2.2.1 Lovilci kisika.....	12
2.2.3 Pakiranje v raztegljivo folijo	12
2.3 LIPIDI IN MAŠČOBNE KISLINE	13
2.3.1 <i>n</i> -3 MK.....	14
2.3.2 Oksidacija lipidov	15
2.3.3 Spreminjanje arome mesa	17
2.4 HOLESTEROL IN OKSIDI HOLESTEROLA	18
2.4.1 Oksidi holesterola	18
2.5 SPREMEMBE BARVE V PAKIRANEM MESU	20
2.5.1 Mioglobin in reaktivna stanja	20
2.5.2 Preprečevanje oksidacije lipidov v mesu.....	23

3	MATERIAL IN METODE	24
3.1	MATERIAL	24
3.1.1	Priprava pleskavic, pakiranje in skladiščenje	24
3.2	INSTRUMENTALNE METODE	27
3.2.1	Osnovna kemijska sestava pleskavic	27
3.2.2	Merjenje koncentracije plinov	27
3.2.3	Instrumentalno merjenje barve	27
3.3	KEMIJSKE METODE	29
3.3.1	Določanje maščobnokislinske sestave	29
3.3.2	Določanje števila tiobarbiturne kisline	31
3.3.3	Določanje vsebnosti holesterola in oksidov holesterola	33
3.4	SENZORIČNE METODE	36
3.4.1	Senzorična analiza	36
3.5	STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV	37
4	REZULTATI	38
4.1	OSNOVNA KEMIJSKA SESTAVA	38
4.2	MAŠČOBNOKISLINSKA SESTAVA	38
4.3	KONCENTRACIJA PLINOV V EMBALAŽNIH ENOTAH	40
4.4	INSTRUMENTALNO MERJENJE BARVE POVRŠINE	41
4.5	ŠTEVILO TBK	42
4.6	VSEBNOST HOLESTEROLA IN OKSIDOV HOLESTEROLA	44
4.7	SENZORIČNA ANALIZA	46
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	50
5.1	RAZPRAVA	50
5.2	SKLEPI	58
6	POVZETEK	59
7	VIRI	61
ZAHVALA		

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Prepustnost različnih embalažnih materialov za pline in vodne pare (Delventhal, 1991)	7
Preglednica 2: Vsebnost nekaterih MK v toplotno obdelanih piščančjih pleskavicah (Gibbs in sod., 2013: 1753)	14
Preglednica 3: Vsebnost oksidov holesterola v piščancu in predpečenih piščančjih pleskavicah (Bonoli in sod., 2008:300; Echarte in sod., 2003:5943)	20
Preglednica 4: V poskusu uporabljeni načini pakiranja pleskavic, z ozirom na predvideno sestavo atmosfere v embalažni enoti	25
Preglednica 5: Priprava umeritvene krivulje	32
Preglednica 6: Gradient mobilne faze	35
Preglednica 7: Prehodi 7 β -HC, 7 α -HC, 20 α -HC, 22-HC, 25-HC in holesterola v MRM.....	35
Preglednica 8: Osnovna kemijska sestava običajnih pleskavic in pleskavic s povečano vsebnostjo <i>n</i> -3 maščobnih kislin, z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri (NIR, <i>N</i> = 6).....	38
Preglednica 9: Vpliv prehrane piščancev na vsebnost (povprečje $\pm$ standardni odklon) maščobnih kislin (g/100 g skupnih MK) v običajnih pleskavicah in pleskavicah s povečano vsebnostjo <i>n</i> -3 maščobnih kislin (<i>N</i> = 12)	39
Preglednica 10: Analiza vsebnosti plinov ob pakiranju in po 7 dneh skladiščenja običajnih pleskavic in pleskavic s povečano vsebnostjo <i>n</i> -3 maščobnih kislin (<i>N</i> = 18; Duncanov test, α = 0,05).....	41
Preglednica 11: Rezultati merjenja barve običajnih pleskavic in pleskavic s povečano vsebnostjo <i>n</i> -3 maščobnih kislin, skladiščenih 7 dni pri temperaturi 4 °C, z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri.....	41
Preglednica 12: Vpliv različnih načinov pakiranja presnih običajnih pleskavic in pleskavic s povečano vsebnostjo <i>n</i> -3 maščobnih kislin, skladiščenih 7 dni pri temperaturi 4 °C, na instrumentalno izmerjeno barvo (<i>N</i> = 54; Duncanov test, α = 0,05).....	42
Preglednica 13: Rezultati števila TBK v presnih običajnih pleskavic in pleskavic s povečano vsebnostjo <i>n</i> -3 maščobnih kislin, pakiranih v različne atmosfere in skladiščenih 7 dni pri temperaturi 4 °C, z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri	43
Preglednica 14: Vpliv načina pakiranja presnih običajnih pleskavic in pleskavic s povečano vsebnostjo <i>n</i> -3 maščobnih kislin, skladiščenih 7 dni pri temperaturi 4 °C, na število TBK (<i>N</i> = 54; Duncanov test, α = 0,05).....	43

Preglednica 15: Rezultati določanja holesterola in holesterol oksidov v pečenih pleskavicah z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri	44
Preglednica 16: Vpliv načina pakiranja običajnih pleskavic in pleskavic s povečano vsebnostjo <i>n</i> -3 maščobnih kislin na vsebnost holesterola in oksidov holesterola po pečenju na dvoploščnem žaru ($N = 6$; Duncanov test, $\alpha = 0,05$)	45
Preglednica 17: Rezultati senzorične analize presnih (oksidiranost barve) in pečenih običajnih pleskavicah in pleskavicah <i>n</i> -3, pakiranih v različne atmosfere in skladiščenih 7 dni pri temperaturi 4 °C, z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri	46
Preglednica 18: Vpliv načina pakiranja običajnih pleskavic in pleskavic s povečano vsebnostjo <i>n</i> -3 maščobnih kislin, skladiščenih 7 dni pri temperaturi 4 °C, na senzorično oceno oksidiranosti barve ($N = 72$; Duncanov test, $\alpha = 0,05$)	47
Preglednica 19: Vpliv načina pakiranja običajnih pleskavic in pleskavic s povečano vsebnostjo <i>n</i> -3 maščobnih kislin, skladiščenih 7 dni pri temperaturi 4 °C, na senzorično oceno vonja po pečenju na dvoploščnem žaru ($N = 72$; Duncanov test, $\alpha = 0,05$)	48
Preglednica 20: Vpliv načina pakiranja običajnih pleskavic in pleskavic s povečano vsebnostjo <i>n</i> -3 maščobnih kislin, skladiščenih 7 dni pri temperaturi 4 °C, na senzorično oceno arome po pečenju na dvoploščnem žaru ($N = 72$; Duncanov test, $\alpha = 0,05$)	49

KAZALO SLIK

Slika 1: Komponente pakiranega živila.....	4
Slika 2: Osnovne oblike molekul polimerov (Lee in sod., 2008: 143).....	5
Slika 3: Strukturna formula monomera polietilena	5
Slika 4: Strukturna formula polivinilklorida	6
Slika 5: Pozicija prve dvojne vezi pri ALA.....	15
Slika 6: Struktura holesterola (McClements in Decker, 2008: 163)	18
Slika 7: Najpogostejši oksidi holesterola (Otaegui-Arrazola in sod., 2010: 3293)	19
Slika 8: Struktura hema (Barsan in sod., 2010: 6359).....	21
Slika 9: Stanja mioglobina in Fe glede na razpoložljivost kisika (Lee in sod., 2008: 554)	21
Slika 10: Shema poskusa; izdelava, pakiranje, skladiščenje, vzorčenje in analize perutninskih pleskavic	26
Slika 11: CIE $L^*a^*b^*$ barvni koordinatni sistem (Ozguven in Ozcelik, 2013: 817)	28
Slika 12: Umeritvena krivulja za določanje št. TBK v pleskavicah.....	32
Slika 13: Razlike v nasičenosti (ΔC) in svetlosti (ΔL) barve presnih običajnih pleskavic in pleskavic s povečano vsebnostjo <i>n</i> -3 maščobnih kislin, skladiščenih 7 dni pri temperaturi 4 °C in različno pakiranih	52
Slika 14: Vpliv načinov pakiranja na število TBK presnih običajnih pleskavic in pleskavic s povečano vsebnostjo <i>n</i> -3 maščobnih kislin, skladiščenih 7 dni pri temperaturi 4 °C.....	53
Slika 15: Razlike v oksidiranosti barve pleskavic s povečano vsebnostjo <i>n</i> -3 maščobnih kislin, skladiščenih 7 dni pri temperaturi 4 °C in pakiranih v MAP–IO ₂ +I (levo, št. 146) in MAP–hO ₂ (desno, št. 158).....	55
Slika 16: Vpliv načina pakiranja na senzorično oceno vonja po žarkem na pečenih običajnih pleskavicah in pleskavicah s povečano vsebnostjo <i>n</i> -3 maščobnih kislin, skladiščenih 7 dni pri temperaturi 4 °C	56
Slika 17: Vpliv načina pakiranja na senzorično oceno arome po žarkem na pečenih običajnih pleskavicah in pleskavicah s povečano vsebnostjo <i>n</i> -3 maščobnih kislin, skladiščenih 7 dni pri temperaturi 4 °C	57

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

7 α -HC	7 α -hidroksiholesterol
7 β -HC	7 β -hidroksiholesterol
20 α -HC	20 α -hidroksiholesterol
22-HC	22-hidroksiholesterol
25-HC	25-hidroksiholesterol
ALA	α -linolenska kislina
BHT	butil hidroksi toluen
CH ₂ Cl ₂	diklorometan
CO	ogljikov monoksid
DHA	dokozaheksaenojska kislina
DPA	dokozapentaenojska kislina
ENMK	enkrat nenasičena maščobna kislina
EPA	eikozapentaenojska kislina
GC	plinska kromatografija
GTR	stopnja prehajanja plinov
MA	malonaldehid
MAP	modificirana atmosfera
MAP-hO ₂	modificirana atmosfera z veliko vsebnostjo kisika
HDPE	polietilen visoke gostote
HPLC	tekočinska kromatografija visoke ločljivosti
KOH	kalijev hidroksid
NA	navadna (zračna) atmosfera
MAP-IO ₂	modificirana atmosfera z majhno vsebnostjo kisika
MAP-IO ₂ +I	modificirana atmosfera z majhno vsebnostjo kisika in lovilci kisika
MAP-hCO ₂	modificirana atmosfera z veliko vsebnostjo ogljikovega dioksida
LDPE	polietilen nizke gostote
Mb	mioglobin
MetMb	metmioglobin
MbO ₂	oksimioglobin
MEMK	metilni ester maščobne kisline
MK	maščobna kislina

MKB	mlečno kislinske bakterije
<i>n</i> -3 MK	omega 3 maščobna kislina
NeMK	nenasičena maščobna kislina
NMK	nasičena maščobna kislina
NIR	bližnja infrardeča svetloba
PE	polietilen
P/S	razmerje večkrat nenasičenih maščobnih kislin in nasičenih maščobnih kislin
PVC	polivinil klorid
ROOH	hidroperoksid
SPE	ekstrakcija s trdno fazo
SVV	spodobnost za vezanje vode
TAG	triacilglicerol
TBK	tiobarbiturna kislina
TKO	triklorocetna kislina
UV	ultra vijolična
VNMK	večkrat nenasičena maščobna kislina
Z-ICO ₂	zavijanje v za zrak prepustno folijo
WOF	warmed over flavour – aroma po pogretem oz. postanem
λ	valovna dolžina

1 UVOD

Sodobni potrošniki so dandanes zahtevni in izbirajo živila z dobro hranilno vrednostjo in funkcionalnimi lastnostmi. Tako v svojo prehrano vedno bolj vključujejo tudi meso s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin. Znano je, da uživanje večkrat nenasičenih *n*-3 maščobnih kislin zmanjšuje tveganje za nastanek srčno-žilnih bolezni in zavira rast tumorjev (Azcona in sod., 2008). Meso s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin je pridobljeno z dodajanjem lanenega semena ali ribjega mesa v prehrano živali. Večja količina dodatkov v živalsko hrano lahko negativno vpliva na senzorično kakovost mesa (Azcona in sod., 2008). Sočasno se lahko spremenijo tudi nekateri drugi parametri kakovosti mesa, kot so izguba sposobnosti za vezanje vode in poslabšanje senzoričnih lastnosti (Morrisey in sod., 1998). Poglavitni vzrok za poslabšanje kakovosti mesa je oksidacija lipidov, ki je v mesu s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin še bolj obsežna, hkrati pa lahko vodi tudi do nastanka škodljivih snovi (Ghiretti in sod., 1997).

Morrisey in sod. (1998) ter Betti in sod. (2009a) v svojih raziskavah ugotavljajo, da obogatitev prehrane brojlerjev z lanenim semenom vodi v večjo stopnjo oksidacije lipidov v mesu teh piščancev. Posledično oksidacija lipidov vpliva negativno tudi na holesterol, saj nastajajo oksidi holesterola, ki v človeškem organizmu delujejo citotoksično, mutageno, karcinogeno in aterogeno (Guardiola in sod., 1996; Thurner in sod., 2007; Boselli in sod., 2009). Procesi predelave kot so mletje, toplotna obdelava in skladiščenje mesa, v mesnem tkivu poškodujejo celične membrane in tako olajšajo dostop prooksidantov iz citosola do do nenasičenih maščobnih kislin, kar še dodatno pospeši oksidacijo lipidov in holesterola (Boselli in sod., 2005; Flaczyk in sod., 2006; Honikel, 2009).

Conchillo in sod. (2005) in McMillin (2008) pišejo, da se za podaljšanje obstojnosti živil v vedno večji meri uporablja pakiranje v vakuum in različne modificirane atmosfere (različne kombinacije O₂, CO₂ in N₂). Jiménez in sod. (1997) so ugotovili, da pakiranje presnih piščančjih prsi v modificirano atmosfero (70 % CO₂ in 30 % N₂) podaljša njihovo obstojnost. Ob tem pa Feroli in sod. (2008) trdijo, da pakiranje presnega govejega mesa v modificirano atmosfero z veliko kisika vodi v večjo stopnjo oksidacije holesterola med petnajstdnevnim skladiščenjem v hladilniku.

1.1 NAMEN NALOGE

Namen naloge je bil ugotoviti, kateri način pakiranja perutninskih pleskavic s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin je boljša izbira za preprečitev oziroma zmanjšanje oksidativnih sprememb.

1.2 DELOVNE HIPOTEZE

V pleskavicah z večjo vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin se bo izboljšalo razmerje *n*-6/*n*-3.

V pleskavicah s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin bo prišlo do višje stopnje oksidacije maščobnih kislin in holesterola kot v običajnih pleskavicah.

Različna sestava modificirane atmosfere v embalažnih enotah bo vplivala na spremembe kemijskih in senzoričnih parametrov kakovosti perutninskih pleskavic.

Pakiranje v atmosfero z veliko koncentracijo kisika bo zagotovilo optimalno barvo, pakiranje v majhne koncentracije kisika pa bo zmanjšalo oksidacijo lipidov in holesterola.

2 PREGLED OBJAV

2.1 EMBALAŽNI MATERIALI

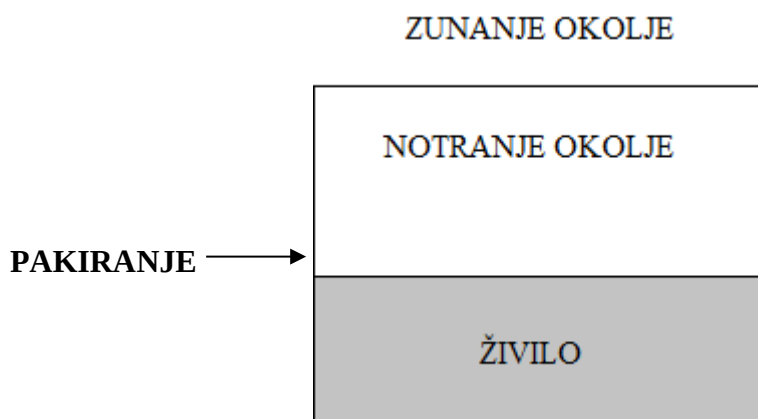
Pakiranje živil zmanjša nastajanje bioloških in kemijskih sprememb ter omogoča večjo mikrobiološko varnost (Panagiotis in Nychas, 2002). Restuccia in sod. (2010) ter Sabapathi in Bawa (2010) pišejo, da je primarna funkcija pakiranja preprečevanje kvara, podaljšanje obstojnosti, ohranjanje kakovosti in zagotavljanje varnosti živil.

Lee in sod. (2008) pišejo, da pakiranje hrane vključuje različne znanosti. Ena izmed teh je znanost o materialih, saj moramo s pravilnimi materiali zagotavljati mehansko trdnost, zaščito, izgled ter druge fizikalne in kemijske lastnosti materialov, v katere pakiramo živila. Prav tako je za učinkovito aplikacijo pakiranja potrebno poznavanje živil – tu se predvsem upošteva lastnosti živil, ki vplivajo na obstojnost izdelkov. To so na primer mikrobnost, oksidacija maščob in zmanjšanje ali povečanje vlage v živilih. Pri pakiranju živil ne smemo pozabiti tudi na informacijsko znanost. Napredki v tehnologiji zelo hitro spreminjajo naš način življenja, kar prinaša tudi večje zahteve potrošnikov glede informiranosti o pakiranem izdelku.

Namen pakiranja hrane lahko razdelimo na tri bistvene funkcije (Lee in sod., 2008):

- **Zaščita;** živilo je potrebno zaščititi pred mehanskimi poškodbami, neželenimi fizikalno-kemijskimi spremembami in mikrobnim kvarom. Če živilo ni ustrezno zaščiteno, lahko pride do izgube hranil, poslabšanja kakovosti ter potencialnega tveganja zaužitja tega živila. Različni notranji dejavniki v živilu pogosto zmanjšujejo učinkovitost pakiranja.
- **Uporabnost;** pri pakiranju živil ne smemo pozabiti na potrošnike. Ravno zaradi tega mora biti pakirana hrana prilagojena načinu življenja potrošnikov. Primer uporabnosti je enostavno odpiranje, možnost pogrevanja pakiranega živila v mikrovalovnih pečicah, pa tudi učinkovito ponovno zapiranje.
- **Sporazumevanje;** embalažna enota komunicira s potrošniki preko deklaracij, raznih zapisov na etiketah, logotipa blagovne znamke ali izdelka – ravno zaradi tega je funkcija sporazumevanja pomembna za ustvarjanje in prepoznavanje izdelka ter vplivanje na potrošnika oziroma njegove nakupne navade. Poleg tega nam boljše sporazumevanje oziroma posredovanje informacij omogoča že prej omenjeno inteligentno pakiranje, ki omogoča kupcu ozaveščenost o kakovosti in varnosti pakiranega živila.

Pakiranje hrane je torej sistem, ki vključuje določene fizikalne komponente in operacije (Lee in sod., 2008). Za izbiro pravilnega načina pakiranja je zelo pomembno razumevanje in poznavanje medsebojnih vplivov vseh komponent v pakiranem živilu; te komponente so živilo, notranje okolje, pakiranje in zunanje okolje. Največji vpliv na obstojnost imajo, kot pišejo Lee in sod. (2008), interakcije med živilom in notranjim okoljem. Vplivi embalažnega materiala na živilo so lahko zaželeni ali pa ne (Restuccia in sod., 2010). Dobrodošel je na primer material, ki vsebuje lovilce kisika in s tem veže nase preostali kisik v embalažni enoti, ali pa recimo različni protimikrobni filmi, ki inhibirajo rast mikroorganizmov na površini pakiranega živila. V primeru prehajanja različnih komponent materiala v hrano pa lahko interakcija med materialom in živilom predstavlja problem. Take migracije so seveda lahko nevarne.



Slika 1: Komponente pakiranega živila

2.1.1 Polimerni materiali za pakiranje živil

Uporaba polimernih materialov za pakiranje hrane vedno bolj narašča. V uporabi so predvsem polimeri, ki so cenovno dostopni proizvajalcev in zagotavljajo učinkovito zaščito živil (Lee in sod., 2008).

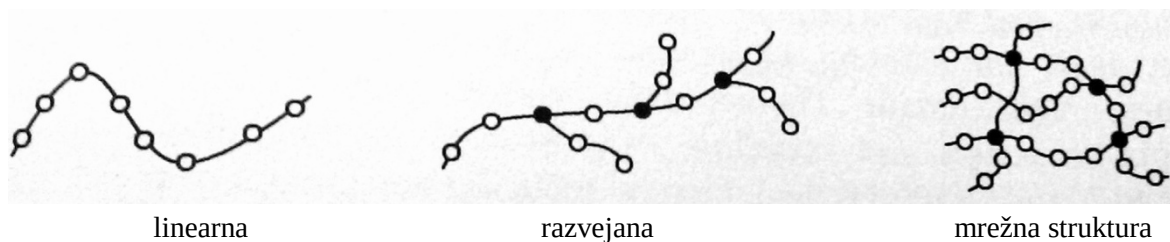
Polimeri so makromolekule, sestavljene iz ponavljajočih se enot, poznanih kot monomere. Glavna gradnika polimernih materialov sta ogljik in vodik, poleg njiju pa lahko različni polimeri vsebujejo tudi kisik, klor, dušik ter druge atome.

Vujković in sod. (2007) delijo polimere glede na njihovo obnašanje pri visokih temperaturah na:

- **Plastomere (termoplasti)** – ob visokih temperaturah se plastomerom zmanjša trdnost, se omehčajo, kar omogoča lažje oblikovanje. Ob hlajenju se trdnost poveča in tako obdržijo obliko, ki so jo dobili ob segrevanju (Brandsch in Piringer, 2000). Vujković in sod. (2007) dodajajo, da je prehod iz čvrste v mehko obliko plastomer reverzibilen.

- **Duromere** – termoreaktivni polimeri, ki se pri visokih temperaturah ne mehčajo (Vujković in sod., 2007).
- **Elastomere** – pri sobni temperaturi so raztegljivi.

Osnovna oblika polimerne molekule je lahko linearna (zelo malo stranskih verig), tak je na primer polietilen visoke gostote (HDPE), razvejana (na glavno verigo so pripete dolge ali kratke stranske verige, primer je polietilen nizke gostote – LDPE) ali pa ima polimer zamreženo strukturo, kar omogoča večjo trdnost in odpornost polimera na visoke temperature in kemikalije.

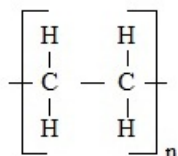


Slika 2: Osnovne oblike molekul polimerov (Lee in sod., 2008: 143)

Večina polimerov, ki se uporabljajo pri pakiranju živil, spadajo v tako imenovano skupino termoplasti (Lee in sod., 2008). Značilnost termoplastov je, da osnovna oblika polimera nima zamrežene strukture. Omogočajo enostavno oblikovanje s pomočjo toplote in pritiska v različne oblike ter večkratno segrevanje in ohlajanje z zelo majhno izgubo bistvenih lastnosti, kar je učinkovito tudi z vidika recikliranja teh materialov. Bistvene lastnosti pakirnih polimernih materialov, ki so pomembne v živilski tehnologiji so: nizka gostota, mehanske lastnosti, zaščita pred vlago in plini, odpornost na maziva in olja, transparentnost, dobro varjenje in temperatura uporabe (McMillin, 2008).

2.1.1.1 Polietilen

Polietilen (PE) je najbolj razširjen polimer v tehnologiji pakiranja živil, predvsem zaradi nizke cene, enostavne uporabe in dobrih mehanskih lastnosti (Lee in sod., 2008). Polietilen, ki ima najenostavnejšo kemijsko strukturo med vsemi polimeri, lahko klasificiramo na HDPE, LDPE in LLDPE (linearni polietilen nizke gostote). Med seboj se ti materiali razlikujejo v gostoti in razvejenosti.

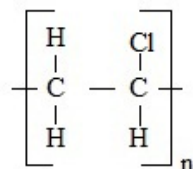


Slika 3: Strukturna formula monomera polietilena

LDPE je homopolimer z veliko stranskimi verigami, ki se uporablja predvsem za pakiranje presnih živilskih izdelkov, pa tudi kot adheziv v večplastnih materialih. LDPE je mehek, upogljiv in raztegljiv polimer, ki omogoča varjenje. V nasprotju z LDPE ima HDPE malo stranskih verig, kar povzroča opalescenca oziroma slabšo transparentnost materiala in višjo kristaliničnost (Vujković in sod., 2007). HDPE ima večjo natezno trdnost in čvrstost ter večjo odpornost na kemikalije kot LDPE.

2.1.1.2 Polivinilklorid

Polivinilklorid (PVC) je eden izmed raztegljivih polimernih materialov, ki se uporabljajo za pakiranje svežih mesnih izdelkov. Velikokrat se v PVC dodajajo tudi nizko hlapne organske tekočine, ki pripomorejo k boljšim lastnostim materiala, tudi k raztegljivosti (Lee in sod., 2008). Ob teh dodatkih pa nikakor ne smemo pozabiti na varnost, saj obstaja možnost migracije v živila.



Slika 4: Strukturna formula polivinilklorida

2.1.2 Prepustnost embalažnih materialov za pline in paro

Prehajanje plinov ali vodne pare skozi embalažni material ima lahko zelo velik vpliv na ohranjanje kakovosti pakiranega živila (Lee in sod., 2008). Vdor kisika povzroča oksidacijo maščob v mesu in mesnih izdelkih, kar povzroči nastanek tujih vonjev, spremembo barve in izgubo hranil. Seveda pa je v nekaterih primerih modificirane atmosfere transport plinov in vodne pare preko embalaže zaželeno.

Prepustnost za pline je definirana kot volumen plina, ki v 24 urah pri definirani temperaturi in pritisku preide preko 1m² embalažnega materiala (Navodnik, 1995; Lee in sod., 2008).

Omeniti velja, da so vsi polimerni materiali prepustni za pline in vodno paro, vendar so med prepustnostmi materialov zelo velike razlike. Poleg opaznih razlik v prepustnosti med materiali lahko v preglednici 1 opazimo tudi, da so vsi materiali bolj prepustni za CO₂ kot O₂.

Preglednica 1: Prepustnost različnih embalažnih materialov za pline in vodne pare (Delventhal, 1991)

Embalažni materiali	N ₂ (cm ³ μm m ⁻² dan ⁻¹ bar ⁻¹)	O ₂ (cm ³ μm m ⁻² dan ⁻¹ bar ⁻¹)	CO ₂ (cm ³ μm m ⁻² dan ⁻¹ bar ⁻¹)	H ₂ O (g μm m ⁻² dan ⁻¹)
LDPE	70 000	200 000	1 000 000	100
HDPE	20 000	75 000	300 000	40
Pc	11 000	67 000	430 000	1 500
PP	16 000	75 000	250 000	70
OPP	9 000	36 000	130 000	25
OPET	-	1 800	-	550
PA6	250	900	5 000	900
OPA6	90	450	2 400	600
PVDC (lak.)	6	20	100	8
PVDC (koeks.)	10	4	-	-
EVOH	<1	4	-	-
OPVOH	<<1	<1	1,5	150

Pc – polikarbonat; PP – polipropilen; OPP – orientirani polipropilen; OPET – orientirani polietilen teraftalat; PA6 – poliamid 6 (najlon); OPA6 – orientirani poliamid 6; PVDC – poliviniliden klorid; lak. – lakiran; koeks. – koekstrudiran; EVOH – etilen vinil alkohol; OPVOH – orientirani polivinil alkohol

Embalažni materiali, ki imajo izboljšane lastnosti, so navadno sestavljeni iz več polimerov. Vsak polimer pripomore k želenim lastnostim, pa naj bo to trdnost, transparentnost ali pa sprememba prepustnosti plinov (Sandhya, 2010). Če želimo embalažnemu materialu zagotoviti popolno neprepustnost za pline, lahko v sestavljene materiale vključimo še sloj aluminija (Lee, 2010).

2.1.3 Sestavljeni embalažni materiali

Razvoj na področju pakiranja živil poteka v smeri embalažnih materialov, ki pri zmanjšani debelini oziroma masi omogočajo enake ali boljše mehanske ter barijerne lastnosti (Požrl, 2012). Lee (2010) v svojem članku piše, da moramo za zagotovitev kakovosti pakiranega mesa nadzorovati razumeti prepustnost embalažnega materiala za pline. Leskovar Mesarič in Škafar (2008) ter McMillin (2008) pravijo, da lahko prav s kombiniranjem polimernih materialov s postopki mešanja, laminiranja, dodajanja kovin (metaliziranja) ali nanašanja prevlek zmanjšamo stopnjo prepustnosti oziroma prehajanja plinov skozi materiale. Sestavljene embalažne materiale imenujemo tudi laminati (Sandhya, 2010). Prednost sestavljenih embalažnih materialov je, da za doseganje boljših učinkov zaradi kombinacije materialov uporabimo manj materiala – sestavljeni materiali so namreč močnejši in manj togi, manj prepustni za vodne hlape, pline, svetlobo, ob tem pa so veliko tanjši (Leskovar Mesarič in Škafar, 2008).

Sestavljeni embalažni materiali so torej iz več plasti. Zunanja plast, ki je v stiku z zunanjim okoljem, je najpogostejše iz PE, poliamida ali polipropilena – ti materiali dajejo močno, trdno strukturo. Vmesna plast je zelo tanka (približno 30 nm) – to sloj aluminija, ki

zagotavlja sestavljenemu materialu neprepustnost za pline (Ortega-Eivas, 2012) in svetlobo. Z uporabo aluminija je onemogočena uporaba v mikrovalovnih pečicah. Shiner (2009) kot najpogosteje uporabljan notranji sloj navaja LDPE, ki s svojimi lastnostmi omogoča dobro zapiranje/varjenje embalažne enote. Za povečanje neprepustnosti sestavljenega materiala se lahko uporabljajo oziroma dodajajo še dodatni sloji, pa tudi različna lepila, ki bolj povežejo plasti med seboj.

McMillin (2008) navaja, da se pogosto v sestavljene materiale dodajajo še sredstva za preprečevanje rošenja. Na različne načine se jih lahko vključi v polimerne materiale, ti pa z zmanjšanjem površinske napetosti vode, ki se kondenzira na notranji strani embalažnega materiala, preprečujejo rošenje. Do kondenzacije vode pride zaradi različne temperature na notranji strani embalažnega materiala in okolice. Kot primere teh sredstev McMillin (2008) navaja estre glicerola, estre poliglicerola, estre sorbitana in druge.

Sestavljeni materiali imajo poleg vseh pozitivnih lastnosti tudi nekaj negativnih; Lee (2010) piše, da so pomanjkljivosti visoka cena, motnost in mehanska odpornost. Ob vsem tem pa ne smemo pozabiti na nekoliko bolj zahtevno in dražje recikliranje sestavljenih embalažnih materialov, še poudarja Lee (2010).

Uporaba neprepustnih sestavljenih embalažnih materialov je še posebej primerna za pakiranja mesa v modificirano atmosfero (MAP) – pri tem namreč točno določimo sestavo plinov v embalažni enoti in z uporabo neprepustnih materialov lahko le to tudi vzdržujemo. Lee (2010) v svojem članku navaja, da se v mesni industriji pri pakiranju MAP največkrat uporabljajo sestavljeni materiali s prepustnostjo za O₂ pod 100 cm³/m²/24h/atm (pri 23 °C in 0 % RV).

Iz raziskave, ki sta jo izvedla Gill in Molin (1991), cit. po Lee (2010), je razviden učinek uporabe neprepustnih embalažnih materialov – obstojnost mesa, pakiranega v MAP se je povečala za 10–15 % ob uporabi sestavljenih embalažnih materialov z majhno prepustnostjo za kisik. Opazimo lahko, da so prepustnosti za O₂ sestavljenih embalažnih materialov seveda različne, odvisne pa so predvsem od kombinacije materialov in drugih dejavnikov.

2.2 TEHNIKE PAKIRANJA

2.2.1 Modificirana atmosfera

Pakiranje v modificirano atmosfero (MAP) je tehnika, ki se uporablja za podaljšanje obstojnosti presnih ali minimalno predelanih živil (Kizilirmak Esmer in sod., 2011). S tem namenom se zrak, ki obdaja živilo v embalažni enoti, zamenja z drugačno sestavo plinov (Sandhya, 2010; Ortega-Eivas, 2012). Tudi Lee in sod. (2008) ter Zakrys-Waliwander in sod. (2012) pišejo o modificirani atmosferi kot učinkoviti moderni tehniki pakiranja, ki očitno podaljšuje obstojnost in ohranja kakovost večine pakiranih živil. Sestava plinov v atmosferi je seveda odvisna od živila, ki ga pakiramo, embalažnega materiala in temperature skladiščenja (Sandhya, 2010). Floros in Matsos (2005) pišeta, da mora uporaba modificirane atmosfere temeljiti na treh principih:

- zmanjšanje nezaželenih fizioloških, kemijskih/biokemijskih in mehanskih sprememb živila,
- nadzor mikrobne rasti (s prisotnostjo CO₂) in
- preprečevanje naknadne kontaminacije pakiranega živila.

Kot eno od oblik pakiranja v modificirano atmosfero McMillin (2008) omenja tudi vakuumsko pakiranje, pri katerem odstranimo večino zraka preden živilo zapremo v embalažne materiale.

Sprememba začetne sestave atmosfere pri MAP je lahko aktivna (z začetno zamenjavo normalne atmosfere z izbrano sestavo plinov) ali pasivna (mogoče predvsem pri pakiranju sadja in zelenjave – porabljajo kisik in sproščajo CO₂ – tako se ustvari določena modificirana atmosfera v embalažni enoti).

Mešanica plinov, ki jo uporabljamo za spreminjanje atmosfere, je navadno sestavljena iz dušika, kisika in ogljikovega dioksida, vendar se lahko uporabljajo tudi drugi plini. Lee in sod. (2008) pišejo, da so v Evropi dovoljeni tudi argon, dušikov oksid, helij, redko pa tudi ogljikov monoksid in vodik. Vloga in pomembnost vsakega plina v MAP je povezana z lastnostmi tega plina (Floros in Matsos, 2005).

Zamenjavo zraka s plinsko mešanico (modificirano atmosfero) izvajajo s prepihanjem embalažne enote, čemur sledi vpihovanje zelene mešanice plinov. To menjavo oziroma izpihovanje navadne atmosfere imenujemo tudi »gas flushing« (Sabapathi in Bawa, 2010). MAP lahko v embalažni enoti vzpostavimo tudi tako, da najprej vakuumiramo in nato preprihemo z mešanico plinov in zavarimo, še dodajata Sabapathi in Bawa (2010).

Lee in sod. (2008) priporočajo za perutninsko meso naslednjo sestavo plinov v modificirani atmosferi: 0 % O₂, 20–50 % CO₂ in 50–80 % N₂ ob skladiščenju pri 0–2 °C.

2.2.1.1 Kisik

Za ohranjanje kakovosti večine živil kisik (O_2) ni najbolj zaželen plin v modificirani atmosferi in je zato velikokrat zastopan v manjših koncentracijah. Kisik namreč velikokrat negativno vpliva na maščobe, barvo in aromo živil. Prav tako pa omogoča rast različnim aerobnim kvarljivcem – bakterijam, kvasovkam in plesnim (Sandhya, 2010). V nasprotju s tem pa je O_2 v nekaterih načinih pakiranja kosov mesa potreben za nastajanje in ohranjanje oksimioglobina (MbO_2), ki se kaže kot svetla, rdeča barva mesa. Le to pa potrošniki cenijo, saj meso take barve predstavlja kakovosten in svež izdelek (Lee in sod., 2008). V primeru pakiranja perutnine v MAP prisotnost O_2 ni potrebna – Floros in Matsos (2005) celo pišeta, da je lahko včasih prisotnost kisika bolj škodljiva kot koristna, saj lahko, na primeru puranjega mesa, povzroča nastanek tujih arom. Ugotovljeno je bilo, da velika vsebnost kisika v MAP zavira mikrobno rast (Lee in sod., 2008). A vendar pakiranje mesa v atmosfero z veliko koncentracijo kisika povzroči povečanje oksidacije maščob in beljakovin v mesu, kar vpliva na funkcionalno, senzorično in prehransko vrednosti in kakovost mesa, pišejo Zakrys-Waliwander in sod. (2012).

2.2.1.2 Ogljikov dioksid

Ogljikov dioksid (CO_2) se zelo dobro raztaplja v maščobno bogatih živilih, poleg tega pa deluje protimikrobno na aerobne, Gram negativne bakterije, pa tudi na plesni in nekatere kvasovke (Lee in sod., 2008). Protimikroben učinek je posledica podaljševanja lag faze mikrobne rasti ter upočasnitve eksponentne faze rasti (Arvanitoyannis in Stratakos, 2012). McMillin (2008) poudarja, da delež CO_2 v MAP manjši kot 15 %, mikrobne rasti ne inhibira povsem. Ker so bakterije *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* in *Clostridium perfringens* najpogostejši patogeni perutninskega mesa, za podaljšanje obstojnosti uporabljajo v MAP predvsem večjo koncentracijo ogljikovega dioksida, ki zelo dobro zavira rast teh patogenov (Sabapathi in Bawa, 2010).

Ne smemo pa pozabiti, da pride zaradi anaerobnih pogojev, ki jih ogljikov dioksid povzroča, do rasti mlečnokislinskih bakterij (MKB) (Kizilirmak Esmer in sod., 2011). Aktivnost MKB vodi v nastanek kislih tujih vonjev in okusov ter diskoloracij (Arvanitoyannis in Stratakos, 2012). Prav tako je ogljikov dioksid zelo dobro topen v živilih, ki vsebujejo veliko vode. Sandhya (2010) piše, da lahko zelo velika vsebnost CO_2 v embalažni enoti zaradi raztapljanja v živilu povzroči deformacijo embalažne enote (t.i. »pack collapse«). Zaradi CO_2 , raztopljenega v živilu, pride tudi do zmanjšanja vrednosti pH živila (nastaja H_2CO_3), nastanka diskoloracij na površini in spremembe okusa. Ta problem se pojavlja predvsem pri pakiranju presnega mesa. Zato je še kako pomembno določiti za vsak izdelek, ki ga pakiramo pravilno razmerje volumna med izdelkom in atmosfero. McMillin (2008) trdi, da naj bi deformacijo embalažne enote preprečili z

razmerjem izdelek:atmosfera = 1:3, ali pa vsaj 1:2. Razmerje je seveda odvisno od sestave plinov v MAP in deležev teh plinov.

Kot problematiko uporabe atmosfere z veliko koncentracijo CO₂ v MAP Arvanitoyannis in Stratakos (2012) ugotavljata povzročanje diskoloracij mesa oziroma obsežno oblikovanje metmioglobina. A ravno zaradi tega je uporaba velike količine CO₂ pri pakiranju perutninskega mesa mogoča, saj le to vsebuje manj pigmenta, t.j. mioglobina in so zato te barvne spremembe veliko manj opazne in moteče.

2.2.1.3 Dušik

Kot inerten plin ima dušik (N₂) zelo malo protimikrobnega učinka. Ker pa z njim največkrat nadomeščamo in izpodrivamo kisik iz MAP, privede dušik posledično do preprečevanja oksidativnih kemijskih in fizioloških reakcij, kar izboljšuje kakovost (Lee in sod., 2008; Sabapathi in Bawa, 2010). Zaradi slabe topnosti lahko N₂ uporabimo tudi za preprečevanje deformacij embalažnih enot, seveda v primeru, ko uporabljamo hkrati tudi CO₂ (Floros in Matsos, 2005; Sabapathi in Bawa, 2010; Sandhya, 2010).

2.2.2 Aktivno pakiranje

Aktivno pakiranje (AP) je tehnika pakiranja, kjer z vključevanjem specifičnih komponent v embalažne enote aktivno spreminjamo stanje pakiranega živila in omogočimo ohranjanje kakovosti in podaljšanje obstojnosti izdelka (Skandamis in Nychas, 2002; Lee in sod., 2008; Arvanitoyannis in Stratakos, 2012).

Aktivni materiali in izdelki so zasnovani tako, da namenoma vsebujejo sestavine, ki v embalažne enote sprostijo določene snovi ali pa jih absorbirajo iz embalažne enote oziroma atmosfere, ki živila obdaja (Uredba komisije (ES) št. 450/2009; Restuccia in sod., 2010). Han in sod. (2005) pišejo, da lahko aktivne snovi, ki tako učinkujejo, razdelimo na lovilce (absorbenti ali scavangerji) in oddajalce (emiterji).

Lovilci iz embalažnih enot odstranjujejo predvsem neželene pline, kot so O₂, CO₂ in tudi vlago, ter pomagajo doseči načrtovano notranje okolje in stanje živila v embalažni enoti. Oddajalci pa v embalažne enote aktivno izpuščajo določene snovi (CO₂, etanol, snovi s protimikrobnim delovanjem, antioksidante, encime,...) z namenom povečanja zaščite in kakovosti pakiranega živila (Lee in sod., 2008). Coma (2008) omenja, da se v aktivno pakiranje velikokrat vključujejo tudi antimikrobno aktivne snovi.

2.2.2.1 Lovilci kisika

Lovilci O₂ so zelo pomembni za ohranjanje kakovosti mesa, predvsem barve in za zagotavljanje mikrobiološke kakovosti. Lahko jih uporabljamo v obliki majhnih vrečk iz poroznega materiala (Požrl, 2012) ali obližev, ki jih ročno dodamo/prilepimo v notranjost embalažne enote ali pa so lovilci O₂ že vključeni v polimerne materiale. Busolo in Lagaron (2012) pišeta, da lahko lovilci kisika nase vežejo zelo velike količine O₂, tistega, ki je zaostal še v embalažnih enotah, ali pa tudi tistega, ki prehaja skozi embalažni material. Lee (2010) opozarja, da ne smemo pozabiti, da je končna koncentracija O₂ v mesu in atmosferi v embalažni enoti odvisna od števila mikroorganizmov, stopnje encimskih reakcij, prepustnosti embalažnega materiala ter strukture mesa po pakiranju.

Najbolj učinkoviti lovilci kisika v posebnih vrečkah so lovilci, izdelani na osnovi železa (Coma, 2008; Busolo in Lagaron, 2012). V vrečkah, ki so prepustne za O₂, je lahko samo železo v prahu, ali pa so dodani še katalizatorji reakcije. Splošna reakcija, ki nastane med kisikom in železom je opisana v enačbi 1.



Iz enačbe 1 je razvidno, da je pri reakciji potrebna voda. Vodo največkrat prispeva živilo samo, lahko pa jo vsebuje lovilec. Lee in sod. (2008) navajajo, da lahko 1 g železa nase veže približno 300 ml O₂. Negativna lastnost lovilcev kisika na osnovi železa je, da jih zazna detektor kovin, ki jo vsebuje marsikatera proizvodna linija, poleg tega pa onemogočajo pogrevanje pakiranega živila v mikrovalovni pečici. Zaradi potencialne nevarnosti zaužitja vrečk z lovilci kisika, Busolo in Lagaron (2012) kot izboljšavo omenjata vključevanje lovilcev kisika že v embalažne materiale.

Demšar in sod. (2012) omenjajo, da na evropskem tržišču že lahko dobimo izdelke z dodanimi lovilci kisika. Iz rezultatov raziskave Demšar in sod. (2012) je razvidno, da lovilci uspešno preprečujejo oksidacijo oziroma površinske diskoloracije mesnih izdelkov.

Seveda pa obstajajo tudi lovilci kisika, ki ne vsebujejo železa. Ti temeljijo predvsem na organskih spojinah, kot so askorbinska kislina (Požrl, 2012), katehol in večkrat nenasičene maščobne kisline (VNMK).

2.2.3 Pakiranje v raztegljivo folijo

Ta način pakiranja se uporablja predvsem za skupno zavijanje več pakiranih izdelkov, navadno so le ti zloženi na paletah. Prav tako pa se lahko v raztegljivo embalažo ovija posamezne izdelke za povečano zaščito. Nekatere naprave lahko tak material raztegnejo tudi na 250 % primarne velikosti (Lee in sod., 2008).

Tako pakiranje temelji na lastnosti, da se folija pri raztezanju ne pretrga in se dobro oprime izdelka, živila. Meso je navadno položeno v trdno podlago (pladenj). Polimerni materiali iz PVC-ja, se lahko raztegnejo za približno 20 %. Material poleg tega omogoča, da se dobro sprijema sam s seboj. Ker je PVC prepusten za zrak, s tem omogočimo mesu oblikovanje lepe rdeče barve, t.j. oksigenacijo mioglobina, še preden pride na trgovske police (McMillin, 2008). Barva mletega mesa, pakiranega v raztegljivo embalažo je vsekakor lepe, rdeče barve, je pa obstojno le 2-3 dni pri 4 °C. Lee in sod. (2008) pišejo, da se pakiranje živil v raztegljivo embalažo najbolj uporablja za predpakiranje svežega mesa.

2.3 LIPIDI IN MAŠČOBNE KISLINE

Številni lipidi so sestavljeni iz manjše polarne glave in dolgega nepolarnega repa; zaradi take strukture so topni v organskih topilih, v vodi pa ne (Kauffman, 2012). Splošno znano je, da lipidi sestavljajo različne biološke celične membrane (Boyer, 2005). Lipide lahko delimo na (Boyer, 2005):

- maščobne kisline (v celicah so večinoma vezane v triacilglicerole)
- triacilgliceroli (so nepolarni lipidi, sestavljeni iz osnovne molekule glicerola, na katero so z estrsko vezjo vezane maščobne kisline)
- polarni lipidi (glicerofosfolipidi, sfingolipidi)
- steroidi (imajo značilen sistem kondenziranih obročev - holesterol)
- terpeni (spojine, nastale iz izoprena – skvalen)
- eikozanoidi (podobno kot hormoni delujejo lokalno, v celicah so v majhnih koncentracijah)
- vitamini, topni v lipidih (A,D,E in K)

Glavni gradniki maščob in olj so torej maščobne kisline (Belitz in sod., 2009). Vsaka MK je sestavljena iz alifatske verige ogljikovih atomov, ki pa je lahko različno dolga (McClements in Decker, 2008) in polarne karboksilne skupine (-COOH) (Boyer, 2005).

Večina MK, ki jih najdemo v naravi, vsebuje od 12 do 24 ogljikovih atomov (Boyer, 2005). Na drugem koncu verige MK pa je metilna skupina (CH₃) – metilni konec, ki se imenuje omega konec. V mesu najdemo največ maščobnih kislin z 16 in 18 C atomi. Poleg dolžine alkilne verige je v MK pomembno tudi število dvojnih vezi in njihova pozicija v verigi. Pravimo, da so MK, ki vsebujejo več kot eno dvojno vez, večkrat nenasičene maščobne kisline (VNMK). Vsaka dvojna vez ima lahko *cis* ali *trans* konfiguracijo. Boyer (2005) piše, da so v naravnih MK dvojne vezi skoraj vedno v *cis* konfiguraciji. Seveda pa obstajajo tudi MK, ki imajo samo enojne vezi – to so nasičene maščobne kisline. Poudariti moramo, da se MK v celicah ne nahajajo proste, ampak so vedno zaestrene na glicerol; najpogostejše kot triacilgliceroli (TAG).

Navadno se MK zapisuje v okrajšavah, na primer C18:1 za oleinsko kislino. C18 nam pove število ogljikovih atomov v verigi, :1 pa označuje število dvojnih vezi, v tem primeru je oleinska kislina enkrat nenasičena. Belitz in sod. (2009) pišejo, da se za vse dvojne vezi v MK predpostavlja *cis* konfiguracija, ob prisotnosti *trans* dvojnih vezi, pa se temu okrajšanemu zapisu doda še *t*.

Najpogostejše MK, ki se pojavljajo v živilih so palmitinska, stearinska, linolenska in α -linolenska kislina, navajajo Blitz in sod. (2009), kar lahko potrdimo tudi z vsebnostmi MK v toplotno obdelanih piščančjih pleskavicah v preglednici 2.

Preglednica 2: Vsebnost nekaterih MK v toplotno obdelanih piščančjih pleskavicah (Gibbs in sod., 2013: 1753)

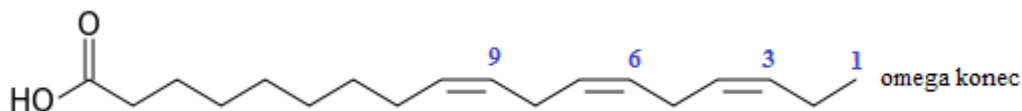
Vsebnost MK (mg/100 g pleskavice)				
C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:1t
3472	242	655	3376	140
C18:2 LA	C18:3 ALA	C20:2	C20:4	C22:6
4305	159	1,2	39	2,21

Iz preglednice 2 je razvidno, da je v piščančjih pleskavicah največ palmitinske (C16:0) oleinske (C18:1) ter linolenske kisline (C18:2). Poudariti velja, da je delež maščob v teh pleskavicah 13,6 % (Gibbs in sod., 2013). V drugi vrstici preglednice so NMK in enkrat nenasičene MK, v četrti pa VNMK. Del VNMK predstavljajo tudi omega 3 maščobne kisline (*n*-3 MK) (α -linolenska, ALA, C18:3 in dokozaheksanojska kislina, DHA, C22:6), ki pa se vedno bolj dodajajo v krmo perutnine, pri čemer pride do povečane vsebnosti teh maščobnih kislin v mesu, izboljšanja funkcionalnosti mesa oz. mesnega izdelka ter do ugodnega razmerja med *n*-3 in *n*-6 maščobnimi kislinami. Vidimo tudi, da pleskavice vsebujejo več nenasičenih kot nasičenih MK, ki imajo na človekovo zdravje negativen vpliv.

2.3.1 *n*-3 MK

n-3 maščobne kisline so tiste VNMK, kjer je prva nenasičena (dvojna) vez med tretjim in četrtnim C atomom, seveda šteto iz omega konca MK (metilna skupina). Pisnik (2012) poudarja, da dolžina alifatske verige ter število in pozicija dvojnih vezi določajo lastnosti različnih MK. Ena izmed najpomembnejših *n*-3 MK je α -linolenska kislina (ALA; C18:3*cis*-9,12,15), saj je esencialna, kar pomeni, da je človeški organizem ne more sam sintetizirati. ALA se pojavlja v rastlinskih oljih, še posebej veliko jo vsebuje laneno olje, pa tudi repično in sojino (Pisnik, 2012). Med *n*-3 maščobne kisline spadajo še eikozapentaenojska (EPA; C20:5*cis*-5,8,11,14,17), dokozaheksanojska (DPA; C22:5*cis*-7,10,13,16,19) in dokozaheksanojska kislina (DHA; C22:6*cis*-4,7,10,13,16,19).

Za enostavnejše razumevanje načina štetja in določanja pozicije dvojne vezi v MK, je spodaj na sliki 5 razvidno, kje se prične omega konec. Ker se torej prva dvojna vez nahaja med C-3 in C-4, je ta maščobna kislina *n*-3.



Slika 5: Pozicija prve dvojne vezi pri ALA

Večja vsebnost *n*-3 MK pripomore k večji funkcionalnosti mesa. Te maščobne kisline namreč ugodno vplivajo na preprečevanje bolezni srca in ožilja. Pomembno pa je zagotoviti ustrezno razmerje med *n*-6 in *n*-3 maščobnimi kislinami; to naj bi bilo 5:1 ali manjše, piše Simopoulos, 2004. MK sestavo mesa najpogosteje spreminjamo z dodajanjem *n*-3 MK v prehrano živali. Tako lahko prehrano obogatimo z viri *n*-3 MK; to je na primer laneno seme, oljna repica, ribja moka, ribje olje, pa tudi alge. Seveda pa lahko *n*-3 MK dodajamo tudi v mesne izdelke, recimo v obliki kapsul, vendar se tu soočamo z večjimi problemi. Eden izmed takih je, da se med toplotno obdelavo mesa del tako dodanih *n*-3 MK izgubi oziroma izcedi. V naši raziskavi smo uporabili perutninsko meso, obogateno z *n*-3 MK preko krme.

2.3.2 Oksidacija lipidov

Žlender (2000) omenja, da oksidacija mesa in mesnin povzroča negativno spremembo barve, vonja, okusa in teksture ter pojav potencialno toksičnih snovi v mesu. Znano je, da je sveže meso veliko manj dovzetno za oksidacijo kot pa razdeto meso (Honikel, 2009). Še pogosteje pride do oksidacije mletega mesa, saj so v tem primeru celične strukture zelo poškodovane in tako bolj dostopne za kisik, pa tudi površina mesa je v tem primeru večja. Med toplotno obdelavo se mišične celice še bolj poškodujejo. Ob toplotni obdelavi nastajajo produkti Maillardove reakcije, ki delujejo antioksidativno in tako preprečijo delovanje kisika na poškodovane mišične celice (Honikel, 2009).

Oksidacija lipidov je eden od primarnih mehanizmov razgradnje živil (Gašperlin in sod., 2011). Owusu-Apenten (2005) definira oksidacijo kot vezavo kisika ali oddajo vodika iz molekule. Oksidativne spremembe in nastanek žarkosti se v perutninskem mesu, ki vsebuje večjo vsebnost VNМК, pojavljajo še hitreje kot v običajnem (Gill in Gill, 2005). Pojav oksidacije je torej večji na tistih delih mesa, kjer je prisotnih več VNМК (Žlender, 1992; Pérez-Alvarez in sod., 2010), vendar pa se lahko oksidirajo tudi NMK (deMan, 1999). Še posebej so oksidaciji lipidov podvržene perutninske pleskavice, ker vsebujejo veliko maščobe (Totosaus-Sánchez, 2010). V splošnem perutninsko meso vsebuje več VNМК kot pa rdeče meso. Zaradi nastanka tujih vonjev, priokusov, diskoloracij pa tudi nesprejemljive teksture oksidacija lipidov negativno vpliva na senzorične lastnosti (Owusu-Apenten, 2005). Prav tako pa pride do poslabšanja prehranske vrednosti, saj se zaradi oksidacije

izgubljajo VNМК, vitamini, topni v lipidih, karotenoidi, pa tudi druge snovi. Oksidativne reakcije lipidov so negativne tudi glede varnosti; tvorijo se namreč različne škodljive spojine, kot so hidroperoksidi, aldehidi, oksidirani holesterol, *trans* МК ter druge.

Aktivacijo kisika sprožijo različni dejavniki. Eden izmed njih je ultravijolična (UV) in vidna svetloba – ta pospeši oksidativne procese tako, da spreminja O₂ v singletno stanje (Honikel, 2009), kar privede do fotooksidacije. Singletni kisik (¹O₂) je zelo reaktivna oblika kisika. ¹O₂ reagira neposredno z dvojno vezjo v МК, kjer poteče adicija kisika (deMan, 1999).

Svetloba pa povzroča tudi avtooksidacijo lipidov. МК, ki vsebujejo dvojne vezi, zaradi svetlobe tvorijo radikale z oddajo vodikovega atoma iz metilne skupine. Preko radikalskih reakcij, ki potekajo v treh stopnjah (inicijacija – začetna, propagacija – razvojna in terminacija – končna faza) nastajajo primarni, sekundarni in terciarni produkti oksidacije (deMan, 1999). V propagaciji nastajajo hidroperoksidi (ROOH), ki so primarni oksidacijski produkti in so nehlapni ter brez vonja in okusa, vendar so običajno nestabilni in razpadejo na sekundarne oksidacijske produkte (aldehide, ketone, alkohole), ki so nosilci neprijetnih žarkih vonjev in okusov. Nosilci žarke arome so karbonili, predvsem pa aldehidi, ki jih senzorično zaznamo že v majhnih koncentracijah (Žlender, 2000). Reakcija avtooksidacije se zaključi, ko se prosti radikali povežejo z drugimi prostimi radikali oziroma kakorkoli tvorijo stabilne spojine (na primer z antioksidanti). Med avtooksidacijo VNМК kot sekundarni produkt nastaja tudi malonaldehid (MA), ki je zelo reaktiven in ostaja v živilu, vezan na različne sestavine hrane (aminokisline, proteine, glikogen in druge) (Ulu, 2004; Owusu-Apenten, 2005).

Poleg svetlobe avtooksidacijo lipidov povzročajo in pospešujejo tudi toplota, ionizirajoče sevanje, kovinski ioni (katalizatorji), pa tudi encimi (lipooksigenaze). Ko oksidacija lipidov poteka pod vplivom encimov, je to encimska oksidacija. Honikel (2009) navaja, da redoks potencial kovinskih ionov, predvsem hemske železo v mioglobinu (Mb), zelo pospeši avtooksidacijo lipidov. Kot prooksidant v bistvu učinkuje disociiran hem ob prisotnosti vodikovega peroksida (Owusu-Apenten, 2005). Poleg tega pa Žlender (2000) dodaja, da lahko tudi oksidacija proteinov pospeši oksidacijo lipidov, zaradi interakcije katalizatorjev (prosti železovi ioni) z membranskimi lipidi.

Oksidacijske spremembe v mesu niso nujno negativne. Honikel (2009) piše, da lahko oksidativne spremembe prispevajo k aromi mesa in mesnih izdelkov. Z oksidacijo NeМК nastajajo številni želeni produkti, kot so ketoni, aldehidi, alkoholi in kisline, ki v majhnih koncentracijah pripomorejo k izboljšanju arome. Ti procesi se zgodijo že med skladiščenjem ohlajenega mesa.

2.3.3 Spreminjanje arome mesa

Po slovenskem standardu (SIST ISO 5492) je aroma celovita kombinacija vonjalnih, okušalnih in trigeminalnih zaznav med okušanjem. Sestavine celokupne arome in vonja mesa izvirajo iz lipidnih in peptidnih komponent (McMillin, 2008). Čeprav na privlačnost nakupa bolj vpliva izgled oziroma barva mesa, je tudi aroma pomembna komponenta mesa.

Oksidacijsko-redukcijski procesi v mesu povzročajo oksidacijo pigmentov, maščobnih kislin, aminokislin in vitaminov. Ob oksidaciji pigmentov nastajajo prosti radikali, ki še nadalje povzročajo oksidacijske reakcije bioloških komponent mesa. Tako McMillin (2008) piše, da je oksidacija lipidov povezana z oksidacijo pigmentov mesa oziroma s spremembo barve mesa. Produkti avtooksidacije maščob so različne hlapne spojine, ki povzročajo nastanek tujih vonjev oziroma arom.

Stopnjo oksidacije lipidov lahko zaznamo in merimo senzorično, poznane pa so tudi različne kemijske metode za določanje oksidacije mesa, med njimi tudi določanje števila tiobarbiturne kisline (TBK). Dejstvo pa je, da ima ravno oksidacija mesa oziroma lipidov v mesu največji vpliv na spremembe arome in pojav tujih vonjev in okusov mesa. Campo in sod. (2006) so ugotovili, da je vrednost št. TBK = 2 maksimalna vrednost, ki še zagotavlja sprejemljivost oksidirane govedine.

Če meso toplotno obdelamo in ga nato skladiščimo pri nižjih temperaturah, ali pa celo zamrznemo, se oksidativni procesi nadaljujejo, koncentracije oksidacijskih produktov povečujejo in ob ponovnem segrevanju teh izdelkov, pride do pojava in zaznave tujih in neprijetnih vonjev, ki jih poznamo kot aromo po pogretem oz. postanem (WOF – Warmed Over Flavour) piše Honikel (2009). Gray in sod. (1996) trdijo, da lahko pride do pojava WOF v vsega 48 urah hladnega skladiščenja toplotno obdelanega mesa. Žlender (1992) pojasnjuje, da lahko na splošno vsak postopek, s katerim porušimo integriteto celičnih membran v mesu, pospeši razvoj WOF, zato so temu pojavu še posebej podvrženi izdelki iz razdetega mesa. Pérez-Alvarez in sod. (2010) trdijo, da pride do nastanka arome po postanem med skladiščenjem zelo pogosto tudi v izdelkih iz perutninskega mesa. Žlender (2000) poudarja, da je pojav WOF pri razsoljenih izdelkih (sol + nitrit/nitrat + askorbat) z malo maščob zelo redek. Nadalje Pérez-Alvarez in sod. (2010) pišejo, da lahko stopnjo oksidacije in razvoj WOF v perutninskih pleskavicah zmanjšamo z dodatkom α -tokoferola med skladiščenjem v zamrzovalniku.

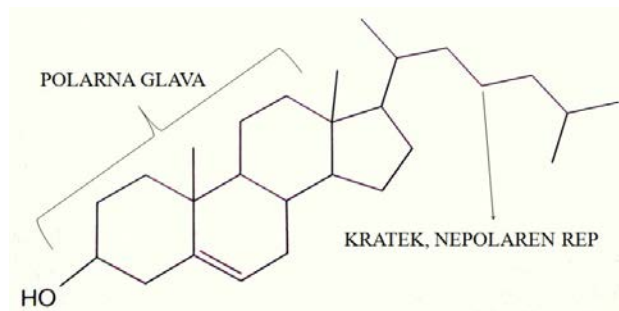
Zavedati pa se moramo, da žarkost in WOF nista enaka pojma. Žlender (2000) ter Pérez-Alvarez in sod. (2010) pišejo, da WOF senzorično zaznamo kot tujo neprijetno aromo po oljnati barvi ali žveplu, ki prekrije svežo aromo toplotno obdelanega mesa. Postopoma pa

med skladiščenjem toplotno obdelanega mesa WOF aromo prekrijejo druge arome, z oksidirano, žarko noto.

Jayasingh in sod. (2002) ugotavljajo, da je v mleti govedini, pakirani v MAP z veliko koncentracijo O₂, več tujih arom in višja stopnja oksidacije, kot pa v mleti govedini v MAP z majhno koncentracijo O₂, ob skladiščenju 6 ali 10 dni. Ta raziskava je še en dokaz, da sta oksidacija in nastanek novih, tujih arom, zelo povezani ter da prisotnost kisika v embalažnih enotah te reakcije le še pospešuje.

2.4 HOLESTEROL IN OKSIDI HOLESTEROLA

Holesterol kemijsko spada med sterole, a ga zaradi svojega lipidnega značaja uvršamo med lipide. Preko alkoholne skupine lahko kolesterol tvori estre z dolgoverižnimi MK. Značilna zgradba holesterola je steroidno ogrodje (tri šestčlenski in en petčlenski obroč) s hidroksilno skupino (omogoča polarnost) ter kratek in nepolaren rep. Holesterol ima v človeškem telesu zelo veliko pomembnih funkcij, saj je sestavni del žolčnih kislin, s svojo prisotnostjo v celičnih membranah določa njihovo permeabilnost in fluidnost, je prekurzor steroidnih hormonov ter je esencialen za rast in razvoj mladih sesalcev (Gašperlin in sod., 2011). Holesterol lahko zaužijemo s hrano ali pa se sintetizira v našem telesu, predvsem v jetrih.



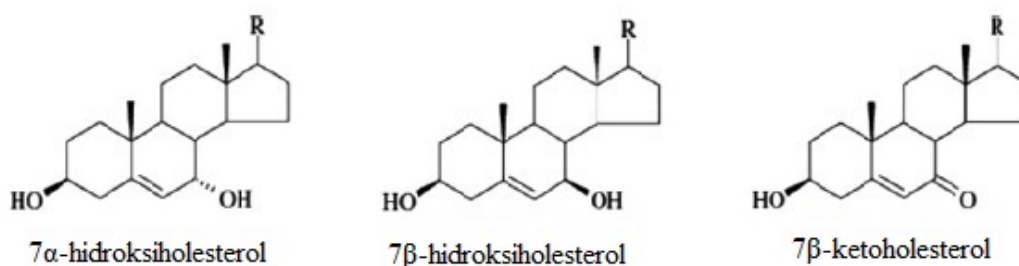
Slika 6: Struktura holesterola (McClements in Decker, 2008: 163)

2.4.1 Oksidi holesterola

Ne samo lipidi, ampak tudi kolesterol se lahko oksidira, nastajajo pa lahko zelo različni produkti, ki jih v splošnem imenujemo oksidi holesterola. Avto-, foto- ali encimsko oksidacijo holesterola omogoča edina dvojna vez, ki jo kolesterol vsebuje. Otaegui-Arrazola in sod. (2010) omenjajo, da lahko encimska oksidacija holesterola poteče tudi na stranski, nepolarni verigi. Oksidacija holesterola poteka podobno kot pri maščobnih kislinah – skozi stopnje radikalnih reakcij (Lercker in Rodriguez-Estrada, 2000), pri katerih nastane več kot 60 različnih produktov (Razzazi-Fazeli in sod., 2000). Na oksidacijo holesterola v živilih vpliva koncentracija holesterola, prisotnost kisika, toplote, vidna in UV svetloba ter aktivnost vode v živilu (Ubhayasakera in sod., 2004). Prisotnost

O₂, višje temperature in svetloba so povzročitelji oksidacije holesterola (Otaegui-Arrazola in sod., 2010; Razzazi-Fazeli in sod., 2000). Belitz in sod. (2009) ter Echarte in sod. (2003) opozarjajo, da se oksidacija holesterola še pospeši ob prisotnosti VNМК v živilu, predvsem linolenske in α -linolenske kisline. Tudi pri oksidaciji holesterola nastajajo hidroperoksidi holesterola, ki pa so nestabilni in dokaj hitro razpadejo na sekundarne produkte oksidacije (Busch in King, 2009). Oksidi holesterola vsebujejo dodatno funkcionalno skupino – hidroksilno, epoksilno ali keto skupino (Boselli in sod., 2009) – s holesteril estrsko oksidacijo namreč nastanejo oksidi holesterola.

Oksidi holesterola naj bi imeli aterogene, citotoksične, mutagene in tudi karcinogene učinke (Turner in sod., 2007; Boselli in sod., 2009). Garcia Regueiro in Maraschiello (1997) pišeta, da so oksidi holesterola posledično povzročitelji ateroskleroze; lipoproteini nizke gostote, glavni prenašalci holesterola po našem krvnem obtoku, se namreč zaradi oksidacije holesterola tudi sami spremenijo, oksidirajo, kar še pospeši nastanek ateroskleroze. Najpogostejši produkti neencimske oksidacije holesterola so 7α - in 7β -hidroksiholesterol (7α -HC in 7β -HC) ter 7β -ketoholesterol (Gray in sod., 1996; McClements in Decker, 2008; Otaegui-Arrazola in sod., 2010).



Slika 7: Najpogostejši oksidi holesterola (Otaegui-Arrazola in sod., 2010: 3293)

Honikel (2009) ugotavlja, da je večja vsebnost oksidov holesterola, predvsem 7α -HC in 7β -HC v mletem mesu, kot pa v celih kosih mesa, še bolj pa nastajajo oksidi holesterola med toplotno obdelavo mesa. Dejstvo je, da se tvori nekoliko več ja količina oksidov holesterola med kuhanjem mesa v vodi ali pa toplotni obdelavi v mikrovalovni pečici, kot pa med pečenjem, zaradi Maillardove reakcije, do katere pride med pečenjem mesa in s tem antioksidativnega učinkovanja (Echarte in sod., 2003). Turner in sod. (2007) v študiji ugotavljajo, da kratka toplotna obdelava, pri relativno visokih temperaturah in uporaba svežega mesa preprečuje nastajanje visokih koncentracij oksidov holesterola.

Nekateri oksidi holesterola nastanejo endogeno, v tkivih, med pretvorbo holesterola v žolčne kisline in steroidne hormone. Lercker in Rodriguez-Estrada (2000) ugotavljata, da se holesterol v živilih, bogatih z maščobami ter večjo izpostavljenostjo zraku in toploti veliko bolj oksidira.

Preglednica 3: Vsebnost oksidov holesterola v piščancu in predpečenih piščančjih pleskavicah (Bonoli in sod., 2008:300; Echarte in sod., 2003:5943)

Živilo	Vsebnost oksidov holesterola
piščanec	4,0 µg/g maščobe
predpečene piščančje pleskavice	17,6 µg/g maščobe

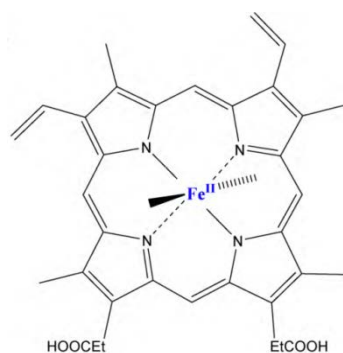
Iz rezultatov, ki so jih v svojih študijah dobili Bonoli in sod. (2008) ter Echarte in sod. (2003) lahko potrdimo ugotovitve Honikla (2009), da nastajajo oksidi holesterola intenzivneje v razdetem in toplotno obdelanem mesu. V predpečenih piščančjih pleskavicah je bilo približno štirikrat več oksidov holesterola kot pa v samem piščancu. Echarte in sod. (2003) poudarjajo, da je vsebnost oksidov holesterola v piščančjih pleskavicah, presnih in toplotno obdelanih, dvakrat večja kot pa v govejih.

2.5 SPREMEMBE BARVE V PAKIRANEM MESU

Čeprav sta mikrobiološka varnost in stabilnost primarnega pomena, je rok uporabe mesa v veliko primerih bolj omejen s poslabšanjem, oksidacijo barve kot mikrobnostjo (Lee in sod., 2008). Kot že večkrat omenjeno, je poslabšanje barve mesa praktično neizbežno in po potrošnikovem mnenju kaže na slabo higieno in zdravju škodljive procese (Castigliego in sod., 2012), pa čeprav se lahko pojavi še preden pride do mikrobiološkega kvara (Gašperlin, 2000). Zavedati se moramo, da je izgled in s tem barva mesa in mesnih izdelkov prvi dejavnik, ki vpliva na nakup (Guidi in Castigliego, 2010). McMillin (2008) omenja več študij o barvi govejega mesa, v katerih so prišli do zaključka, da potrošniki najbolje sprejemajo svetlo rdečo barvo (prevladuje oksimioglobin, MbO₂), sledi purpurna barva (mioglobin, Mb), najbolj pa zavračajo rjavo barvo (metmioglobin, MetMb).

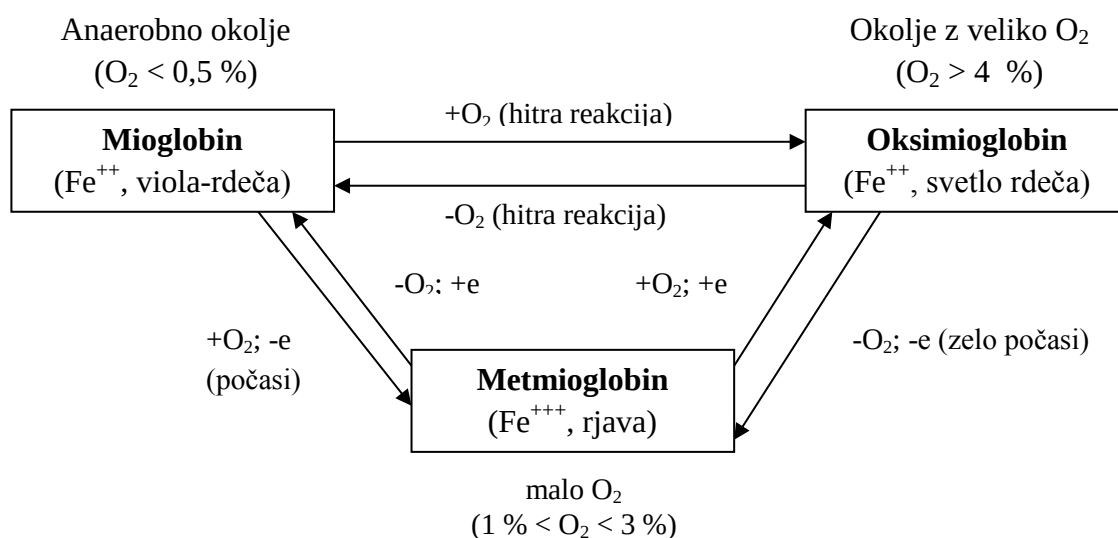
2.5.1 Mioglobin in reaktivna stanja

Mb se nahaja v sarkoplazmi mišičnih vlaken in je glavni nosilec barve mesa. Castigliego in sod. (2012) ter Guidi in Castigliego (2010) trdijo, da je barva mesa odvisna od vrste mesa in količine barvila v mišičnini. Mb je globularni protein, sestavljen iz polipeptidne verige (globin) in prostetične skupine (hem) (Schwartz in sod., 2008). Hem je sestavljen iz porfirinskega obroča (ta je sestavljen iz štirih obročev) in atoma Fe (v oksidacijskem stanju +2).



Slika 8: Struktura hema (Barsan in sod., 2010: 6359)

Nannerup in sod. (2004) menijo, da je stabilnost barve ena izmed najpomembnejših lastnosti mesa, pakiranega v modificirano atmosfero. Na sliki 9 lahko vidimo v kakšnih pogojih in kako se spreminja barva mesa.



Slika 9: Stanja mioglobina in Fe glede na razpoložljivost kisika (Lee in sod., 2008: 554)

Dejavnik, ki določa in spreminja barvo mesa, je razpoložljivost kisika v embalažni enoti oziroma okolici mesa ali mesnega izdelka. V anaerobnih pogojih (na sliki 9 levo) prevladuje reducirana oblika Mb. V mišičnem tkivu sodeluje Mb kot prenašalec kisika iz krvi v mišične celice (Gill in Gill, 2005). V primeru, da je v okoliški atmosferi mesa koncentracija O_2 1–3 %, Mb odda elektron in nastane MetMb, zanj je značilna rjava barva. Poleg že omenjenih pogojev pa nastaja MetMb tudi ko je meso za daljši čas izpostavljeno svetlobi, višji temperaturi, mikrobnim rasti ali pa zamrzovanju. Oksidacija Mb v MetMb poteka še hitreje na mišicah z nizkim pH (Gašperlin, 2000). V pogojih, kjer je prisotno veliko O_2 Mb zelo hitro oksigenira, nastane oksimioglobin (MbO_2), ki je svetlo rdeče (govedina) oz. rožnate (prašičje in perutninsko meso) barve. Na površini mesa se oblikuje

sloj oksimioglobina, debeline sloja pa je odvisna od globine, do katere prodre kisik. Pretvorba Mb v MbO₂ lahko poteče neposredno in hitro, ali pa nekoliko počasneje, preko dvostopenjske reakcije; najprej se Mb oksidira v MetMb, nato pa MetMb oksigenira v MbO₂ (Castiglione in sod., 2012). Schwartz in sod. (2008) poudarjajo, da se lahko tudi MbO₂ oksidira v MetMb. Poleg kisika se lahko na Fe⁺⁺ v porfirinskem obroču vežejo tudi druge spojine, a najpomembnejša za barvo mesa sta ogljikov monoksid (CO) in dušikov monoksid. Castiglione in sod. (2012) namreč pišejo, da lahko CO celo izrine O₂, ki je vezan na Fe⁺⁺ in tvori relativno stabilen kompleks imenovan karboksimioglobin, ki daje mesu svetlo rdečo barvo.

Purpurno barvo mesa najdemo v MAP z malo ali nič O₂, ki ga nadomestimo s CO₂ in N₂. Ta purpurna barva mesa je posledica velike vsebnosti mioglobina, nekateri avtorji ga poimenujejo tudi dezoksimioglobin. To meso purpurne barve po odprtju embalažne enote zelo hitro zacveti; zaradi prisotnosti kisika v okolici mesa nastane MbO₂ in svetla rdeča barva. Tak pojav se imenuje cvetenje ali oksigenacija. McMillin (2008) opisuje, da se na površini mesa, pakiranega v atmosfero z visoko koncentracijo kisika, oblikuje veliko MbO₂. Najpogosteje je atmosfera v takem tipu pakiranja v razmerju 80 % O₂ : 20 % CO₂. Ker pa je ogljikov dioksid zelo dobro topen v mesu, mora biti koncentracija CO₂ že na začetku nad 20 % (Gašperlin, 2000). Vendar pa McMillin (2008) ponovno poudarja dejstvo, da je obstojnost mletega mesa v MAP-IO₂ (20–40 dni) najmanj dvakrat daljša kot pri pakiranju v MAP-hO₂ (10–12 dni) pri temperaturi skladiščenja 4 °C.

Gašperlin (2000) in McMillin (2008) pišeta, da so kemijske oblike Mb v medsebojnem dinamičnem ravnotežju in da so prehodi med oblikami običajno reverzibilni. Vsa tri stanja mioglobina lahko nastajajo spontano, v različnih količinah v istem mesu, seveda pa je njihov nastanek odvisen od reducirajočih mehanizmov mišice in razmer v okolici. Razmerje oksigenirane (MbO₂) in oksidirane (MetMb) oblike mioglobina v mesu je odvisno od parcialnega tlaka kisika, še dodaja Gašperlin (2000).

V primeru, da je meso pakirano v prepustno folijo, nizke temperature skladiščenja omogočijo relativno visoke koncentracije O₂ v embalažni enoti oziroma okolici mesa. Posledično se na površini celicah mesa tvori veliko MbO₂ in s tem potrošniku zelena svetlo rdeča barva (Kizilirmak Esmer in sod., 2011). Ne smemo pa pozabiti, da so spremembe barve v perutninskem mesu veliko manj opazne, saj vsebuje manj mioglobina. To meso potrošniki tudi sprejemajo, zato velike koncentracije kisika v pakiranem perutninskem mesu več ali manj niti niso potrebne (Gill in Gill, 2005). Castiglione in sod. (2012) opozarjajo, da lahko pakiranje perutninskega mesa v atmosfero z veliko kisika privede do različnih diskoloracij. Dejstvo pa je, da visoka koncentracija O₂ v modificirani atmosferi zagotavlja atraktivno svetlo rdečo barvo mesa. Poleg vsega pa je zelo pomembna tudi temperatura skladiščenja pakiranega mesa. Ta mora biti razmeroma nizka (približno od -1 do 4 °C), sicer noben način pakiranja mesa ne učinkuje v skladu z našimi potrebami.

2.5.2 Preprečevanje oksidacije lipidov v mesu

Oksidativno stabilnost mesa izboljšamo z dodajanjem naravnih (tokoferoli, karotenoidi, poliamini, askorbinska kislina) ali sintetičnih antioksidantov (sintetični fenoli, kelatorji – fosfati, nitriti) v mesne izdelke (Honikel, 2009). Mogoče je tudi dodajanje vitamina E v prehrano živali. Z izboljšanjem oksidativne stabilnosti preprečimo spreminjanje arome mesa.

Za veliko zelišč in začimb je dokazano, da delujejo antioksidativno v živilih, bogatih z maščobami. Eden morda najbolj poznanih je rožmarin, ki vsebuje zelo veliko antioksidativnih spojin. Kot sintetični antioksidanti se lahko uporabljajo butil hidroksi toluen, butil hidroksi anizol, pa tudi propil galat. Honikel (2009) trdi, da je tako oksidacija lipidov kot mioglobina uspešno upočasnjena ob uporabi kombinacije antioksidantov in askorbinske kisline. Omeniti velja, da je dodatek antioksidantov svežemu mesu omejen. V velikem porastu je uporaba antioksidantov naravnega izvora zaradi vse večjih dvomov potrošnikov o varnosti sintetičnih antioksidantov (Gobert in sod., 2010).

Fosfati se praviloma dodajajo mesnim izdelkom za povečanje sposobnosti za vezanje vode (SVV). Poleg tega pa s kelacijo vežejo nase kovinske ione, ki so prooksidanti in s tem posledično preprečujejo avtooksidacijo lipidov. Zelo dobri preprečevalci oksidacije so nitriti, ki se hitro in enostavno oksidirajo v nitrati in tako delujejo kot lovilci kisika (Honikel, 2008). Možni pa so tudi drugi mehanizmi antioksidativnega delovanja nitritov. Nitriti se v meso dodajajo tudi zaradi zagotavljanja potrošniku privlačne svetlo rdeče barve mesa.

Gray in sod. (1996) ter Gašperlin (2000) ugotavljajo, da je krmljenje živali z dodatkom vitamina E povečalo stabilnost lipidov v membranah proti peroksidaciji ter stabilnost barve med skladiščenjem mesa. Honikel (2009) ter Gobert in sod. (2010) dodajajo, da vključevanje vitamina E in drugih naravnih antioksidantov v prehrano živali omogoča zelo dobro integracijo le-teh v celične membrane, med tem ko je učinkovito dodajanje vitamina E v samo meso in mesne izdelke veliko bolj zahtevno. Dodajanje vitamina E v prehrano živali je zelo pomembno, saj ga živalsko telo ne more samo sintetizirati (Žlender, 2000). Enako kot vitamin E, se lahko v prehrano živali dodaja v lipidih topne karotenoide, ki vplivajo na vsebnost vitamina A ter lipidno oksidativno stabilnost v svežem in toplotno obdelanem mesu med hladnim skladiščenjem (Žlender, 2000).

Seveda pa lahko preprečimo oksidacijo mesa s pravilno izbiro pakiranja, na primer MAP-IO₂; ob uporabi pravilnega pakirnega materiala, ki je slabo prepusten za kisik in svetlobo, lahko občutno zmanjšamo stopnjo oksidacije v pakiranem izdelku.

3 MATERIAL IN METODE

V eksperimentalnem delu smo določali koncentracijo plinov v posameznih embalažnih enotah na začetku, torej ob pakiranju, ter po sedmih dneh skladiščenja, to je ob koncu roka uporabe. Takrat smo instrumentalno izmerili in senzorično ocenili barvo presnih ter opravili senzorično analizo pečenih pleskavic. Na presnih pleskavicah smo nadalje določili še število tiobarbiturne kisline (TBK), osnovno kemijsko sestavo in maščobno kislini profil za vsako serijo pleskavic. Na vseh eksperimentalnih skupinah pečenih pleskavic smo določili še vsebnost holesterola in oksidov holesterola.

Priprava vzorcev je potekala v sodelovanju s podjetjem Pivka perutninarstvo d.d., kjer smo pripravili pleskavice, jih pakirali v ustrezne atmosfere in skladiščili. Vse ostale analize pa smo opravili na Katedri za meso in vrednotenje živil in Katedri za tehnologijo rastlinskih živil Oddelka za živilstvo na Biotehniški fakulteti.

3.1 MATERIAL

Material v našem poskusu so bile perutninske pleskavice s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin (pleskavice *n*-3) in običajne pleskavice, ki so nam v poskusu služile kot kontrola. Pleskavice *n*-3 smo izdelali iz mesa »Pivškega piščanca z Omega 3«, ki se ponaša s certifikatom Višja kakovost zaradi ugodnega razmerja med *n*-6/*n*-3 maščobnimi kislinami (4,5:1). Običajne pleskavice pa smo pripravili iz mesa piščancev, ki so bili krmljeni s konvencionalno (običajno) krmo.

3.1.1 Priprava pleskavic, pakiranje in skladiščenje

Masi za pleskavice s povečano vsebnostjo *n*-3 MK in običajne pleskavice smo pripravili dan pred pakiranjem. Meso, uporabljeno v poskusu, smo pridobili iz 42 dni starih piščancev, komercialno zaklanih v podjetju Pivka Perutninarstvo, d.d.. Brojlerji, krmljeni z običajno krmo, in brojlerji, krmljeni s krmo, obogateno z *n*-3 maščobnimi kislinami, so bili zaklani v istem dnevu na isti liniji zakola. Najprej so bili električno omamljeni in izkrvavljeni. Parjenju trupov (63 °C/45 s) je sledilo skubljenje, nato pa še mehanska evisceracija trupov in hlajenje do notranje temperature piščančjih trupov 4 °C.

Masi za oba tipa pleskavic smo pripravili iz mletih (*d* = 6 mm) piščančjih beder in prsi, vode, jedilne soli, mešanice začimb, prehranske vlaknine (bambus), dekstroze, natrijevega acetata (regulator kislosti), natrijevega glutaminata (ojačevalec arome), askorbinske kisline (antioksidant), natrijevega difosfata (stabilizator) in karmina (barvilo).

Pripravljeni masi smo intenzivno premešali in pustili čez noč v hladilnem tunelu pri temperaturi 4 °C. Naslednji dan smo pleskavice oblikovali v ovalno obliko (vsaka je merila

približno 14 cm × 10 cm × 1 cm in tehtala približno 120 g) in jih položili na pladnje (v vsakega štiri pleskavice). Sledilo je pakiranje v različne atmosfere (preglednica 4). Celoten poskus smo izvedli v treh proizvodnih ponovitvah (serijah).

Preglednica 4: V poskusu uporabljeni načini pakiranja pleskavic, z ozirom na predvideno sestavo atmosfere v embalažni enoti

Način pakiranja	Sestava atmosfere (%)		
	O ₂	CO ₂	N ₂
zavijanje v folijo, zrak kot okoliška atmosfera (Z-ICO ₂)	21,0	0,9	78,0
MAP z majhno koncentracijo O ₂ in dodanim lovilec O ₂ (MAP-IO ₂ +I)	< 0,1	20,0	80,0
MAP z majhno koncentracijo O ₂ (MAP-IO ₂)	< 0,1	20,0	80,0
MAP z zelo veliko koncentracijo O ₂ (MAP-hO ₂)	80,0	20,0	/
MAP s povečano koncentracijo CO ₂ (MAP-hCO ₂)	20,0	30,0	50,0

Z-ICO₂ – 21 % O₂/0,9 % CO₂/78 % N₂; MAP-IO₂+I – 0 % O₂/20 % CO₂/80 % N₂ + lovilec O₂; MAP-IO₂, 0 % O₂/20 % CO₂/80 % N₂; MAP-hO₂ – 80 % O₂/20 % CO₂; MAP-hCO₂ – 20 % O₂/30 % CO₂/50 % N₂.

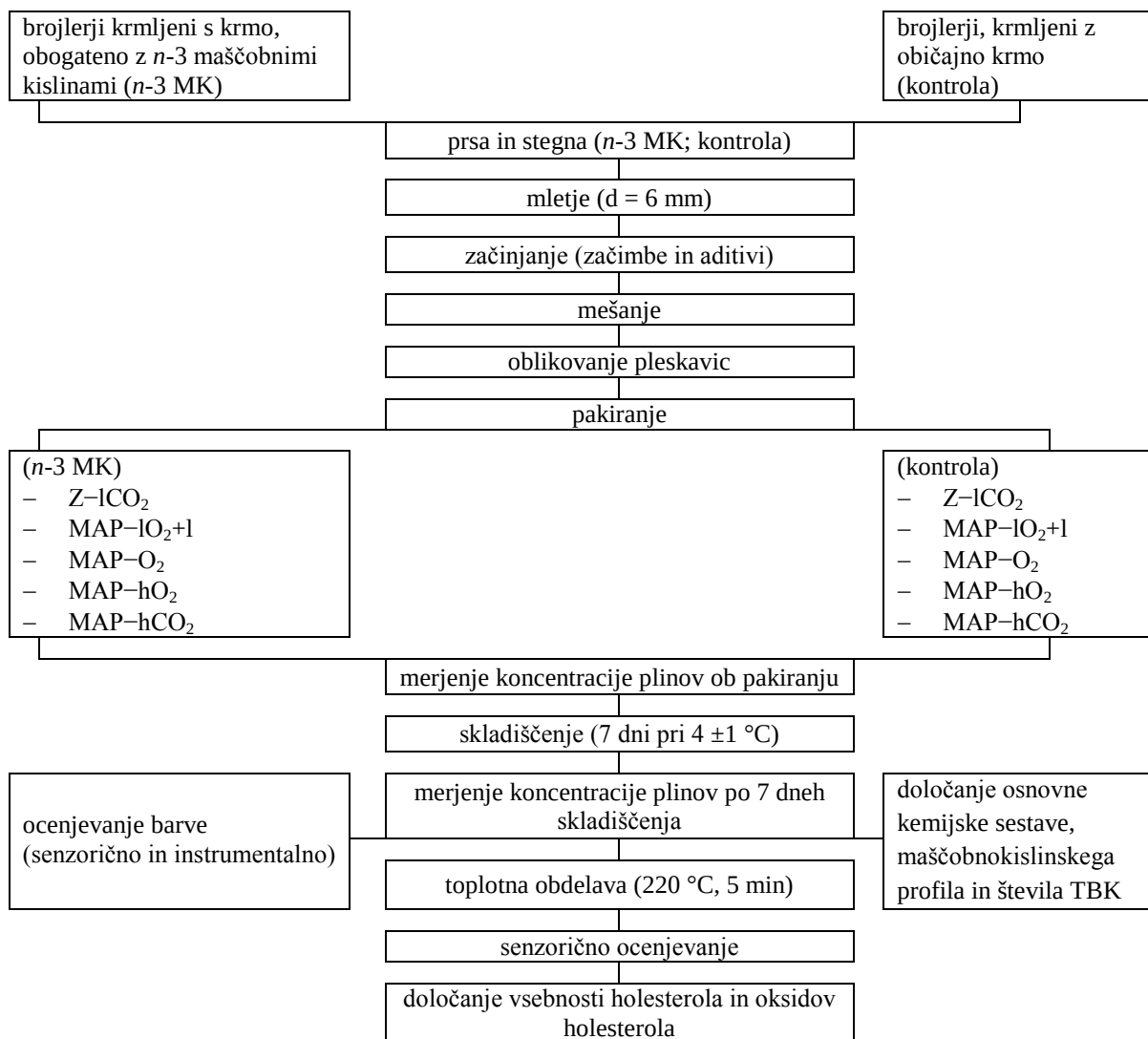
Za vsako serijo smo tako pripravili 60 pladnjev pleskavic in jih razdelili v dve skupini glede na sestavo: skupina pleskavic s povečano vsebnostjo *n*-3 MK (*n* = 30) in skupina običajnih pleskavic (kontrola, *n* = 30). Vsako skupino smo nato glede na način pakiranja (oz. sestavo atmosfere) razdelili še v pet podskupin po šest embalažnih enot (*n* = 5 × 6 = 30). Na omenjenih pet načinov smo zapakirali tudi prazne pladnje brez pleskavic, ki so nam služili za merjenje koncentracije plinov takoj ob pakiranju.

V prvi podskupini (Z-ICO₂) smo pladnje s pleskavicami zavili v folijo ZENIUM M (LIMPAC Packaging Pointivy, Francija) z naslednjimi lastnostmi: debelina 13,5 μm, prepustnost pri temperaturi 23 °C in 0 % relativni vlažnosti: za kisik 7000 cm³/(m³ × 24 h × bar), za ogljikov dioksid 43000 cm³/(m³ × 24 h × bar) in za vodno paro 162 g/(m² × 24 h × bar).

Preostale štiri podskupine pladnjev pleskavic smo pakirali v različne modificirane atmosfere, kot je navedeno v preglednici 4. Pleskavice so bile položene v pladnje iz polipropilena (G018110, MARCATO Sp. Z.o.o., Poljska). Uporabili smo prekrivno folijo LIN TOP PP HB A 50 (LIMPAC Plastic Pointivy, Francija) z zelo visokimi bariernimi lastnostmi in sposobnostjo varjenja. Uporabljena folija je imela naslednje lastnosti glede prepustnosti pri 23 °C in 0 % relativni vlažnosti: za kisik < 5 cm³/(m³ × 24 h × bar), za ogljikov dioksid < 25 cm³/(m³ × 24 h × bar) in za vodno paro < 3 g/(m² × 24 h × bar).

Pri podskupini MAP-IO₂+I smo v embalažne enote dodali tudi lovilce O₂ FRESHCARE® LS50 (O₂ CONTROL, Nizozemska, absorbcija kisika 50 ml).

Vzorci smo ustrezno označili (številke od 001–180), jih skladiščili 7 dni pri temperaturi 4 ± 1 °C, v embalažnih enotah izmerili koncentracije plinov in na presnih pleskavicah senzorično ocenili in instrumentalno izmerili barvo. Sledila je toplotna obdelava – pet minutno pečenje na dvoploščnem žaru s temperaturo plošč 220 °C. Na še toplih vzorcih smo opravili senzorično analizo preostalih lastnosti. Po eno presno pleskavico in polovico pečene pleskavice iz vsake embalažne enote smo do analiz (določanje osnovne kemijske sestave, maščobnokislinskega profila in števila TBK pri presnih oz. vsebnost holesterola in oksidov holesterola na pečenih) shranili v zamrzovalniku pri temperaturi -18 °C. Celoten proces vzorčenja in analiz smo opravili v treh serijah, kot prikazuje slika 10.



Slika 10: Shema poskusa; izdelava, pakiranje, skladiščenje, vzorčenje in analize perutninskih pleskavic

3.2 INSTRUMENTALNE METODE

3.2.1 Osnovna kemijska sestava pleskavic

Za vsako serijo pleskavic smo na istih vzorcih, katerim smo določili MK sestavo, opravili tudi analizo osnovne kemijske sestave. Za določitev vsebnosti vode, beljakovin, maščob, soli in kolagena v izdelanih pleskavicah smo uporabili hitro metodo določanja, ki temelji na uporabi bližnje infrardeče svetlobe (NIR), kar je še posebej uporabno pri analizi heterogenih vzorcev.

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 šestih naključno izbranih vzorcev, pri katerih je znašal koeficient variabilnosti rezultatov vsebnosti vode, beljakovin in maščob manj kot 0,2 %. Po meritvah smo vzorce ponovno shranili – ustrezno označili, vakuumsko zapakirali in shranili pri -18 °C.

3.2.2 Merjenje koncentracije plinov

Koncentracijo plinov (O₂ in CO₂) smo določili v embalažnih enotah takoj ob pakiranju in po sedmih dneh skladiščenja. Meritve smo opravili z napravo OXYBABY[®] V (WITT Gasetechnik GmbH & Co. KG, Avstrija). Ta aparat je posebej namenjen analizi plinov v embalažnih enotah živilskih izdelkov, še posebej za pakirane v modificirani atmosferi. Naprava je majhna, priročna, poganja jo baterija, kar nam je omogočalo, da smo prvo koncentracijo plinov pomerili že takoj ob pakiranju, pri stroju v proizvodnem prostoru.

Meritve koncentracije plinov smo opravili tako, da smo na folijo, ki je zavarjena na pladenj, prilepili majhen kos tesnilne gume, nato pa to gumo in seveda tudi folijo predrli z merilno iglo aparata OXYBABY[®]. Naprava je v približno 15 sekundah pomerila koncentracijo O₂ in CO₂ v embalažni enoti.

3.2.3 Instrumentalno merjenje barve

Po tednu dni skladiščenja in izmerjeni koncentraciji plinov (O₂ in CO₂) v embalažnih enotah smo le te odprli in v vsakemu na eni izmed zgornjih dveh pleskavic pomerili barvo. Barvo pleskavic smo določali instrumentalno s kromametrom Minolta CR 400 (Minolta, Japonska). Pred samo uporabo aparata pa smo le tega umerili na beli standardni keramični ploščici. Izmerjeno barvo nam je aparat podajal v treh koordinatah (L*, a* in b*), čeprav lahko podaja rezultate tudi v drugih koordinatah (Y, x, y). Na eni pleskavici smo s kromametrom izmerili barvo oziroma CIE L* a* b* barvne vrednosti na treh različnih mestih,

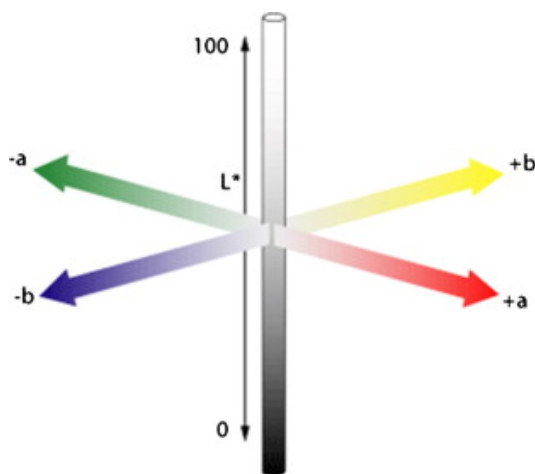
t.j. v treh paralelkah. Dobljene vrednosti smo uporabili za izračun razlike v svetlosti (ΔL^*) in nasičenosti (ΔC^*) (Moore, 1998) po naslednjih enačbah:

$$\Delta L^* = L^*_{\text{ref}} - L^* \quad \dots(2)$$

$$\Delta C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0,5} - (a^*_{\text{ref}} + b^*_{\text{ref}})^{0,5} \quad \dots(3)$$

Kot referenco za izračun smo uporabili vrednosti CIE $L^*a^*b^*$, dobljene z merjenjem barve pleskavice MAP-hCO₂ iz običajnega mesa.

Barvni prostor $L^*a^*b^*$ je definiran kot sistem z enakimi prostorskimi razmiki (Rudan-Tasič in Klofutar, 2007). Barvna vrednost L^* podaja svetlost barve vzorcev in zajema vrednosti od 0 do 100 (večja kot je vrednost, svetlejša je barva – gre proti beli). Medtem ko komponenta L^* podaja svetlost vzorca, pa ostali dve komponenti služita za določanje lege v barvnem prostoru. Koordinata a^* določa lego barve na rdeče-zeleni osi; pozitivna vrednost pomeni rdečo barvo, med tem ko negativna vrednost koordinate a^* pomeni bolj zelenkasto barvo. Kot zadnji parameter pri merjenju barve nam je kromameter podal barvno vrednost b^* . Vrednost b^* določa položaj barve na modro-rumeni osi (pozitivna vrednost predstavlja intenziteto rumene barve, negativna pa modre).



Slika 11: CIE $L^*a^*b^*$ barvni koordinatni sistem (Ozguven in Ozelik, 2013: 817)

3.3 KEMIJSKE METODE

Vse označene in zamrznjene vzorce presnih pleskavic smo pred nadaljnjimi kemijskimi analizami ustrezno homogenizirali v mlinčku GRINDOMIX GM 200 (Retsch, Nemčija). Z istim mlinčkom smo homogenizirali tudi pečene pleskavice, le da smo tu vzorce združevali. V en vzorec smo združili šest paralelk znotraj enega načina pakiranja, torej smo opravili analizo oksidov holesterola na 30 vzorcih (3 serije $\times$ 2 tipa mesa $\times$ 5 načinov pakiranja = 30).

3.3.1 Določanje maščobnokislinske sestave

Metilni estri maščobnih kislin (MEMK) so bili pripravljani v skladu s postopkom, kot sta ga opisala Park in Goins (1994). Maščobnokislinsko (MK) sestavo smo določili s plinsko kromatografijo (GC).

Maščobnokislinske sestave nismo določali na vseh vzorcih. Sklepali smo namreč, da mora biti MK sestava v vsaki seriji vzorčenja podobna za vse pleskavice iz *n*-3 mesa in pleskavice iz običajnega mesa. Odločili smo se, da bomo MK sestavo določili pleskavicam, pakiranim v MAP- hCO_2 in MAP- IO_2 +I. V en vzorec smo združili šest pleskavic iz enega načina pakiranja. Analizo smo opravili v dveh paralelkah. Skupaj smo opravili analizo določanja MK sestave na dvanajstih vzorcih (3 serije $\times$ 2 tipa mesa $\times$ 2 načina pakiranja = 12).

V 10 ml HACH-ove epruvetke smo zatehtali približno 0,4 g predhodno homogeniziranega vzorca. V epruvete smo nato dodali po 200 μl diklorometana (CH_2Cl_2 ; Merck, 1.06044) in 3 ml sveže pripravljenega 0,5M NaOH (Merck, 1.06498) v metanolu (Merck, 1.06007). Epruvete smo seveda zaprli s teflonskimi pokrovčki ter jih temeljito premešali. Sledilo je segrevanje v termobloku (VLM EC1) pri 90 °C/10 minut. Med tem smo epruvete večkrat premešali. Po tem času smo epruvete ohladili v ledeni kopeli (0 °C), nato pa ohlajenim vzorcem dodali 3 ml 14 % raztopino BF_3 (Sigma, B1252) v metanolu (Merck, 1.06007). Epruvete smo nato zaprli, ponovno stresali in 10 minut segrevali v termobloku (VLM EC1) pri 90 °C ter epruvete vmes večkrat premešali. Sledilo je hlajenje epruget na sobno temperaturo (približno 23 °C) ter dodatek 3 ml destilirane vode in 2 ml heksana (Fluka, 34484). Epruvete smo ponovno zaprli, učinkovito premešali in postavili na 10-minutno centrifugiranje pri 1500 $\times$ g (Eppendorf, centrifuge 5810). Pri centrifugiranju je prišlo do ločitve organske (zgornje) in vodne (spodnje) faze.

Ker smo z dodatkom heksana (Fluka, 34484) omogočili ekstrakcijo MEMK iz vodne faze v nepolarno organsko fazo, smo po centrifugiranju s stekleno kapalko (ISO 7712; BRAND GMBH + Co., Nemčija) prenesli zgornjo heksansko fazo v 1,5 ml vial. 1 μl

vzorca smo injicirali v plinski kromatograf s plamensko ionizacijskim detektorjem (GC-FID).

Plinska kromatografija

Vsebnost in delež posameznih maščobnih kislin (MK) smo določili s plinsko kromatografijo na plinskem kromatografu Agilent Technologies 6890, s plamensko ionizacijskim detektorjem (FID). Uporabili smo kapilarno kolono SPTM-2380 (Supelco, 24111) (60m × 0,25mm × 0,2 μm).

Ločevanje in detekcija maščobnih kislin sta potekali po sledečem temperaturnem programu: 150 °C (4 min), 4 °C/min do 180 °C (5 min), 3 °C/min 240 °C (2 min). Ostali pogoji so bili:

- temperatura injektorja: 250 °C;
- temperatura detektorja FID: 280 °C;
- injektor: split:splitless: 1:30, volumen 1,0 μl;
- nosilni plin: He 2,3 ml/min;
- maskirni plin: N₂ 45 ml/min;
- plin detektorja H₂ 40 ml/min;
- sintetični zrak (21% O₂) 450 ml/min.

Za določitev in ovrednotenje rezultatov smo uporabili naslednje standarde metilnih estrov maščobnih kislin (MEMK): standardno mešanico NuChehk 85 Prep. Inc, standardno mešanico NuChehk 68 D Prep. Inc in standardno mešanico FAME Mix C4-C24 (Supelco, 18919-1AMP).

Določanje faktorja odzivnosti (Rf) plamensko ionizacijskega detektorja (FID)

Faktor odzivnosti detektorja (Rf) je potrebno določiti za natančno kvantitativno ovrednotenje kromatogramov. Določimo ga s standardno mešanico (Nu Check 85 Prep. Inc), kjer so znani utežni % posameznih MK.

$$Rf = \frac{ut.\%_{posam.MEMK} \times \sum_{i=1}^n A_i}{A_i \times 100 \text{ ut.\%}} \quad \dots(4)$$

A_i = površina posameznega MEMK-standarda

ut. % posameznih MEMK v Nu Check 85 Prep. Inc znaša 3,03, razen za metilne estre heksadekanojske (palmitinske) MK, kjer znaša 6,06.

Določanje konverzijskega faktorja (FA_i) za posamezno MK

Faktor za pretvorbo MEMK v MK (FA_i) smo določili po sledeči formuli

$$FA_i = \frac{MrMK_i}{MrMEMK_i} = \frac{MrMK_i}{MrMK_i + 14} \quad \dots(5)$$

MrMK_i = molska masa posamezne maščobne kisline

MrMEMK_i = molska masa posameznega metilnega estra maščobnih kislin, ki se od MrMK_i razlikuje za Mr (CH₂) skupine = 14

Izračun utežnih deležev maščobnih kislin (ut. %)

Utežni delež MK v vzorcu smo izračunali iz relativne površine vrha posamezne MK na kromatogramu (A_i), z upoštevanjem faktorja odzivnosti detektorja (Rf_i) ter konverzijskega faktorja (FA_i) pretvorbe MEMK v MK.

$$ut. \% MK = \frac{(Rf_i \times FA_i \times A_i)}{\sum_{i=1}^n (Rf_i \times FA_i \times A_i)} \times 100 \quad \dots(6)$$

A_i = površina posamezne maščobne kisline

Rf_i = faktor odzivnosti detektorja za posamezno maščobno kislino

FA_i = konverzijski faktor za posamezno maščobno kislino

3.3.2 Določanje števila tiobarbiturne kisline

Test s tiobarbiturno kislino (TBK) smo uporabili za ugotavljanje oksidativnega kvara – žarkosti pleskavic oziroma stopnje oksidacije lipidov. Merili smo koncentracijo malonaldehida, ki s TBK tvori rdeč pigment. Za določanje števila TBK smo uporabili modificirano ekstrakcijsko metodo, ki so jo opisali Witte, Krauze in Bailey (1970). Število TBK nam podaja koncentracijo malonaldehida v mg/kg maščobe. Analizirali smo vse vzorce, vsakega v treh paralelkah.

V suho in čisto 10 ml HACH-ovo epruveto smo na analitski tehcnici (SCALTEC SBA 41, 17816) zatehtali 0,100 gramov predhodno homogeniziranega vzorca, dodali 1 ml 35 % raztopine trikloroacetne kisline (TKO; Merck, 1.00810) in 2 ml 0,36 % raztopine TBK. 0,36 % raztopino TBK smo pripravili tako, da smo v 200 ml merilno bučko zatehtali 0,36 g 2-tiobarbiturne kisline (Sigma, T-5500) in dopolnili do 100 g z 0,1 N Na₂SO₃. 0,1 molaro raztopino Na₂SO₃ smo pripravili tako, da smo zatehtali 0,1 g Na₂SO₃ (Merck, 1.06657) v 200 ml merilno bučko in dopolnili z destilirano vodo do oznake.

Epruvete smo zamašili s teflonskim pokrovčkom in 5 minut intenzivno stresali. Sledil je še dodatek 1 ml 0,9 % raztopine BHT (Sigma-Aldrich, B-1378) v *n*-heksanu (Merck, 1.07023). Epruvete smo zaprli, premešali in postavili v termoblok (VLM EC1) na 90 °C za 30 minut. Po ohladitvi smo dodali 1 ml led etne kisline (Merck, 1.00056) in 2 ml kloroforma (CARLO ERBA, 438601), premešali in centrifugirali (Eppendorf, centrifuge 5810) pri 1500 × g za 6 minut. S kapalko smo nato prenesli vodno fazo (zgornjo plast) v kivete PS (BRANDTECH, 759071D) in izmerili absorbanco pri valovni dolžini (λ) 532 nm

Umeritvena krivulja

Preglednica 5: Priprava umeritvene krivulje

	1 – slepi vzorec	2	3	4	5
ml stand. razt.	0	0,1	0,2	0,3	0,4
št. TBK	0	0,7	1,4	2,1	2,8

A scatter plot with a linear regression line. The x-axis is labeled 'število TBK' and ranges from 0 to 3,5. The y-axis is labeled 'A532' and ranges from 0 to 0,25. There are four data points plotted as blue diamonds. A black regression line passes through the points. The equation of the line is $y = 0,0748x - 0,0002$ and the coefficient of determination is $R^2 = 0,9999$.

število TBK	A532
0	0
0,8	0,06
1,6	0,12
2,4	0,18
3,2	0,24

Slika 12: Umeritvena krivulja za določanje št. TBK v pleskavicah

Izračun vsebnosti števila TBK

... (7)

3.3.3 Določanje vsebnosti holesterola in oksidov holesterola

Okside holesterola smo določali na 30 vzorcih pečenih pleskavic (vzorci smo združevali; 6 ponovitev iz ene serije enakega načina pakiranja smo skupaj združili in homogenizirali v en vzorec). Homogenizacija je potekala v mlinčku GRINDOMIX GM 200 (Retsch, Nemčija). Seveda so deleži pečenih pleskavic v enem vzorcu enaki – združili smo v en vzorec po 40 g vsake pleskavice. Analize smo opravili v dveh paralelkah.

Metoda določanja oksidov holesterola je bila sestavljena iz faze saponifikacije, ekstrakcije holesterola, ekstrakcija s trdno fazo (SPE) in določanja oksidov holesterola z LC-MS (tekočinska kromatografija/masna spektrometrija). Rezultati so podani v enotah mg/kg. Izračunali smo tudi stopnjo oksidacije po enačbi 8.

$$\sum OC \times 100 / (\sum OC + \text{holesterol}) \quad \dots(8)$$

Saponifikacija

V 100 ml erlenmajerice z obrusom (Lenz, 3.0314.37) smo zatehtali 2 g predhodno združenega in homogeniziranega vzorca. V erlenmajerice smo nato dodali 3 ml CH₂Cl₂ (Merck, 1.06044) in 7 ml predhodno pripravljene 1 M raztopine kalijevega hidroksida (KOH; Merck, 1.05033) v 96 % etanolu (denaturirani, tip B; ITRI, šarža: 12G17-D01). Dodali smo še magnetna mešala v vsako erlenmajerico ter jih ustrezno zaprli, vendar smo med zamašek in vrat erlenmajerice namestili še trak papirnate brisače in s tem preprečili fiksacijo zamaška. Vsebinsko smo temeljito premešali in nato pustili na magnetnem mešalu za približno 20 ur pri sobni temperaturi.

Ekstrakcija holesterola

Po približno 20 urah saponifikacije smo ves vzorec prenesli v 50 ml centrifugirke (Sarstedt, 62.548.004) ter dodali 10 ml dietiletra (Merck, 1.07026) in 10 ml destilirane vode. Centrifugirke smo zaprli, vsebinsko temeljito premešali in postavili na ultrazvok (Branson 3510E – DTH, Branson, Nemčija) za 15 minut. Vse skupaj smo po tem postavili na centrifugo (Eppendorf, centrifuge 5810) na 1700 × g za 6 minut. Pri centrifugiranju pride do ločitve polarne in nepolarne faze. S steklenimi pipetami smo odstranili v vsaki centrifugirki večji del spodnje, polarne faze (približno 10 ml). V preostalo organsko fazo smo dodali 5 ml 0,5 M raztopine KOH (Merck, 1.05033) v destilirani vodi. Vse skupaj smo ponovno temeljito premešali, postavili na ultrazvok, potem pa še na centrifugo. Tako ultrazvočna kopel in kot centrifugiranje sta potekali pri enakih pogojih kot prej. Ponovno smo odstranili spodnjo polarno fazo in v centrifugirke dodali 5 ml destilirane vode. Ponovili smo mešanje, ultrazvok in centrifugiranje. Ponovno smo dosegli ločitev faz, le da smo tokrat odpipetirali 5 ml zgornje organske faze, v katerih so se nahajali oksidi holesterola, v čiste, 20 ml vial (SUPELCO, SU860097), dodali še 15 ml heksana (Fluka, 34484) in jih zaprli z navojnimi pokrovčki (SUPELCO, SU860101).

Do postopka SPE smo torej vzorce shranili v ustrezno označenih vialah v hladilniku pri 4 °C.

Ekstrakcija s trdno fazo (SPE)

Za SPE postopek smo uporabili kolono Strata SI-1 (Phenomenex[®], 8B-S012-FBJ). Vsako kolono smo najprej kondicionirali z 2,5 ml heksana (Fluka, 34484), eluat smo zavrgli. S kondicioniranjem smo dosegli aktivacijo površine polnila in s tem omogočili boljšo vezavo oksidov holesterola. Nato smo v kolono uvajali 20 ml vzorca – v kolono smo prenesli celotno vsebino vzorca, ki smo ga pripravili z ekstrakcijo. Da smo zagotovili dobro vezavo oksidov holesterola v koloni, smo uravnavali počasno potovanje vzorca skozi kolono. Eluat smo zavrgli. Sledilo je izpiranje kolone; najprej z 2,5 ml heksana (Fluka, 34484), nato pa še z 2,5 ml raztopine heksan (Fluka, 34484) : dietileter (Merck, 1.07026) v razmerju 75 : 25. Tako smo iz kolone izprali neželene komponente, eluat pa smo zavrgli. Pred zadnjo fazo smo kolono posušili v pretoku zraka. Nazadnje smo kolono spirali z 2 ml mobilne faze acetonitril (Sigma-Aldrich, 34851) : izopropanol (Merck, 1.00998) (55:45), eluat pa lovili v epruveto.

Vsebino epruvet, ki smo jih dobili z SPE smo s stekleno kapalko (ISO 7712; BRAND GMBH + Co., Nemčija) prenesli v temne penicilinke in jih shranili v hladilniku pri 4 °C do analiz na LC/MS.

Pogoji za določanje oksidov holesterola

Preiskovane komponente oziroma nastale okside holesterola smo ločili z HPLC sistemom Agilent Technology 1100, ki je sestavljen iz:

- vakuumskega razplinjevalnika (G1379A),
- binarne črpalke (G1312A),
- avtomatskega vzorčevalnika (G1330B),
- termostata kolone (G1316A),
- DAD (Diode Array Dectetor) (G1351B).

Kromatografski pogoji:

- način kromatografije: RP (reverzna faza),
- kromatograska kolona: Kinetex C18 2,6 µm × 2,1 × 100 mm; Phenomenex,
- mobilna faza A: H₂O,
- mobilna faza B: AcN (acetonitril),
- volumen injiciranja: 10 µl,
- temperatura vzorcev: 8 °C,
- temperatura kolone: 45 °C,
- gradient: predstavljen v preglednici 6.

Preglednica 6: Gradient mobilne faze

Čas (min)	Mobilna faza A (%)	Mobilna faza B (%)	Pretok (ml/min)
0,00	20	80	0,400
3,00	2	98	0,400
7,05	2	98	0,400
7,60	20	80	0,400
12,00	20	80	0,400

Za detekcijo oksidov holesterola in holesterola smo uporabili masni detektor Micromass Quattro Micro; Waters, ki je deloval pri naslednjih pogojih:

- način: ESI+
- kapilara: 3,2 kV,
- cona: 30 V,
- eksreaktor: 2 V,
- leča: 2 V,
- temperature cone: 120 °C,
- temperatura razpršilnega N₂: 350 °C,
- pretok N₂ cone: 50 l/h,
- pretok razpršilnega N₂: 400 l/h,
- energija trkalne celice: 30 V,
- tlak trkalne celice: 3 x 10⁻³ mbar,
- detekcija z MRM (Multiple Reaction Monitoring).

Preglednica 7: Prehodi 7β-HC, 7α-HC, 20α-HC, 22-HC, 25-HC in holesterola v MRM

Parameter	m/z	prehod	Cona (V)	(V)	Rt (min)
7β-HC	367,22	145,22	30	30	3,90
7α-HC	367,22	145,22	30	30	2,80
20α-HC	367,22	147,22	30	30	4,13
22-HC	367,22	147,22	30	30	3,50
25-HC	367,22	147,22	30	30	2,75
holesterol	369,18	147,22	30	30	7,81

7β-HC: 7β-hidroksiholesterol, 7α-HC: 7α-hidroksiholesterol, 20α-HC: 20α-hidroksiholesterol, 22-HC: 22-hidroksiholesterol, 25-HC: 25-hidroksiholesterol. m/z: razmerje masa/naboj. V: napetost. Rt: retenzijski čas.

Sledila je obdelava podatkov s programom Quantify v MassLynx™ V4.0.

3.4 SENZORIČNE METODE

3.4.1 Senzorična analiza

Senzorična analiza je bila opravljena v senzoričnem laboratoriju Katedre za tehnologijo meso in vrednotenje živil na Oddelku za živilstvo. Analizo so izvedli štirje izkušeni ocenjevalci.

Senzorična analiza je bila opravljena takoj po odpiranju pakiranih pleskavic oziroma po meritvi barve. Iz vsakega vzorca smo vzeli eno pleskavico in jo spekli. Toplotna obdelava je potekala pri 220 °C/5 minut na dvoploščnem žaru (Silex, Nemčija) oziroma do dosega notranje temperature pleskavic 85 ± 5 °C. Notranjo temperaturo smo spremljali z vbodnim termometrom (Testo 177-T4). Na obe ploskvi smo položili še papir za peko; s tem smo omogočili samo prenos toplote na pleskavice in preprečili direkten kontakt mesa s ploščami. Polovico pečene pleskavice smo ponudili ocenjevalcem, drugo polovico pa smo shranili za nadaljnje analize (vakuumsko zapakirali, ustrezno označili ter zamrznili pri –18 °C). Tudi senzorično analizirani vzorci pleskavic so bili ustrezno označeni oziroma šifrirani. Za nevtralizacijo okusa je preizkuševalni panel uporabil sredico belega kruha, namočeno v mlačno vodo z okusom limone (1 %).

Panel je uporabil test točkovanja lastnosti iz skupine deskriptivnih analiz z strukturirano točkovno lestvico (od 0 do 4 točke) (Golob in sod., 2005). Pri takem načinu ocenjevanja nam vsaka točka poda stopnjo izraženosti določene senzorične lastnosti. Tako točka 0 pomeni, da lastnost ni izražena, točka 1 opredeljuje rahlo izraženo lastnost, točka 2 srednje (močno) izraženo, točka 3 močno izraženo in točka 4 zelo močno izraženo lastnost vzorca. Panel je lahko uporabljamo tudi polovične vrednosti točk (torej 0,5, 1,5, 2,5 in 3,5). Skupina štirih preizkuševalcev je določala naslednje senzorične lastnosti pleskavic:

- oksidiranost barve,
- vonj po žarkem,
- vonj po starem,
- aroma po žarkem,
- aroma po starem,
- tuji vonji,
- tuja aroma.

3.5 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV

Rezultate, pridobljene iz analiz, smo vnesli v računalnik s programom Microsoft Excel 2007. Osnovne statistične parametre smo izračunali s programom SAS/STAT (SAS Software, 1999). Za preverjanje in analizo normalne porazdelitve podatkov smo uporabili postopek GLM (General Linear Model). Za ugotavljanje vpliva sestave mesa ter način pakiranja na parametre, pridobljene z analizami po skladiščenju vzorcev (število TBK, instrumentalno merjenje barve in senzorično ocenjevanje), analizami vsebnosti plinov v embalažnih enotah ter analizami oksidov holesterola v pečenih pleskavicah smo uporabili naslednjo relacijo:

$$y_{ijkl} = \mu + M_i + A_j + M*A_{ij} + R_k + e_{ijkl} \quad \dots(10)$$

y_{ijkl} – opazovan parameter, μ - povprečna vrednost, M_i – vpliv sestave mesa (običajne in pleskavice *n*-3), A_j – vpliv sestave plinov v embalažni enoti (Z-ICO₂, MAP-IO₂+I, MAP-IO₂, MAP-hO₂ in MAP-hCO₂), R_k – vpliv serije (1-3), e_{ijkl} – naključni ostanek z varianco σ_{2e} ; $M*A_{ij}$ – zmnožek podaja interakcijo med vplivom vrste mesa in vplivom sestave plinov v embalažni enoti.

Povprečne vrednosti za eksperimentalne skupine so bile izračunane z uporabo Duncanovega testa in so primerjane pri 5 % tveganju. Pearsonovi korelacijski koeficienti med instrumentalnimi in kemijskimi parametri so bili izračunani s postopkom CORR (SAS Software, 1999).

4 REZULTATI

4.1 OSNOVNA KEMIJSKA SESTAVA

V preglednici 8 so podani rezultati osnovne kemijske sestave pleskavic, izmerjene z aparatom, ki temelji na uporabi NIR. Najpomembnejša komponenta pleskavic je bila v našem poskusu maščoba, saj je ta poglavitni vzrok spremembe senzorične kakovosti perutninskih pleskavic. Povprečna vsebnost maščobe v običajnih pleskavicah je znašala 7,47 g/100 g, medtem ko je bilo maščobe v pleskavicah s povečano vsebnostjo *n*-3 MK nekoliko več – 8,16 g/100 g. Seveda pa so koeficienti variabilnosti glede deleža maščob relativno visoki, saj se moramo zavedati, da je pri takem načinu vzorčenja, opravljenem v več ponovitvah in serijah praktično nemogoče zagotoviti enak vzorec. Še najbolj konstantna je vsebnost vode v pleskavicah; v običajnih je vode 69,65 g/100 g, v pleskavicah *n*-3 pa je vode 69,24 g/100 g.

Preglednica 8: Osnovna kemijska sestava običajnih pleskavic in pleskavic s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin, z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri (NIR, *N* = 6)

Tip pleskavic	Statistični parameter	Parameter (g/100 g)				
		beljakovine	maščoba	voda	sol	kolagen
običajne	povprečna vrednost	19,41	7,47	69,65	0,79	0,34
	najmanjša vrednost	18,37	7,09	69,08	0,41	0,07
	največja vrednost	20,25	7,77	70,68	1,13	0,51
	standardni odklon	0,79	0,30	0,62	0,27	0,18
	koeficient variabilnosti (%)	4,1	4,0	0,9	34,0	52,9
<i>n</i> -3	povprečna vrednost	19,30	8,16	69,24	0,75	0,31
	najmanjša vrednost	18,73	7,52	68,86	0,45	0,17
	največja vrednost	20,35	9,32	69,74	1,05	0,47
	standardni odklon	0,61	0,81	0,33	0,23	0,13
	koeficient variabilnosti (%)	3,2	9,9	0,5	30,5	42,9

N – število obravnavanj v poskusu

4.2 MAŠČOBNOKISLINSKA SESTAVA

V preglednici 9 smo prikazali vpliv povečane vsebnosti *n*-3 maščobnih kislin, na maščobno kislinsko sestavo enega izmed končnih izdelkov (pleskavice). Dejstvo je, da krma vpliva na vsebnost določenih MK, kar je razvidno tudi iz preglednice. Tako pri običajnih pleskavicah kot pleskavicah *n*-3 največji delež maščobnih kislin predstavljajo enkrat nenasičene maščobne kisline (ENMK) – 43,7 % vs. 42,8 %. Kar je še pomembneje je, da je pri pleskavicah *n*-3 za 1,4 % večja vsebnost VNМК kot pri običajnih (23,6 % vs. 22,2 %). Na vsebnost kratkoverižnih NMK vrsta krme nima statistično značilnega vpliva.

Preglednica 9: Vpliv prehrane piščancev na vsebnost (povprečje ± standardni odklon) maščobnih kislin (g/100 g skupnih MK) v običajnih pleskavicah in pleskavicah s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin (*N* = 12)

Maščobna kislina (g/100 g skupnih MK)	Prehrana piščancev		z.
	običajna	s povečano vsebnostjo <i>n</i> -3 MK	
C6:0	0,30 ± 0,12	0,28 ± 0,13	nz
C8:0	0,15 ± 0,22	0,18 ± 0,27	nz
C10:0	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	nz
C12:0	0,12 ± 0,02	0,12 ± 0,02	nz
C14:0	0,71 ± 0,05	0,69 ± 0,02	nz
C14:1 <i>cis</i> -9	0,15 ± 0,02	0,15 ± 0,01	nz
C15:0	0,11 ± 0,01 ^a	0,10 ± <0,01 ^b	*
C15:1 <i>cis</i> -5	0,26 ± 0,01	0,26 ± 0,04	nz
C16:0	21,4 ± 0,21 ^a	21,0 ± 0,53 ^b	*
C16:1 <i>trans</i> -9	0,43 ± 0,02	0,41 ± 0,03	nz
C16:1 <i>cis</i> -9	4,46 ± 0,12	4,51 ± 0,17	nz
C17:0	0,17 ± 0,01 ^a	0,15 ± 0,01 ^b	**
C17:1 <i>trans</i> -9	0,13 ± 0,01	0,13 ± 0,01	nz
C17:1 <i>cis</i> -9	0,07 ± 0,02	0,06 ± 0,01	nz
C18:0	6,53 ± 0,07 ^a	6,20 ± 0,10 ^b	***
C18:1 <i>trans</i> -9	0,27 ± 0,08 ^a	0,17 ± 0,08 ^b	**
C18:1 <i>cis</i> -9	37,6 ± 0,60 ^a	36,8 ± 0,87 ^b	*
C18:2 <i>cis</i> -9,12	19,0 ± 0,94	18,3 ± 0,68	nz
C18:3 <i>cis</i> -6,9,12	0,10 ± 0,06	0,06 ± 0,07	nz
C18:3 <i>cis</i> -9,12,15	1,80 ± 0,47 ^b	3,98 ± 0,28 ^a	***
C20:1 <i>cis</i> -11	0,36 ± 0,02 ^a	0,32 ± 0,01 ^b	***
C20:4 & C20:3	0,85 ± 0,03 ^a	0,73 ± 0,03 ^b	***
C20:5 <i>cis</i> -5,8,11,14,17	<0,01	<0,01	-
C22:5 <i>cis</i> -4,7,10,13,16	0,20 ± 0,01 ^a	0,12 ± 0,06 ^b	***
C22:5 <i>cis</i> -7,10,13,16,19	0,15 ± 0,02 ^b	0,24 ± 0,03 ^a	***
C22:6 <i>cis</i> -4,7,10,13,16,19	0,12 ± 0,01 ^b	0,14 ± 0,02 ^a	***
NMK	29,5 ± 0,38 ^a	28,7 ± 0,53 ^b	***
ENMK	43,7 ± 0,70 ^a	42,8 ± 1,09 ^b	*
VNMK	22,2 ± 1,40 ^b	23,6 ± 1,03 ^a	**
trans	0,83 ± 0,07 ^a	0,71 ± 0,11 ^b	**
n-6	20,1 ± 0,91 ^a	19,2 ± 0,75 ^b	*
n-3	2,07 ± 0,49 ^b	4,36 ± 0,32 ^a	***
n-6/n-3	10,1 ± 2,02 ^a	4,43 ± 0,21 ^b	***
P/S	0,75 ± 0,05 ^b	0,82 ± 0,02 ^a	***

N – število obravnavanj znotraj skupine. z. – značilnost: *** $p \leq 0,001$ 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. P/S = VNMK/NMK. Srednje vrednosti z različno črko (^{a,b}) znotraj vrstice se statistično razlikujejo ($p \leq 0,05$; značilnost razlik med običajnimi pleskavicami in pleskavicami *n*-3).

V obeh tipih pleskavic je dokaj visok delež palmitinske maščobne kisline (C16:0) (približno 21 g/100 g), prevladuje pa seveda oleinska (C18:1*cis*-9) (36,8 g/100 g v *n*-3 in

37,6 g/100 g v običajnih pleskavicah). Med VNMK je najbolj zastopana linolna kislina (C18:2*cis*-9,12) – v pleskavicah *n*-3 predstavlja 18,3 % vseh maščobnih kislin, v običajnih pa še nekoliko več – 19,0 %.

Statistično zelo visoko značilen vpliv prehrane lahko opazimo pri vsebnosti α -linolenske kisline (ALA, C18:3*cis*-9,12,15), ki je *n*-3 maščobna kislina. V običajnih pleskavicah znaša vsebnost ALA 1,8 %, v pleskavicah *n*-3 pa je kar 3,98 %. Prav zaradi povečanja deleža ALA se v pleskavicah s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin izboljša tudi razmerje *n*-6/*n*-3, ki znaša 4,4:1, medtem ko je to razmerje pri običajnih pleskavicah veliko večje (10:1). Povečana vsebnost *n*-3 MK v pleskavicah statistično zelo visoko značilno vpliva na razmerje *n*-6/*n*-3. Izmed *n*-3 maščobnih kislin v nobeni vrsti pleskavic ni eikozapenta-enojske maščobne kisline (EPA) oziroma je le ta v koncentracijah pod mejo detekcije (< 0,01 %). Statistično zelo visoko značilno vpliva krma z lanenim semenom na povečanje preostalih *n*-3 MK (DPA in DHA).

Iz preglednice 9 je razvidno tudi, da vrsta prehrane statistično zelo visoko značilno vpliva na vsebnost skupnih *n*-3 maščobnih kislin. Pleskavice s povečano vsebnostjo *n*-3 v 100 g vsebujejo 4,36 g *n*-3 maščobnih kislin, na drugi strani pa običajne pleskavice vsebujejo več kot pol manj skupnih *n*-3 maščobnih kislin (2,07 g/100 g).

4.3 KONCENTRACIJA PLINOV V EMBALAŽNIH ENOTAH

V preglednici 10 so prikazani rezultati merjenja vsebnosti oziroma koncentracije plinov v embalažni enotah perutninskih pleskavic takoj ob pakiranju in po sedmih dneh skladiščenja pri temperaturi 4 °C.

Iz podatkov preglednice 10 je razvidno, da so med načini pakiranja značilne statistične razlike, kar je bilo pričakovano. Vsebnosti O₂ in CO₂ po 7 dneh skladiščenja se pri vseh načinih pakiranja statistično ne razlikujejo med običajnimi pleskavicami in pleskavicami *n*-3. Razumljivo pa se je delež CO₂ po 7 dneh skladiščenja zaradi raztapljanja CO₂ v pleskavicah zmanjšal. Izjema je le zavijanje v prepustne folije, kjer je po 7 dneh prišlo do rahlega povečanja vsebnosti CO₂, iz 0,8 % na 2,3–2,4 %. Pri odčitavanju rezultatov lahko opazimo, da je v embalažnih enotah MAP–IO₂+I statistično značilna razlika med vsebnostjo O₂ v običajnih in pleskavicah *n*-3. Zaradi precej problematičnega izpihovanja kisika iz mešalne komore plinov, je nekaj O₂ več v embalažnih enotah pleskavic *n*-3, ker smo te pakirali prej kot običajne.

Preglednica 10: Analiza vsebnosti plinov ob pakiranju in po 7 dneh skladiščenja običajnih pleskavic in pleskavic s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin ($N = 18$; Duncanov test, $\alpha = 0,05$)

Čas	Konc. (%)	Obogatitev	Način pakiranja					
			MAP-hCO ₂	Z-ICO ₂	MAP-hO ₂	MAP-IO ₂	MAP-IO ₂ +I	z.
ob pakiranju	O ₂	običajno	20,3 ± 0,3 ^C	21,2 ± 0,0 ^{Ba}	76,4 ± 1,5 ^{Ab}	0,6 ± 0,5 ^D	0,7 ± 0,2 ^{Db}	***
		<i>n</i> -3	20,4 ± 0,4 ^C	21,1 ± 0,0 ^{Bb}	77,4 ± 1,3 ^{Aa}	0,8 ± 0,2 ^E	1,3 ± 0,9 ^{Da}	***
		z.	nz	*	*	nz	*	
	CO ₂	običajno	29,8 ± 1,2 ^A	0,8 ± 0,0 ^D	22,2 ± 0,4 ^C	23,3 ± 0,7 ^{Bb}	22,0 ± 1,4 ^C	***
		<i>n</i> -3	30,7 ± 1,8 ^A	0,8 ± 0,0 ^D	21,8 ± 0,6 ^C	23,7 ± 0,5 ^{Ba}	21,6 ± 0,7 ^C	***
		z.	nz	nz	nz	*	nz	
po 7 dneh	O ₂	običajno	18,8 ± 1,9 ^B	19,2 ± 0,8 ^B	71,2 ± 24,8 ^A	0,5 ± 0,6 ^C	0,2 ± 0,8 ^C	***
		<i>n</i> -3	18,8 ± 2,6 ^B	19,6 ± 0,8 ^B	79,7 ± 2,1 ^A	0,5 ± 0,2 ^C	0,0 ± 0,1 ^C	***
		z.	nz	nz	nz	nz	nz	
	CO ₂	običajno	18,3 ± 1,3 ^A	2,3 ± 0,3 ^D	14,2 ± 0,5 ^B	13,9 ± 0,9 ^B	10,4 ± 1,0 ^C	***
		<i>n</i> -3	17,6 ± 1,6 ^A	2,4 ± 0,3 ^D	13,8 ± 0,8 ^B	13,8 ± 1,0 ^B	10,5 ± 1,2 ^C	***
		z.	nz	nz	nz	nz	nz	

N – število obravnavanj znotraj vsakega načina pakiranja. z. – značilnost: *** $p \leq 0,001$ statistično zelo 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, E}) znotraj vrstice se statistično razlikujejo ($p \leq 0,05$; značilnost razlik med načini pakiranja). Srednje vrednosti z različno črko (^{a, b}) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$; značilnost razlik med običajnimi in pleskavicami *n*-3).

4.4 INSTRUMENTALNO MERJENJE BARVE POVRŠINE

Rezultati instrumentalnega merjenja barve pleskavic so predstavljeni v preglednici 11. Barvo smo po 7 dneh skladiščenja izmerili s kromametrom Minolta CR 400 (Minolta, Japonska) na eni pleskavici iz vsake embalažne enote trikrat, kar je skupaj 540 meritev. Še najmanj variira vrednost L^* , ki podaja svetlost vzorca. Povprečna vrednost L^* vseh pleskavic je 51,10. Nekoliko bolj razpršene so vrednosti a^* in b^* , zaradi pričakovanih sprememb barvi pleskavic. MAP-hO₂ namreč omogoča razcvet lepe, rdeče barve mesa, MAP-IO₂ pa temnejšo barvo mesa. S tem lahko razložimo največje (20,92) in najmanjše (9,70) vrednosti a^* . Večja kot je vrednost parametra a^* , bolj je meso rdeče barve.

Preglednica 11: Rezultati merjenja barve običajnih pleskavic in pleskavic s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin, skladiščenih 7 dni pri temperaturi 4 °C, z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri

Vrednost	N	Vrednost			Standardni odklon	Koeficient variabilnosti (%)
		povprečna	najmanjša	največja		
L^*	531	51,10	41,91	58,69	2,82	6
a^*	531	14,79	9,70	20,92	1,95	13
b^*	531	14,75	9,52	19,68	1,81	12

N – število obravnavanj v poskusu.

Preglednica 12: Vpliv različnih načinov pakiranja presnih običajnih pleskavic in pleskavic s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin, skladiščenih 7 dni pri temperaturi 4 °C, na instrumentalno izmerjeno barvo (*N* = 54; Duncanov test, $\alpha = 0,05$)

Vrednost Obogatitev		Način pakiranja					z.
		MAP-hCO ₂	Z-ICO ₂	MAP-hO ₂	MAP-IO ₂	MAP-IO ₂ +I	
L*	običajno	49,60 ± 2,30 ^{Bb}	50,01 ± 2,54 ^{ABb}	50,70 ± 2,12 ^{Ab}	49,30 ± 2,84 ^{Bb}	49,49 ± 2,73 ^{Bb}	*
	<i>n</i> -3	51,51 ± 2,25 ^{Ba}	52,44 ± 2,44 ^{ABa}	52,87 ± 2,06 ^{Aa}	52,60 ± 2,82 ^{Aa}	52,42 ± 2,59 ^{ABa}	*
	z.	***	***	***	***	***	
a*	običajno	14,29 ± 2,10 ^B	15,82 ± 2,15 ^A	14,59 ± 2,05 ^B	13,69 ± 1,60 ^C	15,47 ± 1,47 ^A	***
	<i>n</i> -3	14,48 ± 1,91 ^B	15,99 ± 1,77 ^A	14,94 ± 1,67 ^B	13,24 ± 1,47 ^C	15,60 ± 1,19 ^A	***
	z.	nz	nz	nz	nz	nz	
b*	običajno	15,32 ± 0,86 ^B	16,23 ± 1,28 ^A	15,25 ± 0,79 ^{Bb}	13,92 ± 1,58 ^C	12,82 ± 1,40 ^C	***
	<i>n</i> -3	15,44 ± 0,95 ^B	16,57 ± 1,21 ^A	15,67 ± 1,19 ^{Ba}	13,98 ± 1,39 ^C	12,56 ± 1,63 ^D	***
	z.	nz	nz	*	nz	nz	

N – število obravnavanj znotraj vsakega načina pakiranja. z. – značilnost: *** $p \leq 0,001$ statistično zelo 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 vrstice se statistično razlikujejo ($p \leq 0,05$; značilnost razlik med načini pakiranja). Srednje vrednosti z različno črko (^{a,b}) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$; značilnost razlik med običajnimi pleskavicami in pleskavicami *n*-3).

Iz preglednice 12 lahko povzamemo vpliv različnih načinov pakiranja na oblikovanje barve oziroma parametre L*, a* in b*. Način pakiranja statistično značilno vpliva na vrednost L* ($p \leq 0,05$) in statistično zelo visoko značilno na vrednosti a* in b* ($p \leq 0,001$). Iz podanih vrednosti L* lahko razberemo tudi statistično značilne razlike med običajnimi pleskavicami in pleskavicami s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin. Večje izmerjene vrednosti L* so bile izmerjene na pleskavicah *n*-3, ne glede na način pakiranja.

Meso, uporabljeno za izdelavo običajnih pleskavic ali pleskavic *n*-3, ne vpliva značilno na izmerjeni vrednosti a* in b* ($p > 0,05$). So pa opazne statistične značilne razlike med načini pakiranja. Tako lahko namreč trdimo, da so vrednosti a* in b* običajnih pleskavic in pleskavic *n*-3, pakiranih v prepustno folijo (Z-ICO₂), statistično značilno večje od ostalih pakiranj, predvsem od MAP-IO₂, manj od MAP-hCO₂ in MAP-hO₂, v vrednosti b* pa tudi od MAP-IO₂+I. Srednje vrednosti parametrov a* in b* pleskavic, pakiranih v MAP-hCO₂, se razlikujejo od pleskavic, pakiranih v MAP-hO₂, vendar razlika ni statistično značilna.

4.5 ŠTEVILO TBK

Preglednica 13 prikazuje rezultate in izračunane osnovne statistične parametre za število TBK v presnih običajnih pleskavicah in pleskavicah *n*-3. Posledica različnih načinov pakiranja in koncentracij plinov v teh embalažnih enotah so zelo različne vrednosti števila TBK med vzorci, kar lahko sklepamo iz zelo visokega koeficienta variabilnosti (108 %). Že ob pogledu na najmanjšo in največjo vrednost števila TBK nam je jasno, da je stopnja oksidacije vzorcev zelo različna.

Preglednica 13: Rezultati števila TBK v presnih običajnih pleskavic in pleskavic s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin, pakiranih v različne atmosfere in skladiščenih 7 dni pri temperaturi 4 °C, z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri

Parameter (mg/kg)	N	Vrednost			Standardni odklon	Koeficient variabilnosti (%)
		povprečna	najmanjša	največja		
TBK	531	0,24	0,08	1,79	0,26	108

N – število obravnavanj v poskusu

Preglednica 14: Vpliv načina pakiranja presnih običajnih pleskavic in pleskavic s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin, skladiščenih 7 dni pri temperaturi 4 °C, na število TBK (*N* = 54; Duncanov test, $\alpha = 0,05$)

Obogatitev	Način pakiranja					z.
	MAP–hCO ₂	Z–ICO ₂	MAP–hO ₂	MAP–IO ₂	MAP–IO ₂ +I	
običajno	0,17 ± 0,05 ^{Bb}	0,18 ± 0,03 ^{Bb}	0,38 ± 0,22 ^{Ab}	0,13 ± 0,01 ^{Bb}	0,12 ± 0,02 ^{Bb}	***
<i>n</i> -3	0,20 ± 0,07 ^{Ba}	0,25 ± 0,06 ^{Ba}	0,69 ± 0,57 ^{Aa}	0,14 ± 0,02 ^{Ba}	0,15 ± 0,03 ^{Ba}	***
z.	*	***	***	***	***	

N – število obravnavanj znotraj vsakega načina pakiranja. z. – značilnost: *** $p \leq 0,001$ statistično zelo visoko značilen vpliv; * $p \leq 0,05$ statistično značilen vpliv. Srednje vrednosti z različno črko (^{A,B}) znotraj vrstice se statistično razlikujejo ($p \leq 0,05$; značilnost razlik med načini pakiranja). Srednje vrednosti z različno črko (^{a,b}) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$; značilnost razlik med običajnimi pleskavicami in pleskavicami *n*-3).

Ugotavljanje števila TBK oziroma vsebnosti malonaldehida je ena izmed enostavnejših analiz za ugotavljanje stopnje oksidacije maščobe oziroma mesa. Iz preglednice 14 je razvidno, da spreminjanje atmosfere v embalažnih enotah običajnih pleskavic in pleskavic *n*-3 statistično značilno ($p \leq 0,001$) vpliva na stopnjo oksidacije oziroma število TBK. Razvidna je tudi statistično značilna razlika med običajnimi pleskavicami in pleskavicami *n*-3, ne glede na način pakiranja. Največje vrednosti števila TBK se pojavljajo v embalažnih enotah MAP–hO₂, in sicer za običajne pleskavice znaša povprečna vrednost števila TBK 0,38 mg MA/kg, za pleskavice *n*-3 pa 0,69 mg MA/kg. Očitne razlike so tudi med načini pakiranja; vrednosti števila TBK, pakiranih v MAP–hO₂, se namreč statistično značilno razlikujejo od vseh ostalih načinov pakiranja, ne glede na način prehrane piščancev. Med srednjimi vrednostmi števila TBK v vseh načinih pakiranja, razen v MAP–hO₂, ni statistično značilnih razlik. Trdimo lahko, da pakiranje v atmosfero zelo bogato s kisikom (MAP–hO₂) povzroča najvišjo stopnjo oksidacije pleskavic. Pričakovano najmanjša števila TBK smo določili v embalažnih enotah MAP–IO₂ in MAP–IO₂+I, zaradi zelo majhne koncentracije O₂ v embalažnih enotah. Iz preglednice 14 je razvidno, da z zmanjšanjem koncentracije kisika v embalažni enoti prihaja do manjšega nastajanja malonaldehida.

4.6 VSEBNOST HOLESTEROLA IN OKSIDOV HOLESTEROLA

V preglednici 15 so podani rezultati analiz, v katerih smo ugotavljali količino oksidov holesterola na pečenih pleskavicah. Vsebnosti skupnih in posameznih oksidov holesterola ter holesterola so podani v enotah mg/kg pečene pleskavice.

Preglednica 15: Rezultati določanja holesterola in holesterol oksidov v pečenih pleskavicah z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri

Parameter (mg/kg)	N	Vrednost			Standardni odklon	Koeficient variabilnosti (%)
		povprečna	najmanjša	največja		
7 α -HC	60	3,35	0,00	18,35	5,34	159
7 β -HC	60	6,72	0,01	36,77	10,68	159
20 α -HC	60	6,62	0,10	36,67	10,57	160
22-HC	60	3,64	0,01	18,50	5,63	154
25-HC	60	3,65	0,02	18,41	5,66	155
Σ OC	60	24,33	0,38	128,70	37,80	155
holesterol	60	558,12	465,90	585,81	33,26	6
oksidacija (%)	60	41,11	0,66	216,44	63,41	154

N – število obravnavanj v poskusu

Holesterol lahko oksidira pod vplivom nekaterih encimov (endogeni dejavniki) ali pa zaradi različnih dejavnikov, kot so prisotnost kisika, toplota, prooksidativni ioni, večkrat nenasičene maščobne kisline in sevanje (eksogeni dejavniki). V našem poskusu smo z GC-MS v pečenih pleskavicah določili pet različnih oksidov holesterola, in sicer 7 α -hidroksiholesterol (7 α -HC), 7 β -hidroksiholesterol (7 β -HC), 20 α -hidroksiholesterol (20 α -HC), 22-hidroksiholesterol (22-HC) in 25-hidroksiholesterol (25-HC). V največjem obsegu sta zastopana 7 β -HC in 20 α -HC (6,62–6,72 mg/kg), sledijo pa ostali trije hidroksiholesteroi, in to so 7 α -HC, 22-HC in 25-HC (3,35–3,65 mg/kg).

Skupna vsebnost oksidov holesterola v našem poskusu je v območju med 0,38 in 128,70 mg/kg, povprečje pa je 24,33 mg/kg pečenih pleskavic. Skupnih oksidov holesterola smo v embalažnih enotah z zelo majhno vsebnostjo kisika (MAP-IO₂ in MAP-IO₂+Sc) določili med 0,42 in 4,56 mg/kg, v atmosferi podobni zraku (MAP-hCO₂ in Z-ICO₂) med 5,91 in 20,69 mg/kg ter v atmosferi bogati s kisikom (MAP-hO₂) med 97,31 in 101,02 mg/kg (preglednica 16).

Po 7 dnevem skladiščenju v embalažnih enotah z zelo majhno koncentracijo kisika in lovilci (MAP-IO₂+l) nastane trikrat manj skupnih oksidov holesterola kot v MAP-IO₂ (razlika neznačilna), in okoli sedemkrat manj kot v MAP-hCO₂. Tudi do stokrat več skupnih oksidov holesterola se oblikuje v atmosferi, bogati s kisikom (Z-ICO₂ in MAP-hO₂). Pri pakiranju pleskavic v MAP-hCO₂ je nastalo statistično značilno manj

oksidov holesterola kot v Z-ICO₂, čeprav se deleži kisika v embalažnih enotah v obeh načinih pakiranja po sedmih dneh skladiščenja statistično niso razlikovali.

Poudariti moramo, da smo ugotovili značilne razlike v vsebnosti oksidov holesterola med običajnimi pleskavicami in pleskavicami *n*-3 v embalažnih enotah MAP-hCO₂, Z-ICO₂, MAP-IO₂ in MAP-IO₂+I. Povprečne vsebnosti za posamezne in skupne okside holesterola so namreč v pleskavicah *n*-3 pri teh načinih pakiranja statistično značilno večje.

Preglednica 16: Vpliv načina pakiranja običajnih pleskavic in pleskavic s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin na vsebnost holesterola in oksidov holesterola po pečenju na dvoploščnem žaru (*N* = 6; Duncanov test, α = 0,05)

Param. (mg/kg)	Obogatitev	Način pakiranja					z.
		MAP-hCO ₂	Z-ICO ₂	MAP-hO ₂	MAP-IO ₂	MAP-IO ₂ +I	
7 α -HC	običajno	0,86 ± 0,17 ^{BCb}	1,90 ± 0,30 ^{Bb}	13,89 ± 2,20 ^A	0,12 ± 0,03 ^{Cb}	0,02 ± 0,03 ^{Cb}	***
	<i>n</i> -3	1,25 ± 0,17 ^{BCa}	2,96 ± 0,60 ^{Ba}	14,43 ± 3,58 ^A	0,65 ± 0,11 ^{Ca}	0,21 ± 0,06 ^{Ca}	***
	z.	**	**	nz	***	***	
7 β -HC	običajno	1,71 ± 0,37 ^{BCb}	3,68 ± 0,59 ^{Bb}	27,84 ± 4,48 ^A	0,28 ± 0,19 ^{Cb}	0,10 ± 0,08 ^{Cb}	***
	<i>n</i> -3	2,51 ± 0,38 ^{BCa}	5,90 ± 1,13 ^{Ba}	28,87 ± 7,18 ^A	1,30 ± 0,23 ^{Ca}	0,48 ± 0,17 ^{Ca}	***
	z.	**	**	nz	***	***	
20 α -HC	običajno	1,74 ± 1,38 ^{BCb}	3,44 ± 0,65 ^{Bb}	27,74 ± 4,26 ^A	0,36 ± 0,23 ^{Cb}	0,17 ± 0,06 ^{Cb}	***
	<i>n</i> -3	2,41 ± 0,35 ^{BCa}	5,88 ± 1,10 ^{Ba}	28,84 ± 7,21 ^A	1,32 ± 0,09 ^{Ca}	0,36 ± 0,16 ^{Ca}	***
	z.	*	**	nz	**	*	
22-HC	običajno	0,83 ± 0,11 ^{BCb}	1,78 ± 0,28 ^{Bb}	14,59 ± 2,65 ^A	0,19 ± 0,14 ^{BCb}	0,04 ± 0,03 ^{Cb}	***
	<i>n</i> -3	1,19 ± 1,05 ^{BCa}	2,95 ± 0,60 ^{Ba}	14,43 ± 3,63 ^A	0,70 ± 0,18 ^{Ca}	0,25 ± 0,03 ^{Ca}	***
	z.	**	**	nz	***	***	
25-HC	običajno	0,78 ± 0,22 ^{BCb}	1,76 ± 0,30 ^{Bb}	14,70 ± 2,61 ^A	0,12 ± 0,09 ^{Cb}	0,11 ± 0,06 ^{Cb}	***
	<i>n</i> -3	1,27 ± 0,26 ^{BCa}	3,00 ± 0,57 ^{Ba}	14,45 ± 3,58 ^A	0,59 ± 0,03 ^{Ca}	0,25 ± 0,09 ^{Ca}	***
	z.	**	**	nz	**	*	
Σ OC	običajno	5,91 ± 1,19 ^{BCb}	12,83 ± 2,01 ^{Bb}	97,31 ± 15,30 ^A	1,08 ± 0,55 ^{Cb}	0,42 ± 0,03 ^{Cb}	***
	<i>n</i> -3	8,63 ± 1,29 ^{BCa}	20,69 ± 4,00 ^{Ba}	101,02 ± 25,18 ^A	4,56 ± 0,89 ^{Ca}	1,65 ± 0,20 ^{Ca}	***
	z.	**	**	nz	***	***	
holes.	običajno	573,34 ± 3,78 ^{AB}	567,46 ± 7,77 ^B	493,94 ± 15,02 ^C	578,36 ± 2,85 ^A	578,29 ± 3,38 ^A	***
	<i>n</i> -3	570,35 ± 3,45 ^{AB}	562,90 ± 9,78 ^B	497,34 ± 22,69 ^C	577,92 ± 6,05 ^A	581,32 ± 3,27 ^A	***
	z.	nz	nz	nz	nz	nz	
oksid. (%)	običajno	1,0 ± 0,2 ^{BCb}	2,2 ± 0,3 ^{Bb}	16,3 ± 2,5 ^A	0,2 ± 0,1 ^{Cb}	0,1 ± 0,0 ^{Cb}	***
	<i>n</i> -3	1,5 ± 0,2 ^{BCa}	3,5 ± 0,7 ^{Ba}	16,9 ± 4,1 ^A	0,8 ± 0,2 ^{Ca}	0,3 ± 0,0 ^{Ca}	***
	z.	**	**	nz	***	***	

N – število obravnavanj znotraj vsakega načina pakiranja. Param. – parameter. Σ OC – vsota oksidov holesterola. holes. – holesterol. oksid. (%) – stopnja oksidacije holesterola. z. – značilnost: *** $p \leq 0,001$ 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}) znotraj vrstice se statistično razlikujejo ($p \leq 0,05$; značilnost razlik med načini pakiranja). Srednje vrednosti z različno črko (^{a,b}) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$; značilnost razlik med običajnimi pleskavicami in pleskavicami *n*-3).

Ker je največ oksidov holesterola nastalo v pleskavicah, pakiranih MAP-hO₂, je tam seveda tudi najvišja stopnja oksidacije holesterola – 16,3 % v običajnih in 16,9 % v pleskavicah *n*-3. Nasprotno pa je skoraj neznatno oksidiral holesterol v embalažnih enotah z majhno koncentracijo kisika (manj kot 1 %).

Povprečno so pečene pleskavice vsebovale 558,12 ± 33,26 mg holesterola/kg. Način prehrane piščancev ne statistično značilno vpliva na vsebnost holesterola v pleskavicah ; praktično enake vrednosti smo določili v običajnih pleskavicah in pleskavicah *n*-3. Pač pa smo ugotovili, da način pakiranja vpliva značilno na vsebnost holesterola. Najmanj holesterola je v pleskavicah, pakiranih v MAP-hO₂ (približno 493–497 mg/kg), največ pa v MAP-IO₂+I (približno 578–581 mg/kg), kar je posledica obsežne oksidacije v primeru pakiranja v atmosfero bogato s kisikom.

4.7 SENZORIČNA ANALIZA

Rezultati senzorične analize presnih (oksidiranost barve) ter pečenih običajnih pleskavic in pleskavic, pakiranih v različne atmosfere, z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri so podani v preglednici 17. Opazimo lahko zelo variabilne senzorične lastnosti pečenih pleskavic, saj je najmanjši koeficient variabilnosti (110 %) pri senzorični oceni tujih vonjev, ostale ocene senzoričnih parametrov pa variirajo še bolj, vse do koeficienta variabilnosti 136 % (vonj po žarkem). Razlog za tako veliko, a pričakovano nehomogenost rezultatov je seveda v različnih načinih pakiranja – v embalažnih enotah MAP-IO₂ je posledično barva mesa temnejša, bolj purpurna, zmanjšana je oksidacija ter nastanek različnih arom in vonjev. V nasprotnem primeru pa je na primer pakiranje MAP-hO₂, pri katerem mioglobin oksigenira, barva mesa postane atraktivno svetlo rdeča, lahko pa zasledimo različne neželene vonje in arome. Rezultati senzoričnega ocenjevanja torej močno variirajo zaradi vpliva različnih načinov pakiranja na barvo in ostale senzorične lastnosti običajnih pleskavic in pleskavic s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin.

Preglednica 17: Rezultati senzorične analize presnih (oksidiranost barve) in pečenih običajnih pleskavic in pleskavicah *n*-3, pakiranih v različne atmosfere in skladiščenih 7 dni pri temperaturi 4 °C, z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri

Lastnost (0–4 točke)	N	Vrednost			Standardni odklon	Koeficient variabilnosti (%)
		povprečna	najmanjša	največja		
oksidiranost barve	708	1,4	0,0	3,5	1,1	79
vonj po žarkem	706	0,6	0,0	3,0	0,8	136
vonj po starem	706	0,6	0,0	3,0	0,8	136
aroma po žarkem	706	0,6	0,0	3,5	0,9	145
aroma po starem	706	0,6	0,0	3,0	0,8	127
tuji vonji	707	0,5	0,0	4,0	0,6	110
tuje arome	706	0,5	0,0	4,0	0,6	116

N – število obravnavanj v poskusu

Načini pakiranja z različnimi koncentracijami O₂, CO₂ in N₂ statistično zelo visoko značilno vplivajo na vse ocenjevane senzorične lastnosti običajnih in pleskavic *n*-3.

Preglednica 18: Vpliv načina pakiranja običajnih pleskavic in pleskavic s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin, skladiščenih 7 dni pri temperaturi 4 °C, na senzorično oceno oksidiranosti barve (*N* = 72; Duncanov test, α = 0,05)

Lastnost (0–4 točke)	Obogatitev	Način pakiranja					z.
		MAP–hCO ₂	Z–lCO ₂	MAP–hO ₂	MAP–lO ₂	MAP–lO ₂ +l	
oksidiranost	običajno	0,8 ± 0,3 ^C	0,3 ± 0,2 ^D	0,9 ± 0,3 ^{Ca}	3,1 ± 0,4 ^{Aa}	2,3 ± 0,5 ^{Ba}	***
barve	<i>n</i> -3	0,8 ± 0,3 ^C	0,3 ± 0,3 ^E	0,5 ± 0,4 ^{Db}	2,7 ± 0,9 ^{Ab}	1,9 ± 0,3 ^{Bb}	***
	z.	nz	nz	***	***	***	

N – število obravnavanj znotraj vsakega načina pakiranja. z. – značilnost: *** $p \leq 0,001$ statistično zelo visoko značilen vpliv; nz – $p > 0,05$ statistično neznačilen vpliv. Srednje vrednosti z različno črko (^{A,B,C,D,E}) znotraj vrstice se statistično razlikujejo ($p \leq 0,05$; značilnost razlik med načini pakiranja). Srednje vrednosti z različno črko (^{a,b}) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$; značilnost razlik med običajnimi pleskavicami in pleskavicami *n*-3).

Preglednica 18 prikazuje vpliv načina pakiranja na poslabšanje barve običajnih pleskavic in pleskavic *n*-3. Način pakiranja statistično značilno ($p \leq 0,001$) vpliva na oksidiranost barve tako običajnih pleskavic kot tudi pleskavic *n*-3. Senzorični preizkuševalci so ocenjevali senzorične parametre z ocenami od 0-4. Pri ocenjevanju oksidiranosti barve pomeni vrednost 0 svetlo rdečo, oksigenirano barvo pleskavice, ki smo jo smatrali kot optimalno. Ocena 4 točke pa pomeni popolnoma oksidirano, sivo rjavo barvo. Zanimivo je najmanj oksidirana barva običajnih in pleskavic *n*-3 v embalažnih enotah v Z–lCO₂ (0,3 točke), nekoliko bolj pa v embalažnih enotah MAP–hCO₂ in MAP–hO₂ (0,5–0,9 točke). Najbolj se je poslabšala barva pleskavic, pakiranih v modificirano atmosfero z majhno koncentracijo kisika (MAP–lO₂ in MAP–lO₂+l).

Na splošno se barva običajnih pleskavic bolj poslabša v primerjavi s pleskavicami *n*-3, vendar so razlike značilne le pri tistih pleskavicah, ki so bile v embalažnih enotah MAP–hO₂, MAP–lO₂ in MAP–lO₂+l.

Iz preglednice 19 sta razvidna vpliv obogatitve prehrane piščancev in vpliv načina pakiranja na senzorično oceno vonja pečenih pleskavic. Način pakiranja statistično značilno vpliva ($p \leq 0,001$) na oceno vonja po žarkem in starem ter tuje vonje pečenih pleskavic.

Preglednica 19: Vpliv načina pakiranja običajnih pleskavic in pleskavic s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin, skladiščenih 7 dni pri temperaturi 4 °C, na senzorično oceno vonja po pečenju na dvoploščnem žaru ($N = 72$; Duncanov test, $\alpha = 0,05$)

Lastnost (0–4 točke)	Obogatitev	Način pakiranja					
		MAP-hCO ₂	Z-ICO ₂	MAP-hO ₂	MAP-IO ₂	MAP-IO ₂ +I	Z.
vonj po žarkem	običajno	0,0 ± 0,0 ^D	1,1 ± 0,7 ^B	1,4 ± 0,7 ^{Ab}	0,1 ± 0,3 ^{CDa}	0,2 ± 0,4 ^C	***
	<i>n</i> -3	0,0 ± 0,0 ^D	1,0 ± 0,6 ^B	1,9 ± 0,5 ^{Aa}	0,0 ± 0,0 ^{Db}	0,2 ± 0,4 ^C	***
	z.	nz	nz	***	**	nz	
vonj po starem	običajno	0,1 ± 0,3 ^C	1,1 ± 0,7 ^{Bb}	1,4 ± 0,9 ^A	0,1 ± 0,2 ^C	0,1 ± 0,3 ^C	***
	<i>n</i> -3	0,1 ± 0,2 ^B	1,5 ± 0,7 ^{Aa}	1,3 ± 0,6 ^A	0,0 ± 0,1 ^B	0,1 ± 0,2 ^B	***
	z.	nz	**	nz	*	nz	
tuji vonji	običajno	0,5 ± 0,5 ^{Ca}	0,9 ± 0,7 ^A	0,5 ± 0,4 ^{Ca}	0,7 ± 0,5 ^{Ba}	0,4 ± 0,4 ^C	***
	<i>n</i> -3	0,2 ± 0,4 ^{Cb}	1,0 ± 0,9 ^A	0,3 ± 0,4 ^{Cb}	0,3 ± 0,4 ^{BCb}	0,5 ± 0,4 ^B	***
	z.	**	nz	***	***	nz	

N – število obravnavanj znotraj vsakega načina pakiranja. z. – značilnost: *** $p \leq 0,001$ statistično zelo visoko značilen vpliv; ** $p \leq 0,01$ statistično visoko značilen vpliv; nz – $p > 0,05$ statistično neznačilen vpliv. Srednje vrednosti z različno črko (^{A,B,C,D,E}) znotraj vrstice se statistično razlikujejo ($p \leq 0,05$; značilnost razlik med načini pakiranja). Srednje vrednosti z različno črko (^{a,b}) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$; značilnost razlik med običajnimi pleskavicami in pleskavicami *n*-3).

Izražen vonj po žarkem so preskuševalci zaznali predvsem v embalažnih enotah z veliko vsebnostjo kisika (MAP-hO₂) in Z-ICO₂, s tem, da je bil vonj po žarkem bolj izražen pri pleskavicah *n*-3 kot pri običajnih pleskavicah. Vonj po žarkem pleskavic, pakiranih v MAP-hCO₂, ni bil zaznan (0,0).

Tudi vonj po starem so preskuševalci zaznali predvsem v embalažnih enotah z veliko vsebnostjo kisika (MAP-hO₂ in Z-ICO₂). Vonj po starem je bil le pri pleskavicah *n*-3, zavrtih v prepustno folijo (Z-ICO₂) bolj izrazit kot pri običajnih. Najmanj je bil vonj po starem zaznan v pleskavicah, pakiranih v MAP-hCO₂, MAP-IO₂ in MAP-IO₂+I.

Poleg vonja po žarkem in starem so preskuševalci zaznali tudi razne druge tuje vonje, ki so jih opisovali kot vonj po kislem ali po kvaru v primeru običajnih pleskavic oziroma rahlo po lanenem olju ali ribah pri pleskavicah *n*-3. Nekoliko bolj so bili izraziti tuji vonji pri običajnih pleskavicah. Zanimivo so bili tuji vonji statistično značilno najbolj izraziti v pleskavicah, pakiranih v Z-ICO₂.

Iz preglednice 20 sta razvidna vpliv obogatitve prehrane piščancev in vpliv načina pakiranja na senzorično oceno arome pečenih pleskavic. Način pakiranja statistično značilno vpliva ($p \leq 0,001$) na oceno arome po žarkem in starem ter tuje arome pečenih pleskavic. Aroma je pomemben parameter senzorične ocene živilskega izdelka, saj je kombinacija zaznave vonja, okusa in občutka v ustih.

Podobno kot smo opazili že pri senzoričnih ocenah vonja po žarkem, so preskuševalci tudi aromo po žarkem zaznali predvsem v embalažnih enotah z veliko vsebnostjo kisika (MAP-hO₂) in Z-ICO₂, s tem, da je bila aroma po žarkem bolj izražena v MAP-hO₂ embalažnih enotah pleskavic *n*-3 (2,4 točke) kot pri običajnih (1,6 točke). V pleskavicah, pakiranih v MAP-hCO₂, aroma po žarkem ni bila zaznana in je bila statistično značilno različna od arome po žarkem pleskavic, pakiranih v Z-ICO₂.

Tudi aromo po starem so preskuševalci zaznali predvsem v embalažnih enotah z veliko vsebnostjo kisika (MAP-hO₂) in Z-ICO₂, izjemoma pa tudi v embalažnih enotah z malo kisika. Aroma po starem je bila bolj izrazita pri pleskavicah *n*-3 zaviti v prepustno folijo (Z-ICO₂) v primerjavi z običajnimi, v primeru embalažnih enot MAP-hO₂ pa med običajnimi pleskavicami in pleskavicami *n*-3 ni razlik (1,5 točke). Statistično značilno najmanj so preskuševalci zaznali aromo po starem pri pleskavicah, pakiranih v MAP-hCO₂ in MAP-IO₂.

Preskuševalci so zaznali tudi tuje arome, praktično v vseh embalažnih enotah ($p \leq 0,05$), ne glede na to ali gre za običajne pleskavice ali pleskavice *n*-3. Najbolj izrazite tuje arome (1,0–1,1 točke) so preskuševalci zaznali v embalažnih enotah v atmosferi Z-ICO₂, v vseh ostalih embalažnih enotah pa bistveno manj (0,2–0,5 točke).

Preglednica 20: Vpliv načina pakiranja običajnih pleskavic in pleskavic s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin, skladiščenih 7 dni pri temperaturi 4 °C, na senzorično oceno arome po pečenju na dvoploščnem žaru ($N = 72$; Duncanov test, $\alpha = 0,05$)

Lastnost (0–4 točke)	Obogatitev	Način pakiranja					z.
		MAP-hCO ₂	Z-ICO ₂	MAP-hO ₂	MAP-IO ₂	MAP-IO ₂ +I	
aroma po žarkem	običajno	0,0 ± 0,0 ^C	1,1 ± 0,7 ^B	1,6 ± 0,8 ^{Ab}	0,0 ± 0,1 ^{Ca}	0,1 ± 0,3 ^C	***
	<i>n</i> -3	0,0 ± 0,1 ^D	1,1 ± 0,7 ^B	2,4 ± 0,8 ^{Aa}	0,0 ± 0,1 ^{Db}	0,2 ± 0,3 ^C	***
	z.	nz	nz	***	nz	nz	
aroma po starem	običajno	0,2 ± 0,3 ^{Ca}	1,1 ± 0,6 ^{Bb}	1,5 ± 0,8 ^A	0,2 ± 0,3 ^{Ca}	0,3 ± 0,3 ^C	***
	<i>n</i> -3	0,0 ± 0,2 ^{BCb}	1,5 ± 0,7 ^{Aa}	1,5 ± 0,9 ^A	0,0 ± 0,1 ^{Cb}	0,2 ± 0,3 ^B	***
	z.	**	**	nz	***	nz	
tuje arome	običajno	0,4 ± 0,5 ^{Ba}	1,0 ± 0,7 ^A	0,5 ± 0,4 ^{Ba}	0,5 ± 0,4 ^{Ba}	0,3 ± 0,3 ^{Cb}	***
	<i>n</i> -3	0,2 ± 0,3 ^{Cb}	1,1 ± 0,8 ^A	0,3 ± 0,4 ^{BCb}	0,3 ± 0,4 ^{Bb}	0,4 ± 0,4 ^{Ba}	***
	z.	***	nz	**	*	*	

N – število obravnavanj znotraj vsakega načina pakiranja. z. – značilnost: *** $p \leq 0,001$ 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,E}) znotraj vrstice se statistično razlikujejo ($p \leq 0,05$; značilnost razlik med načini pakiranja). Srednje vrednosti z različno črko (^{a,b}) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$; značilnost razlik med običajnimi pleskavicami in pleskavicami *n*-3).

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Perutninske pleskavice s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin so zaradi večje vsebnosti večkrat nenasičenih maščobnih kislin zelo podvržene oksidaciji. Z uporabo različnih koncentracij plinov ob pakiranju teh pleskavic je mogoče kontrolirati oziroma zagotavljati kakovost izdelka ter preprečevati oksidacijo maščob in poslabšanje barve, ostalih senzoričnih parametrov ter tvorbo oksidov holesterola. Poleg tega smo želeli določiti tudi maščobno kislinsko sestavo pleskavic in morebitne posledice oksidacije le-teh predvsem v primeru pleskavic *n*-3.

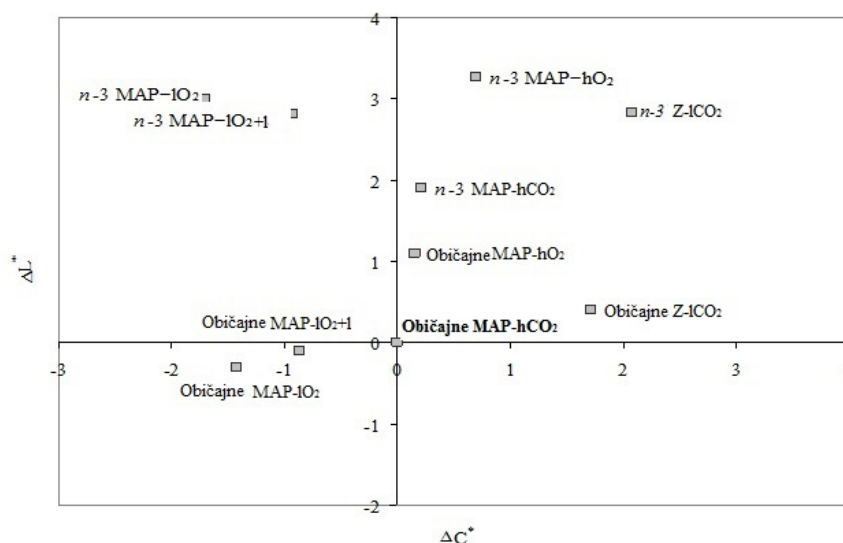
V pleskavicah *n*-3 je bila povečana vsebnost maščob (8,16 g/100 g) v primerjavi z običajnimi pleskavicami (7,47 g/100 g). Na splošno so pleskavice vsebovale približno 29 % NMK, približno 43 % ENMK in 23 % VNMK (delež VNMK je večji pri pleskavicah *n*-3). Glede na Referenčne vrednosti...(2004) je maščobno kislinska sestava pleskavic z zdravstvenega vidika primerna. Nasičenih maščobnih kislin, ki povečujejo koncentracijo LDL-holesterola v krvi, je manj kot ENMK in VNMK skupaj, ki jih je približno 66 % od vseh maščobnih kislin in manjšajo koncentracijo LDL-holesterola v krvi. Razmerje med VNMK in NMK oziroma indeks P/S naših pleskavic (običajne – 0,75 in *n*-3 – 0,82) je nekoliko nižji v primerjavi z vrednostmi za slovensko piščančje meso, ki jih navajajo Golob in sod. (2006). Wood in sod. (2004) opozarjajo, da ima večina vrst mesa razmerje P/S okoli 0,1.

Predpostavili smo, da bomo pri pleskavicah *n*-3 določili večje koncentracije *n*-3 maščobnih kislin in ugodnejše razmerje *n*-6/*n*-3. To smo tudi uspeli. Delež maščobnih kislin *n*-3 je v pleskavicah *n*-3 (4,36 g/100 g), več kot dvakrat večji kot v običajnih pleskavicah (2,07 g/100 g). K povečanju vsebnosti *n*-3 MK doprinese največ ALA. Med dolgoverižnimi *n*-3 VNMK tako kot v drugih študijah (Crespo in Esteve-Garcia, 2002; Shen in sod., 2005; Zelenka in sod., 2008) tudi v naši prevladuje DPA. Zanimivo pa so v maščobno kislinski sestavi perutnine Lopez-Ferrer in sod. (2001) ugotovili, da je bila v njihovih vzorcih med dolgoverižnimi *n*-3 VNMK najbolj zastopana DHA, katere je bilo v naših pleskavicah za 61–65 % manj kot DPA. V primerjavi z rezultati študije, ki so jo opravili Betti in sod. (2009a), v kateri so analizirali maščobno kislinsko sestavo brojlerjev, krmljenih z lanenim semenom, je bil delež ALA v naših pleskavicah *n*-3 nekoliko nižji, deleža DPA in DHA pa večja.

Enser in sod. (2001) priporočajo razmerje *n*-6/*n*-3 nižje kot 4:1, glede na to, da je to razmerje eden izmed dejavnikov tveganja za nastanek rakavih in koronarnih bolezni. V pleskavicah *n*-3 smo dosegli razmerje (4,4:1), medtem ko je bilo v običajnih pleskavicah razmerje *n*-6/*n*-3 občutno večje (10:1).

Dejstvo je, da se je delež plinov (O_2 in CO_2) v embalažnih enotah med 7-dnevnim skladiščenjem pri 4 °C spremenil. Do sprememb deležev CO_2 in O_2 po skladiščenju pride zaradi raztapljanja plinov v pleskavicah, sproščanja plinov ob mišičnem dihanju ter nastajanja plinov, ki jih proizvajajo bakterije, prisotne v mesu (Keokamnerd in sod., 2008). Ugotavljamo, da se je koncentracija CO_2 v embalažnih enotah po 7 dnevnem skladiščenju zmanjšala pri vseh načinih pakiranja (razen v $Z-ICO_2$, kjer se je rahlo povečala): pri MAP- hCO_2 se je vsebnost CO_2 znižala za 39–43 %, pri MAP- hO_2 za približno 36 %, pri MAP- IO_2 za približno 41 %, najbolj pa se je zmanjšala v embalažnih enotah z majhno koncentracijo kisika in lovilci (MAP- IO_2+l), in sicer za približno 53 %. Naše ugotovitve potrjuje tudi Gill (1988), ki trdi, da je ogljikov dioksid zelo topen v vodi in olju, zato se med skladiščenjem zlahka absorbira v mišično in maščobno tkivo. Delež kisika v embalažnih enotah se je v vseh načinih pakiranja po 7 dneh skladiščenja nekoliko znižal. Učinkovit je tudi dodatek lovilcev kisika, saj je bila koncentracija O_2 po skladiščenju v teh pakiranjih med 0,0 in 0,2 %. Čeprav koncentracije N_2 v pakiranjih nismo merili, predpostavljamo, glede na ugotovitve Daun in sod. (1971), da se je delež N_2 v embalažnih enotah po skladiščenju povečal.

Ker različne koncentracije plinov vplivajo tudi na barvo presnih perutninskih pleskavic, smo opravili tudi instrumentalno merjenje barve. Iz dobljenih rezultatov lahko trdimo, da načini pakiranja statistično značilno vplivajo na instrumentalno izmerjeno barvo pleskavic (vrednosti $L^*a^*b^*$). Zanimiv je podatek, da so izračunane vrednosti ΔL^* (izhodišče za primerjavo načinov pakiranja je bilo pakiranje MAP- hCO_2 običajnih pleskavic) pleskavic *n*-3 večje pri vseh načinih pakiranja kot vrednosti ΔL^* običajnih pleskavic, kar je razvidno iz slike 13. Tudi izmerjene vrednosti L^* pleskavic *n*-3 se statistično značilno razlikujejo od vrednosti L^* običajnih pleskavic. Razlog za bolj svetle pleskavice *n*-3 je lahko nekoliko večji delež maščob v njih, kar lahko vodi do večje refleksije svetlobnega žarka uporabljenega kromametra. Večje vrednosti L^* lahko delno tudi potrdimo z ugotovitvami Betti in sod. (2009a), ki navajajo, da so z dodajanjem lanenega semena v krmo piščancev izmerili večje vrednosti L^* in a^* na njihovem mesu. V naši raziskavi se vrednosti a^* med *n*-3 in običajnimi pleskavicami niso statistično značilno razlikovale. Možen vzrok za to lahko pripišemo dodajanju karmina, barvila v pleskavice. Ob vsem tem moramo poudariti, da so bile naše meritve narejene na površini pleskavic, medtem ko so Betti in sod. (2009a) opravili instrumentalno merjenje barve na piščančjih prsih in bedrih. Povsem nasprotno pa so ugotovili Singh in sod. (2011), ki so v perutninskih pleskavicah, obogatenih s 3 % lanenega olja, izmerili manjše vrednosti L^* kot pri kontrolnih pleskavicah, tistih, brez dodanega lanenega olja.

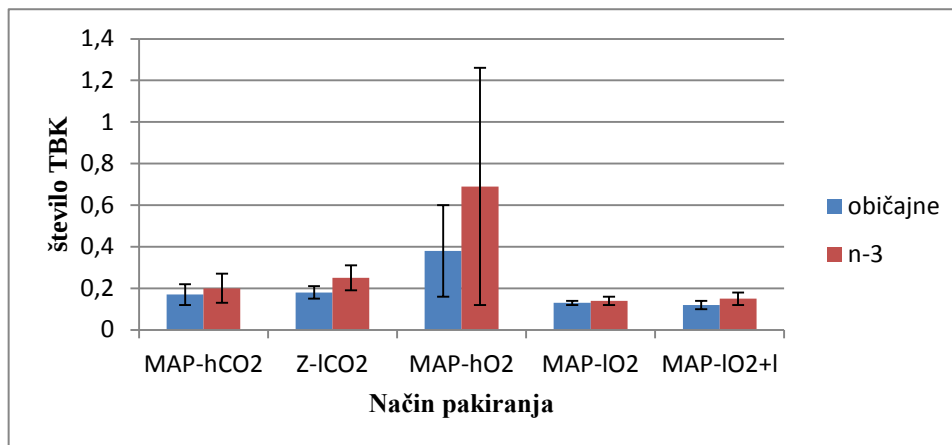


Slika 13: Razlike v nasičenosti (ΔC) in svetlosti (ΔL) barve presnih običajnih pleskavic in pleskavic s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin, skladiščenih 7 dni pri temperaturi 4 °C in različno pakiranih

Pakiranje MAP-hO₂ omogoča oksigenacijo mioglobina, zato so te pleskavice veliko bolj svetle in rdeče barve kot pa pleskavice, pakirane v MAP-lCO₂. Veliko vsebnost MbO₂ v mesu in svetlo rdečo barvo pri pakiranju MAP-hO₂ opisuje tudi McMillin (2008). Nasprotno pa so v primerjavi s pakiranjem MAP-lCO₂ pleskavice, pakirane v MAP-lO₂ in MAP-lO₂+I po 7 dneh skladiščenja postale bolj svetle (*n*-3), oziroma bolj sivkaste (običajne) barve. To je bilo tudi pričakovano zaradi majhne koncentracije O₂ v embalažnih enotah. Slednje lahko potrdimo tudi z ugotovitvami Belcherja (2006), ki piše, da je v atmosferah z majhno koncentracijo O₂ pričakovana motna, sivkasta barva mesa, ker majhna koncentracija O₂ povzroča prehod mioglobina v dezoksimioglobinsko stanje. Dokaj svetla in najbolj nasičena je barva pleskavic (*n*-3 in običajnih) zavrtih v prepustno folijo. Obsežnejše oblikovanje MbO₂ na površini mesa, pakiranega v zračno prepustne folije pri nizkih temperaturah skladiščenja opisujejo tudi Kizilirmak Esmer in sod. (2011). Na sliki 13 lahko opazimo, da je najbolj nasičena barva pleskavic *n*-3 in običajnih pleskavic v atmosferi Z-lCO₂. Če primerjamo vrednosti L^* , a^* in b^* pleskavic, pakiranih v Z-lCO₂ in MAP-hCO₂ vidimo, da so vrednosti vseh parametrov večje pri pleskavicah v Z-lCO₂. Pleskavice, pakirane v Z-lCO₂ so torej statistično značilno bolj svetle, rdeče in oksigenirane kot pleskavice, pakirane v MAP-hCO₂.

Eden izmed najbolj osnovnih testov za ugotavljanje stopnje oksidacije mesa je merjenje števila tiobarbiturne kisline (TBK). Največje vrednosti števila TBK smo določili pri pleskavicah *n*-3, pakiranih MAP-hO₂ ($0,69 \pm 0,57$ mg MA/kg), sledile so običajne pleskavice ($0,38 \pm 0,22$ mg MA/kg), pakirane v enako atmosfero. Pakiranje MAP-hO₂ pleskavic povzroča najvišjo stopnjo oksidacije. Poleg tega prihaja do statistično značilnih razlik v stopnji oksidacije med običajnimi in pleskavicami *n*-3 za vse načine pakiranja. Ne

glede na atmosfero, je bilo pri pleskavicah *n*-3 izmerjeno za povprečno 66 % večje število TBK kot pri običajnih. Tudi Betti in sod. (2009b) pišejo, da na oksidativno stabilnost mesa brojlerjev močno vpliva koncentracija in čas krmljenja le-teh z lanenim semenom, kar je seveda pogojeno tudi s količino na novo akumuliranih *n*-3 večkrat nenasičenih maščobnih kislin v njihovem mesu. Nadalje dodajajo, da že štiri dnevno obogatenje prehrane brojlerjev z lanenim semenom omogoči višjo stopnjo oksidacije v prsih in bedrih, ki jo izmerimo kot število TBK. Vrednosti števila TBK pleskavic v vseh embalažnih enotah, razen v MAP-hO₂, se med seboj statistično ne razlikujejo.



Slika 14: Vpliv načinov pakiranja na število TBK presnih običajnih pleskavic in pleskavic s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin, skladiščenih 7 dni pri temperaturi 4 °C

Iz slike 14 lahko razberemo, da z zmanjšanjem koncentracije kisika v embalažnih enotah nastaja manj malonaldehida oziroma je stopnja oksidacije perutninskih pleskavic (običajnih in *n*-3) manjša (statistično neznačilno).

Poleg oksidacije maščob pa moramo biti pozorni tudi na oksidacijo holesterola. V samo 7 dneh skladiščenja pri 4 °C ter pakiranju MAP-hO₂ je v običajnih pečenih pleskavicah nastalo 8-krat več oksidov holesterola (97,31 mg/kg) kot v običajnih pleskavicah, pakiranih v MAP-ICO₂ (12,83 mg/kg), medtem ko je bilo oksidov holesterola v ostalih načinih pakiranja manj. S tem lahko ugotovitev različnih avtorjev (Razzazi-Fazeli in sod., 2000; Ubhayasakera in sod., 2004; Otaegui-Arrazola in sod., 2010), da prisotnost velikih koncentracij O₂ učinkuje prooksidativno oziroma povzroča oksidacijo holesterola, potrdimo. Poleg tega pa oksidacijo holesterola pospešujejo tudi prosti radikali in hidroperoksidi, ki nastajajo že med oksidacijo lipidov (Lercker in Rodriguez-Estrada, 2000). Tako je torej tam, kjer je nastalo največ oksidov holesterola, najvišja stopnja oksidacije. V atmosferi brez kisika je holesterol oksidiral le neznatno (stopnja oksidacije 1 %). Glede na statistično neznačilne razlike v deležu O₂ po sedmih dneh skladiščenja v atmosferah MAP-hCO₂ (18,8 %) in Z-ICO₂ (19,2 %), je prišlo v embalažnih enotah z MAP-hCO₂ do statistično značilno manjšega nastanka oksidov holesterola kot v embalažnih enotah z Z-ICO₂.

Če pogledamo rezultate analize števila TBK (slika 14), vidimo, da je število TBK največje v pleskavicah, pakiranih MAP-hO₂. Tako kot pišejo Paniangvait in sod. (1995) lahko tudi mi potrdimo, da oksidacija fosfolipidnih večkratnenasičenih maščobnih kislin z nastajanjem peroksidnih radikalov povečuje nastanek oksidov holesterola. Tako je velika vrednost števila TBK že znak, da bo tudi vsebnost oksidov holesterola visoka ($R^2 = 0,6841$; $p < 0,0001$). Manjša kot je bila koncentracija kisika v embalažni enoti, manjša je bila oksidacija holesterola.

V pleskavicah *n*-3 nastane statistično značilno več oksidov holesterola kot v običajnih pleskavicah. Izjema je pakiranje v MAP-hO₂, v katerem je nastalo največ oksidov holesterola v *n*-3 in običajnih pleskavicah, a med njimi ni statistično značilnih razlik. Glavni razlog za to je nekoliko večji delež skupne maščobe, pa tudi večja vsebnost VNМК v pleskavicah *n*-3. Ker so pleskavice *n*-3 vsebovale več VNМК (23,6 g/100 g) kot običajne (22,2 g/100 g), pa tudi več α -linolenske (3,98 g/100 g) kot običajne (1,80 g/100 g), lahko sprejmemo trditve Belitz in sod. (2009) ter Echarte in sod. (2003), da je oksidacija holesterola obsežnejša v piščančjem mesu z večjo vsebnostjo VNМК, predvsem linolenske in α -linolenske kisline. Po vsebnosti oksidov holesterola je v pleskavicah največ 20 α -HC in 7 β -HC (na primer v pleskavicah *n*-3 v MAP-hCO₂ je bilo 2,41 mg/kg 20 α -HC ter še nekoliko več 7 β -HC – 2,51 mg/kg). Delno se ti rezultati ujemajo s trditvami Honikla (2009), ki piše, da je v mletem mesu večja vsebnost predvsem 7 α -HC in 7 β -HC. V pleskavicah *n*-3 pakiranih MAP-lCO₂ namreč 7 α -HC (1,25 mg/kg) ni nastalo bistveno več kot 22-HC (1,19 mg/kg) in 25-HC (1,27 mg/kg).

Rezultati analiz potrjujejo delovno hipotezo, v kateri smo predvideli višjo stopnjo oksidacije maščobnih kislin in holesterola v pleskavicah s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin v primerjavi z običajnimi pleskavicami.

Poslabšanje barve, vonje in arome so senzorične lastnosti, ki smo jih uporabili kot glavne pokazatelje poslabšanja senzoričnih lastnosti in splošne sprejemljivosti pleskavic. Vse pleskavice je senzorično ocenil panel izkušenih strokovnjakov s področja mesnih izdelkov. Tudi s senzorično analizo smo potrdili, da različni načini pakiranja značilno vplivajo na senzorične lastnosti pleskavic. Pakiranja MAP-lO₂ in MAP-lO₂+l bistveno poslabšajo barvo pleskavic. V embalažnih enotah z zelo majhno koncentracijo kisika je senzorični panel zasledil najslabšo, sivo rjavo barvo pleskavic, kar lahko spet povežemo z rezultati raziskave, ki jo je opravil Belcher (2006). Tako kot pri instrumentalnem merjenju barve je tudi pri senzorični oceni oksidiraniosti barve panel kot najbolj oksigenirano ocenil barvo pleskavice, pakirano Z-lCO₂. Različni viri (Luño in sod., 1998; Belcher, 2006) potrjujejo naše rezultate, da je pri pakiranem mesu prisotnost večjih koncentracij O₂ omogoča razvoj svetlejšje, bolj rdeče barve svežega mesa (tvorba oksimioglobina). Vseeno smo pričakovali, da bo najbolj ocenjena barva v MAP-hO₂.



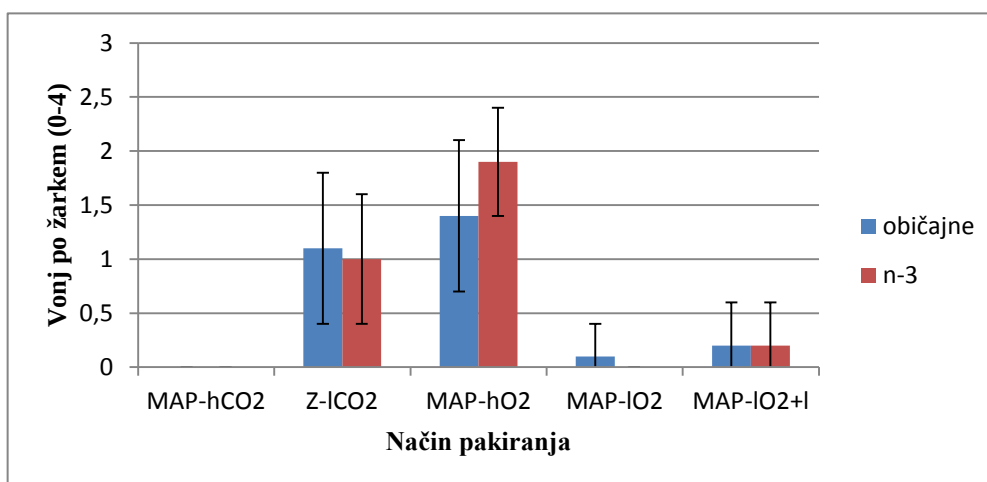
Slika 15: Razlike v oksidiranosti barve pleskavic s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin, skladiščenih 7 dni pri temperaturi 4 °C in pakiranih v MAP-IO₂+I (levo, št. 146) in MAP-hO₂ (desno, št. 158)

Pakiranje v embalažne enote z veliko koncentracijo kisika omogoča cvetenje barve na površini pleskavic, ob tem pa posledično prihaja tudi do višje stopnje oksidacije maščobe. Najbolj izražen vonj in aroma po žarkem je panel zaznal v pleskavicah, pakiranih MAP-hO₂. Pri pleskavicah *n*-3 sta vonj in aroma po žarkem še bolj izražena kot pri običajnih pleskavicah. Razlog za močnejše izraženo žarkost v pleskavicah *n*-3 je večji delež maščob v teh pleskavicah, predvsem *n*-3 maščobnih kislin, ki so bolj podvržene oksidacijskim procesom. Zanimivo pa vonj in aroma po žarkem nista bila zaznana v pleskavicah, pakiranih v MAP-hCO₂ (0,0 točke), čeprav je znašal delež O₂ v teh embalažnih enotah približno 20 %. Po drugi strani pa je panel zaznal rahlo aroma po žarkem v MAP-IO₂+I (0,2 točke), kjer je bil delež kisika minimalen (manj kot 1 %). Vonj in aroma po žarkem sta bila dokaj izražena tudi v pleskavicah pakiranih v Z-ICO₂.

Že pred začetkom analiz smo pričakovali, da v embalažnih enotah z MAP-IO₂ in MAP-IO₂+I ne bo prišlo do oksidacije in s tem nastanka izrazitega vonja in arom po žarkem ter po starem, kar smo tudi potrdili.

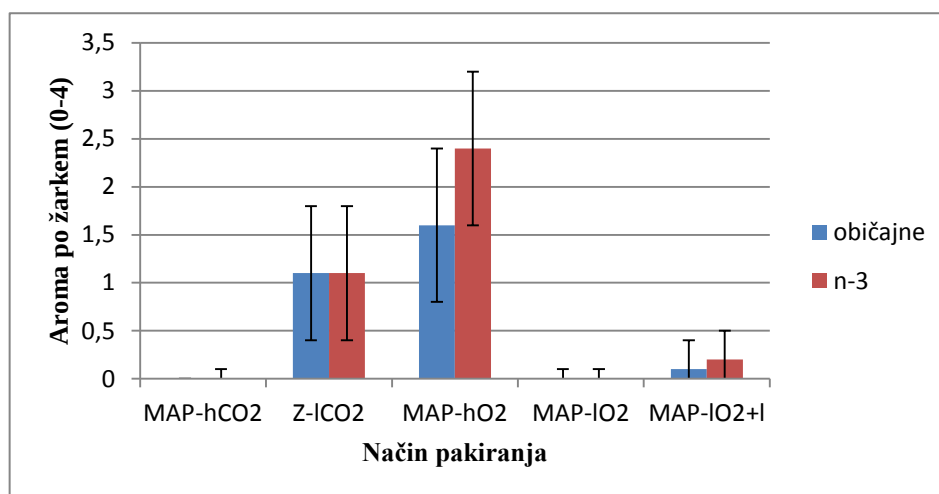
Tudi pojav arome po starem je najbolj prisoten v MAP-hO₂ (rahlo izražen – 1,5 točke), sledi Z-ICO₂, pri ostalih načinih pakiranja je bila ta aroma zaznana redkeje. Tudi Jayasingh in sod. (2002) navajajo, da je v mleti govedini, pakirani MAP-hO₂, več tujih arom in višja stopnja oksidacije, kot pa v mleti govedini v MAP-IO₂, pri skladiščenju 6 ali 10 dni. Ne moremo pa trditi, da prehrana piščancev oz. obogatitev z *n*-3 MK vpliva na razvoj arome po starem – med *n*-3 in običajnimi pleskavicami namreč ni bistvenih razlik v intenzivnosti, ne glede na način pakiranja. Naši rezultati se ne ujemajo s študijo Wilson in sod. (1976), ki so predpostavili, da je piščančje meso s povečano vsebnostjo dolgoveriznih *n*-3 MK bolj dovzetno za nastanek arome po pogretem, starem.

Poslabšanje vonja in arome ter prisotnost žarkosti so bili najbolj zaznani v pleskavicah, pakiranih v atmosfero MAP-hO₂ in Z-ICO₂, najmanj pa v pleskavicah, pakiranih v atmosfero z majhno koncentracijo kisika (MAP-IO₂ in MAP-IO₂+I), ne glede na to, če so bile to običajne pleskavice ali pleskavice *n*-3 (slika 16 in slika 17). Velja poudariti, da je senzorični panel ocenil večje poslabšanje senzoričnih lastnosti *n*-3 kot pa običajnih pleskavic, predvsem pri senzorični oceni žarkosti. Naše rezultate potrjujejo Valencia in sod. (2006), ki navajajo, da s povečanjem vsebnosti *n*-3 MK v mesu in mesnih izdelkih pride do slabše sprejemljivosti živila.



Slika 16: Vpliv načina pakiranja na senzorično oceno vonja po žarkem na pečenih običajnih pleskavicah in pleskavicah s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin, skladiščenih 7 dni pri temperaturi 4 °C

Zanimiva je primerjava pleskavic, pakiranih v MAP-hCO₂ in Z-ICO₂. Ne glede na podoben delež O₂, sta bila pri pleskavicah, pakiranih v MAP-hCO₂ najmanj zaznana vonj in aroma po žarkem med vsemi načini pakiranja. Po drugi strani je prišlo v atmosferi Z-ICO₂ do izrazitega nastanka vonja in arome po žarkem. Te senzorične lastnosti so bile bolj zaznane le pri pleskavicah, pakiranih v MAP-hO₂.



Slika 17: Vpliv načina pakiranja na senzorično oceno arome po žarkem na pečenih običajnih pleskavicah in pleskavicah s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin, skladiščenih 7 dni pri temperaturi 4 °C

Wood in sod. (2004) navajajo vrednosti števila TBK kot pokazatelja senzorične sprejemljivosti mesa; naš senzorični panel je ocenil in zaznal razlike v vonju in aromi po žarkem med običajnimi pleskavicami in pleskavicami *n*-3, še posebej pri pleskavicah, pakiranih MAP-hO₂. To pomeni, da ker smo s številom TBK ugotovili najvišjo stopnjo oksidacije v pleskavicah, pakiranih v MAP-hO₂, lahko trdimo, da so senzorične lastnosti (vonj po žarkem, $R^2 = 0,53$, $p < 0,0001$, aroma po žarkem $R^2 = 0,67$, $p < 0,0001$) najbolj izrazite v teh pleskavicah oziroma da so te pleskavice najmanj senzorično sprejemljive.

Hipotezo o vplivu različne sestave modificirane atmosfere na spremembe kemijskih in senzoričnih parametrov kakovosti perutninskih pleskavic smo potrdili.

Velika koncentracija kisika v embalažni enoti ni zagotovila optimalne barve perutninskih pleskavic, med tem ko je pakiranje v atmosfero z nizko koncentracijo kisika povzročilo najmanjše oksidativne spremembe lipidov in holesterola.

5.2 SKLEPI

Na podlagi rezultatov, pridobljenih z analizami na običajnih in *n*-3 perutninskih pleskavicah, pakiranih v različne atmosfere, smo oblikovali naslednje sklepe:

- pleskavice *n*-3 so vsebovale 8,16 g/100 g maščobe (od tega je 28,7 % NMK, 42,8 % ENMK in 23,6 % VNМК), medtem ko je bil delež maščobe v običajnih pleskavicah manjši – 7,47 g/100 g (večji je delež NMK – 29,5 % in ENMK – 43,7 % ter VNМК – 22,2 %);
- pleskavice *n*-3 so vsebovale značilno ($p \leq 0,05$) več *n*-3 maščobnih kislin (običajne – 2,07 g/100; *n*-3 – 4,36 g/100 g), predvsem ALA (običajne – 1,80 g/100 g; *n*-3 – 3,98 g/100 g); pleskavice *n*-3 so imele višji indeks P/S (običajne – 0,75; *n*-3 – 0,82) in boljše razmerje *n*-6/*n*-3 (običajne – 10:1; *n*-3 – 4,4:1);
- presne pleskavice *n*-3 so imele značilno ($p \leq 0,05$) večjo vrednost L^* na površini (običajne – 49,82; *n*-3 – 52,37); način pakiranja je značilno vplival na vrednosti L^* , a^* in b^* pleskavic;
- lipidi pleskavic *n*-3 so bili statistično značilno bolj oksidirani kot pri običajnih (TBK, običajne – 0,19 mg MA/kg; *n*-3 – 0,29 mg MA/kg); način pakiranja je značilno ($p \leq 0,001$) vplival na število TBK – najbolj so bile oksidirane pleskavice v MAP–hO₂ (običajne – 0,38 mg MA/kg; *n*-3 – 0,69 mg MA/kg), v vseh ostalih embalažnih enotah so bila števila TBK bistveno manjša;
- v pečenih pleskavicah *n*-3 je nastalo značilno več oksidov holesterola kot v običajnih (običajne – 22,83 mg/kg; *n*-3 – 27,32 mg/kg); vsebnost oksidov holesterola je bila statistično značilno ($p \leq 0,05$) največja v pečenih pleskavicah, pakiranih v MAP–hO₂, najmanjša pa v embalažnih enotah z majhnimi koncentracijami kisika;
- pleskavice s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin in načini pakiranja niso značilno vplivali na vsebnost holesterola v pleskavicah;
- pleskavice *n*-3 so značilno povečale žarkost v primerjavi z običajnimi; način pakiranja je značilno ($p \leq 0,001$) vplival na večino senzoričnih lastnosti pleskavic – v MAP–hO₂ so bili najbolj izraziti vonj in aroma po žarkem ter aroma po postanem.

6 POVZETEK

V času večanja ozaveščenosti potrošnikov o zdravi prehrani, uživanju učinkovitih, telesu potrebnih živil, je potrebno zagotoviti obstojnost, varnost in izkoristljivost glavnih funkcionalnih komponent živil. Med njimi so tudi *n*-3 maščobne kisline, ki pa so zaradi svoje nenasičenosti in dolgoverižne strukture zelo podvržene oksidaciji, kar negativno vpliva ne samo na senzorične lastnosti živila, ampak tudi deluje katalitično na oksidacijo holesterola, pri kateri pa nastajajo za telo škodljivi oksidi holesterola. Tem pojavom so podvržene tudi perutninske pleskavice s povečano vsebnostjo *n*-3 maščobnih kislin.

Zaradi nevarnosti poslabšanja barve, vonja, okusa, arome ter nastanka različnih škodljivih produktov oksidacije maščobnih kislin in holesterola, smo z različnimi načini pakiranja iskali možnosti, za preprečitev oziroma zmanjšanje teh pojavov. Zaradi različnih možnosti uporabe modificirane atmosfere, smo se odločili za pakiranje običajnih pleskavic, ki so nam služile kot kontrola, ter pleskavic s povečano vsebnostjo *n*-3 MK. Izbrali smo pet različnih načinov pakiranja: MAP- hCO_2 (pakiranje v splošno uveljavljeno modificirano atmosfero), Z- ICO_2 (v navadno zračno atmosfero), MAP- hO_2 (atmosfera z veliko koncentracijo O_2), MAP- IO_2 (z malo ali nič O_2) ter MAP- IO_2+I (z malo ali nič O_2 , kamor smo dodali še lovilec kisika).

Z analizo maščobnokislinske sestave, določitvijo števila TBK, vsebnosti oksidov holesterola in holesterola, instrumentalnim merjenjem barve ter senzorično oceno običajnih pleskavic in pleskavic *n*-3 smo želeli preučiti vpliv različnih koncentracij plinov povečane vsebnosti *n*-3 MK na analizirane lastnosti pleskavic. Osnovni cilj raziskave je bil namreč poiskati način pakiranja, ki bistveno ne poslabša senzorične kakovosti pleskavic s povečano vsebnostjo *n*-3 MK, ob tem pa ne povzroča oksidacije lipidov in holesterola.

Ugotovili smo, da pleskavice *n*-3 vsebujejo nekoliko večji delež maščob (običajne – 7,47 g/100 g; *n*-3 – 8,16 g/100 g), pomemben podatek pa je predvsem ta, da se v pleskavicah *n*-3 zvišajo skupne VNMK, posledično zaradi večje vsebnosti *n*-3 MK oziroma α -linolenske maščobne kisline (običajne – 1,80 g/100 g; *n*-3 – 3,98 g/100 g). Glede na predvideno povečanje vsebnosti *n*-3 MK, smo ugotovili, da se v pleskavicah *n*-3 značilno izboljša indeks P/S (običajne – 0,75; *n*-3 – 0,82) in razmerje *n*-6/*n*-3 (običajne – 10:1; *n*-3 – 4,4:1).

Glede na to, da prisotnost kisika v okolju mesa povzroča oksigenacijo mioglobina, smo predvsem na pleskavicah, pakiranih v MAP- hO_2 , pričakovali atraktivno oksigenirano svetlordečo barvo. V poskusu smo delno potrdili naše hipoteze. Pakiranje v atmosfero Z- ICO_2 je zagotovilo najmanj oksidirano (senzorična ocena) in najbolj rdečo barvo pleskavic (parameter a^*), pakiranje v atmosfero z majhno koncentracijo kisika pa sivkasto, neželeno barvo. V pleskavicah *n*-3 se značilno ($p \leq 0,05$) poveča vrednost L^* na površini

pleskavic *n*-3 (običajne – 49,82; *n*-3 – 52,37). Tudi način pakiranja značilno ($p \leq 0,001$) vpliva na vrednosti L^* pleskavic, saj smo največje vrednosti izmerili v MAP–hO₂, najmanjše pa v MAP–lO₂. Način pakiranja statistično zelo visoko značilno vpliva na vrednosti a^* in b^* ($p \leq 0,001$).

Proučevali smo tudi vpliv povečane vsebnosti *n*-3 MK v pleskavicah in vpliv načina pakiranja na oksidacijo maščobnih kislin v pleskavicah. Opazili smo, da so lipidi pleskavic *n*-3 statistično značilno bolj oksidirani kot pri običajnih (TBK, običajne – 0,19 mg MA/kg; *n*-3 – 0,29 mg MA/kg). Ugotovili smo, da velike koncentracije kisika v embalažnih enotah povzročajo obsežnejšo oksidacijo MK, kar posledično povečuje izmerjeno število TBK na pleskavicah. Torej, najbolj so bile oksidirane pleskavice v MAP–hO₂ (običajne – 0,38 mg MA/kg; *n*-3 – 0,69 mg MA/kg), v vseh ostalih embalažnih enotah so števila TBK bistveno manjša.

Podobne ugotovitve kot za oksidacijo lipidov v presnih pleskavicah smo predvidevali tudi za oksidacijo holesterola v pečenih pleskavicah. Ta je namreč statistično značilno ($p \leq 0,05$) največja v pleskavicah, pakiranih v MAP–hO₂, najmanjša pa v embalažnih enotah z majhnimi koncentracijami kisika. Ugotovili smo tudi, da v pečenih pleskavicah *n*-3 nastane značilno več oksidov holesterola kot v običajnih (običajne – 22,83 mg/kg; *n*-3 – 27,32 mg/kg), izjema je pakiranje v atmosfero z veliko koncentracijo O₂. Na vsebnost holesterola povečana vsebnost *n*-3 MK in način pakiranja ne vplivata značilno.

Z namenom potrditve rezultatov kemijskih analiz smo izvedli še senzorično analizo pleskavic. Potrdili smo hipotezo, da je poslabšanje senzorične kakovosti največje v embalažnih enotah z veliko koncentracijo kisika – preskuševalci so ugotovili najbolj izrazit vonj in aroma po žarkem ter arome po postanem prav v pleskavicah, pakiranih v MAP–hO₂. Dodatno smo ugotovili, da sta v pleskavicah *n*-3 vonj in aroma po žarkem (ne pa po postanem) v primerjavi z običajnimi bistveno bolj intenzivna.

Z ozirom na to, da s pakiranjem v majhno koncentracijo kisika lahko zmanjšamo oksidacijo maščobnih kislin in holesterola običajnih pleskavic in pleskavic, obogatenih z *n*-3 MK, pa ne moremo sočasno zagotoviti potrošniku zelene, atraktivne barve pleskavic. Po drugi strani to lahko zagotovimo z oksigenacijo mioglobina, ki poteče le v prisotnosti velikih koncentracij kisika v embalažni enoti. Sočasno pa velika koncentracija kisika povzroča povečano oksidacijo in razvoj neželenih senzoričnih lastnosti. Tako lahko ugotovimo, da moramo za zagotovitev, če ne optimalnih, pa vsaj ustreznih lastnosti pleskavic s povečano vsebnostjo *n*-3, izbrati kompromisni način pakiranja. To bi lahko bilo pakiranje v MAP, ki vsebuje 20 % kisika, 30 % ogljikovega dioksida in 50 % dušika.

7 VIRI

- Azcona J.O., Garcia P.T., Cossu M.E., Iglesias B.F., Picallo A., Perez C., Gallinger C.I., Schang M.J., Canet Z.E. 2008. Meat quality of Argentinian "Camperos" chicken enhanced in omega-3 and omega-9 fatty acids. *Meat Science*, 79: 437–443
- Arvanitoyannis I.S., Stratakis A.C. 2012. Application of modified atmosphere packaging and active/smart technologies to red meat and poultry: A review. *Food Bioprocess Technology*, 5: 1423–1446
- Barsan M.M., Pinto E.M., Brett C.M.A. 2010. Interaction between myoglobin and hyaluronic acid in layer-by-layer structures – An electrochemical study. *Electrochimica Acta*, 55: 6358–6366
- Belcher J.N. 2006. Industrial packaging developments for the global meat market. *Meat Science*, 74: 143–148
- Belitz H.D., Grosch W., Schieberle P. 2009. Food chemistry. 4th ed. Berlin, Springer-Verlag: 1070 str.
- Betti M., Schneider B.L., Wismer W.V., Carney V.L., Zuidhof M.J., Renema R.A. 2009a. Omega-3-enriched broiler meat: 2. Functional properties, oxidative stability, and consumer acceptance. *Poultry Science*, 88: 1085–1095
- Betti M., Perez T.I., Zuidhof M.J., Renema R.A. 2009b. Omega-3 enriched broiler meat: 3. Fatty acid distribution between triacylglycerol and phospholipid classes. *Poultry Science*, 88: 1740–1754
- Bonoli M., Caboni M.F., Rodriguez-Estrada M.T., Lercker G. 2008. Effect of processing technology on the quality and composition of lipids of precooked chicken patties. *International Journal of Food Science and Technology*, 43: 296–308
- Boselli E., Caboni M.F., Rodriguez-Estrada M.T., Toschi T.G., Daniel M., Lercker G. 2005. Photooxidation of cholesterol and lipids of turkey meat during storage under commercial retail conditions. *Food Chemistry*, 91, 4: 705–713
- Boselli E., Rodriguez-Estrada M.T., Fedrizzi G., Caboni M.F. 2009. Cholesterol photosensitized oxidation of beef meat under standard and modified atmosphere at retail conditions. *Meat Science*, 81: 224–229
- Boyer R. 2005. Temelji biokemije. Ljubljana, Študentska založba: 634 str.
- Brandsch J., Piringer O. 2000. Characteristics of plastic materials. V: Plastic packaging materials for food/barrier function, mass transport, quality assurance, and legislation. Piringer O.-G., Baner A.L. (eds.). Weinheim, Wiley-VCH: 9–45
- Busch T.P., King A.J. 2009. Artifact generation and monitoring in analysis of cholesterol oxide products. *Analytical Biochemistry*, 388: 1–14

- Busolo M.A., Lagaron J.M. 2012. Oxygen scavenging polyolefin nanocomposite films containing an iron modified kaolinite of interest in active food packaging applications. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 16: 211–217
- Campo M.M., Nute R.G., Hughes S.I., Enser M., Wood J.D., Richardson R.I. 2006. Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72: 303–311
- Castigliego, L., Armani A., Guidi A. 2012. Meat color. V: *Handbook of meat and meat processing*. Hui Y.H. (ed.). 2nd ed. Boca Raton, CRC Press: 81–106
- Concihillo A., Ansorena D., Astiasarán I. 2005. Use of microwave in chicken breast and application of different storage conditions: consequences on oxidation. *European Food Research and Technology*, 221: 592–596
- Coma V. 2008. Bioactive packaging technologies for extended shelf life of meat-based products. *Meat Science*, 78: 90–103
- Crespo N, Esteve-Garcia E. 2002. Nutrient fatty acid deposition in broilers fed different fatty acids profile. *Poultry Science*, 81: 1533–1542
- Daun H., Solberg M., Franke W., Gilbert S. 1971. Effect of oxygen-enriched atmospheres on storage quality of packaged fresh meat. *Journal of Food Science*, 36: 1011–1014
- Delventhal J. 1991. Eigenschaften und Anwendungsbereiche coextrudierter Barrierefolien für die Verpackung. *Verpackungs-Rundschau*, 42, 3: 19-23
- DeMan J.M. 1999. *Principles of food chemistry*. 3rd ed. Gaithersburg, Aspen Publishers: 520 str.
- Demšar L., Vidrih R., Polak T., Hribar J., Žlender B. 2012. Aplikacije nanotehnologij v živilstvu. V: *Nanotehnologije in nanoživila*. 27. Bitenčevi živilski dnevi, Ljubljana, 26. september 2012. Demšar L., Žlender B. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 79–91
- Echarte M., Ansorena D., Astiasaran I. 2003. Consequences of microwave heating and frying on the lipid fraction of chicken and beef patties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 20: 5941–5945
- Enser M., Scollan N., Gulati S., Richardson I., Nute G., Wood J. 2001. The effects of ruminally protected dietary lipid on the lipid composition and quality of beef muscle. V: *Future of meat: Proceedings of the 47th International Congress of Meat Science and Technology 1*, Kraków, august 26th - 31st 2001. Warszawa, Meat and Fat Research Institute: 186-187
- Feroli F., Caboni M.F., Dutta P.C. 2008. Evaluation of cholesterol and lipid oxidation in raw and cooked minced beef stored under oxygen-enriched atmosphere. *Meat Science*, 80: 681–685

- Flaczyk E., Rudzińska M., Wasowicz E., Korczak J., Amarowicz R. 2006. Effect of cracklings hydrolysates on oxidative stability of pork meatballs fat. *Food Research International*, 39, 8: 924–931
- Floros J.D., Matsos K.I. 2005. Introduction to modified atmosphere packaging. V: *Innovations in food packaging*. Han J.H. (ed.). Amsterdam, Elsevier Academic Press: 159–171
- Garcia Reguiero J.A., Maraschiello C. 1997. Procedure for the determination of eight cholesterol oxides in poultry meat using on-column and solvent venting capillary gas chromatography. *Journal of Chromatography*, 764: 279–293
- Gašperlin L. 2000. Oksidacija pigmenta in barva mesa. V: *Antioksidanti v živilstvu*. 20. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 26. – 27. oktober 2000. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 139–150
- Gašperlin L., Polak T., Šegatin N. 2011. Tehnologije mesa in mesnin II: vaje za predmet Tehnologije mesa in mesnin II za študente magistrskega študijskega programa druge stopnje Živilstvo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 31 str.
- Ghiretti G.P., Zanardi E., Novelli E., Campanini G., Dazzi G., Madarena G., Chizzolini R. 1997. Comparative evaluation of some antioxidants in salame Milano and mortadella production. *Meat Science*, 47: 167–176
- Gibbs R.A., Rymer C., Givens D.I. 2013. Fatty acid composition of cooked chicken meat and chicken meat products as influenced by price range at retail. *Food Chemistry*, 138, 2-3: 1749–1756
- Gill A.O., Gill C.O. 2005. Preservative packaging for fresh meats, poultry, and fin fish. V: *Innovations in food packaging*. Han J.H. (ed.). Amsterdam, Elsevier Academic Press: 204–226
- Gill C.O. 1988. The solubility of carbon dioxide in meat. *Meat Science*, 22: 65–71
- Gill C.O., Molin G. 1991. Modified atmosphere and vacuum packaging. V: *Food preservation*. Russell N.J., Gould G.W. (eds.). Glasgow, Blackie/AVI: 172–199. Cit. po: Lee K.T. 2010. Quality and safety aspects of meat products as affected by various physical manipulations of packaging materials. *Meat Science*, 86: 138–150
- Gobert M., Gruffat D., Habeanu M., Parafita E., Bauchart D., Durand D. 2010. Plant extracts combined with vitamin E in PUFA-rich diets of cull cows protect processed beef against lipid oxidation. *Meat Science*, 85: 676–683
- Golob T., Jamnik M., Bertoneclj J., Kropf U. 2005. Sensory analysis: methods and assessors. *Acta Agriculturae Slovenica*, 85: 55–66

- Golob T., Stibilj V., Žlender B., Doberšek U., Jamnik M., Polak T., Salobir J., Čandek-Potokar M. 2006. Slovenske prehranske tabele – meso in mesni izdelki. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 159–163
- Gray J.I., Gomaa E.A., Buckley D.J. 1996. Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Science*, 43: 111–123
- Guardiola F., Codony R., Addis P.B., Rafecas M., Boatella J. 1996. Biological effects of oxysterols: current status. *Food and Chemical Toxicology*, 34, 2: 193–211
- Guidi A., Castiglione L. 2010. Poultry meat color. V: *Handbook of poultry science and technology*. Vol. 2: Secondary processing. Guerrero-Legarreta I. (ed.). Hoboken, John Wiley & Sons, Inc.: 359–388
- Han J.H. 2005. New technologies in food packaging: overview. V: *Innovations in food packaging*. Han J.H. (ed.). Amsterdam, Elsevier Academic Press: 3–11
- Honikel K.O. 2008. The use and control of nitrate/nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, 78: 68–76
- Honikel K.O. 2009. Oxidative changes and their control in meat and meat products. V: *Safety of meat and processed meat*. Toldrá F. (ed.). New York, Springer: 313–340
- Jayasingh P., Cornforth D.P., Brennand C.P., Carpenter C.E., Whittier D.R. 2002. Sensory evaluation of ground beef stored in high-oxygen modified atmosphere packaging. *Journal of Food Science*, 67, 9: 3493–3496
- Jiménez S.M., Salsi M.S., Tiburzi M.C., Rafaghelli R.C., Tessi M.A., Coutaz V.R. 1997. Spoilage microflora in fresh chicken breast stored at 4 °C: influence of packaging methods. *Journal of Applied Microbiology*, 83, 613–618
- Kauffman R.G. 2012. Meat composition. V: *Handbook of meat and meat processing*. Hui Y.H. (ed.). 2nd ed. Boca Raton, CRC Press: 45–61
- Keokamnerd T., Acton J.C., Han I.Y., Dawson P.L. 2008. Effect of commercial rosemary oleoresin preparations on ground chicken thigh meat quality packaged in a high-oxygen atmosphere. *Poultry Science*, 87: 170–179
- Kizilirmak Esmer O., Irkin R., Degirmencioglu N., Degirmencioglu A. 2011. The effects of modified atmosphere gas composition on microbial criteria, color and oxidation values of minced beef meat. *Meat Science*, 88: 221–226
- Lee D.S., Yam K.L., Piergiovanni L. 2008. *Food packaging science and technology*. Boca Raton, CRC Press: 631 str.
- Lee K.T. 2010. Quality and safety aspects of meat products as affected by various physical manipulations of packaging materials. *Meat Science*, 86: 138–150

- Lercker G., Rodriguez-Estrada M.T. 2000. Cholesterol oxidation: Presence of 7-ketocholesterol in different food products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 13: 625–631
- Leskovar Mesarič P., Škafar V. 2008. Tehnološki procesi z varstvom pri delu, embalaža in logistika, 3.del. Ljubljana, Ministrstvo za šolstvo in šport Republike Slovenije: 102 str.
- Lopez-Ferrer S., Baucells M.D., Barroeta A.C., Galobart J., Grashorn M.A. 2001. *n*-3 enrichment of chicken meat. 2. Use of precursors of long-chain polyunsaturated fatty acids: Linseed oil. *Poultry Science*, 80: 77–85
- Luño M., Beltrán J.A., Roncalés P. 1998. Shelf-life extension and colour stabilisation of beef packaged in a low O₂ atmosphere containing CO. *Meat Science*, 48: 75–84
- McClements D.J., Decker E.A. 2008. Lipids. V: Fennema's food chemistry. Damodaran S., Parkin K.L., Fennema O.R. (eds.). 4th ed. Boca Raton, CRC Press: 155–216
- McMillin K.W. 2008. Where is MAP going? A review and future potential of modified atmosphere packaging for meat. *Meat Science*, 80: 43–65
- Moore V.J. 1988. Effect of packaging and display variables on retail display of frozen lamb chops. *Meat Science*, 22, 4: 313–320
- Morrissey P.A., Sheehy P.J.A., Galvin K., Kerryh J.P., Buckleyh D.J. 1998. Lipid stability in meat and meat products. *Meat Science*, 49: 73–86
- Nannerup L.D., Jakobsen M., van der Berg F., Jensen J.S., Møller J.K.S., Bertelsen G. 2004. Optimizing colour quality of modified atmosphere packed sliced meat products by control of critical packaging parameters. *Meat Science*, 68: 577–585
- Navodnik J., Kopčič M. 1995. Plastik-orodjar priročnik. Velenje, Navodnik d.o.o.: 575 str.
- Ortega-Eivas E. 2012. Protective and preserving food packaging. V: Non-thermal food engineering operations. Ortega-Eivas E. (ed.). New York, Springer Science+Business Media: 325–336
- Otaegui-Arrazola A., Menéndez-Carreño M., Ansorena D., Astiasarán I. 2010. Oxysterols: A world to explore. *Food and Chemical Toxicology*, 48: 3289–3303
- Owusu-Apenten R. 2005. Introduction to food chemistry. Boca Raton, CRC Press: 249 str.
- Ozguven A., Ozcelik Y. 2013. Investigation of some property changes of natural building stones exposed to fire and high heat. *Construction and Building Materials*, 38: 813–821
- Paniangvait P., King A.J., Jones A.D., German B.G. 1995. Cholesterol oxides in foods of animal origin. *Journal of Food Science*, 60, 6: 1159–1174
- Park P.W., Goins R.E. 1994. *In situ* preparation of fatty acid methyl esters for analysis of fatty acid composition in foods. *Journal of Food Science*, 59, 6: 1262–1266

- Pérez-Alvarez J.A., Sendra-Nadal E., Sáanchez-Zapata E.J., Viuda-Martos M. 2010. Poultry flavor: general aspects and applications. V: Handbook of poultry science and technology. Vol. 2: Secondary processing. Guerrero-Legarreta I. (ed.). Hoboken, John Wiley & Sons, Inc.: 339–352
- Pisnik G. 2012. Omega-3 maščobne kisline – učinkovina funkcionalnih živil, ki rešuje življenja. Magistrsko delo. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Medicinska fakulteta: 4–11
- Požrl T. 2012. Aplikacije nanotehnologije pri pakiranju živil. V: Nanotehnologije in nanoživila. 27. Bitenčevi živilski dnevi, Ljubljana, 26. september 2012. Demšar L., Žlender B. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 67–78
- Razzazi-Fazeli E., Kleineisen S., Luf W. 2000. Determination of cholesterol oxides in processed food using high-performance liquid chromatography-mass spectrometry with atmospheric pressure chemical ionisation. Journal of Chromatography A, 896: 321–334
- Restuccia D., Spizzirri U.G., Parisi O.I., Cirillo G., Curcio M., Iemma F., Puoci F., Vinci G., Picci N. 2010. New EU regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications. Food Control, 21: 1425–1435
- Rudan-Tasič D., Klofutar C. 2007. Fizikalnokemijske metode v živilstvu. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 376 str.
- Sabapathi S.N., Bawa A.S. 2010. Packaging for poultry products. V: Handbook of poultry science and technology. Vol. 2: Secondary processing. Guerrero-Legarreta I. (ed.). Hoboken, John Wiley & Sons, Inc.: 449–459
- Sandhya. 2010. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. LWT – Food Science and Technology, 43: 381–392
- Schwartz S.J., von Elbe J.H., Giusti M.M. 2008. Colorants. V: Fennema's food chemistry. Damodaran S., Parkin K.L., Fennema O.R. (eds.). 4th ed. Boca Raton, CRC Press: 571–638
- Shen Y., Dingyuan F., Fan M.Z., Chavez E.R. 2005. Performance, carcass cut-up and fatty acids deposition in broilers fed different levels of pellet-processed flaxseed. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 85: 2005–2014
- Shiner J. 2009. Barrier films. Toronto, Keepsafe Microclimate Systems: 1 str.
<http://keepsafe.ca/oxygen-free-display-storage/ageless-and-rp-system-oxygen-absorbers/barrier-films/> (marec, 2013)
- Simopoulos A.P. 2004. Omega-6/Omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases. Food Reviews International, 20, 1: 77–90
- Singh R., Chatli M.K., Biswas A.K., Sahoo J. 2011. Quality and storage stability of chicken meat patties incorporated with linseed oil. Journal of Food Quality, 34: 352–362

SIST ISO 5492. Senzorična analiza – Slovar. 1997: 30 str.

Skandamis P.N., Nychas G-J.E. 2002. Preservation of fresh meat with active and modified atmosphere packaging conditions. *International Journal of Food Microbiology*, 79: 35–45

Turner K., Razzazi-Fazeli E., Wagner K.H., Elmadfa I., Luf W. 2007. Determination of cholesterol oxidation products in raw and processed beef and pork preparations. *European Food Research and Technology*, 224: 797–800

Totosaus-Sánchez A. 2010. Paste products (PÂTÉ). V: *Handbook of poultry science and technology*. Vol. 2: Secondary processing. Guerrero-Legarreta I. (ed.). Hoboken, John Wiley & Sons, Inc.: 199–207

Ubhayasakera S.J.K.A., Verleyen T., Dutta P.C. 2004. Evaluation of GC and GC-MS methods for the analysis of cholesterol oxidation products. *Food Chemistry*, 84: 149–157

Ulu H. 2004. Evaluation of three 2-thiobarbituric acid methods for the measurement of lipid oxidation in various meats and meat products. *Meat Science*, 67: 683–687

Uredba komisije (ES) št. 450/2009 z dne 29. maja 2009 o aktivnih in inteligentnih materialih in izdelkih, namenjenih za stik z živilo. 2009. Uradni list Evropske unije, 52, L135: 3–11

Valencia I., Ansorena D., Astiasaran I. 2006. Nutritional and sensory properties of dry fermented sausages enriched with *n*-3 PUFAs. *Meat Science*, 72: 727–733

Vujković I., Galić K., Vereš M. 2007. Ambalaža za pakiranje namirnica. Zagreb, Tectus: 498 str.

Wilson B.R., Pearson A.M., Shorland F.B. 1976. Effect of total lipids and phospholipids on warmed-over flavor in red and white muscle from several species as measured by thiobarbituric acid analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 24: 7–11

Witte V.C., Krauze G.F., Bailey M.E. 1970. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *Journal of Food Science*, 35: 582–585

Wood J.D., Richardson R.I., Nute G.R., Fisher A.V., Campo M.M., Kasapidou E., Sheard P.R., Enser M. 2004. Effects of fatty acids on meat quality: A review. *Meat Science*, 66: 21–32

Zakrys-Waliwander P.I., O'Sullivan M.G., O'Neill E.E., Kerry J.P. 2012. The effects of high oxygen modified atmosphere packaging on protein oxidation of bovine *M. longissimus dorsi* muscle during storage. *Food Chemistry*, 131: 527–532

Zelenka J., Scheneiderpva D., Mrkvicova E., Dolezal P. 2008. The effect of dietary linseed oil with different fatty acid pattern on the content of fatty acids in chicken meat. *Veterinarni Medicina*, 53: 77–85

- Žlender B. 1992. Kakovost in pomen lipidov v mesu in mesninah. V: Lipidi: 30 let študija živilske tehnologije. Bitenčevi živilski dnevi, Ljubljana, 4. – 5. junij 1992. Klofutar C., Žlender B., Hribar J., Plestenjak A. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilsko tehnologijo: 90–102
- Žlender B. 1997. Prehranska vrednost mesa in mesnih izdelkov. V: Meso v prehrani. Radenci. 20. in 21. november 1997. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 95–106
- Žlender B. 2000. Oksidacija in stabilnost mesa in mesnin. V: Antioksidanti v živilstvu. 20. Bitenčevi živilski dnevi, Portorož, 26. – 27. oktober 2000. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 129–138

ZAHVALA

Magistrsko delo ne bi nastalo brez vseh vas, ki ste mi pomagali, me bodrili in ustvarjali pozitivno vzdušje med nastajanjem tega izdelka ter tekom študija. To delo je rezultat mojega truda in vztrajnosti.

V prvi vrsti bi se rad zahvalil vama, mama in tata, ki sta me skozi vsa leta šolanja podpirala ter mi omogočila študij. Hvala tudi preostali družini, ki je verjela in verjame vame. Posebna zahvala gre tudi mojemu bratu, Valterju, ki mi je skozi leta študija pomagal spoznati, kaj lahko dosežem s pravo mero volje in vztrajnosti.

Hvala mentorju doc. dr. Tomažu Požrlu za strokovne nasvete in skrben pregled magistrskega dela.

Posebej hvala tudi somentorici prof. dr. Lei Demšar za strokovne nasvete in pomoč pri nastajanju magistrskega dela ter statistično obdelavo podatkov.

Hvala recenzentu prof. dr. Blažu Cigiću za hiter in natančen pregled magistrskega dela.

Za prijetno vzdušje in popestrene dneve se zahvaljujem vsem zaposlenim na Katedri za tehnologije mesa in vrednotenje živil, še posebej doc. dr. Tomažu Polaku za strokovno pomoč v laboratoriju.

Podjetju Pivka Perutninarstvo d.d. se zahvaljujem za finančno pomoč pri študiju ter materialno pomoč pri izvedbi magistrskega dela.

Velika zahvala gre Ani Penko, brez katere to magistrsko delo še zdaleč ne bi bilo tako kot je. Hvala Ana za vso nesebično in iskreno pomoč pri načrtovanju dela, vzorčevanju, senzorični analizi, v laboratoriju in vse nasvete.

Hvala vsem prijateljem, še posebej Tjaši in Tini. Brez vas bi študentsko življenje izgubilo svoj pomen.

Največja zahvala pa gre tebi, moja Klasja, ker si ob meni in verjameš vame.