

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Matija REDNAK

**VPLIV PEKTINSKEGA GELA NA SPROŠČANJE
KOMERCIALNE JAGODNE AROME**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2007

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Matija REDNAK

**VPLIV PEKTINSKEGA GELA NA SPROŠČANJE KOMERCIALNE
JAGODNE AROME**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**INFLUENCE OF PECTIN GEL ON THE RELEASE OF COMMERCIAL
STRAWBERRY AROMA**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2007

POPRAVKI

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija živilske tehnologije. Delo je potekalo v laboratoriju Katedre za tehnologije rastlinskih živil na Oddelku za živilstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Odbor za študijske zadeve Oddelka za živilstvo je za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Rajka VIDRIHA, za recenzentko pa prof. dr. Terezijo GOLOB.

Mentor: doc. dr. Rajko VIDRIH

Recenzentka: prof. dr. Terezija GOLOB

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datuma zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Matija Rednak

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn
DK UDK 664.002.3:547.458.88(043)=863
KG jagodna aroma / hlapne komponente / etil butanoat / 2-metil etil butanoat / 3-metil etil butanoat / etil pentanoat / metil heksanoat / etil heksanoat / metil propanoat / heksil acetat / fenil metil acetat / sproščanje komponent arome / želirna sredstva / pektinski geli / vpliv temperature / vpliv pH
AV REDNAK, Matija
SA VIDRIH, Rajko (mentor) / GOLOB, Terezija (recenzent)
KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo
LI 2007
IN VPLIV PEKTINSKEGA GELA NA SPROŠČANJE KOMERCIALNE JAGODNE AROME
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP X, 44 str., 24 preg., 6 sl., 41 vir.
IJ sl
JI sl / en
AI Namen diplomskega dela je bilo ugotoviti, vpliv različnih pektinov pri različnih temperaturah in vrednostih pH, na zadrževanje nekaterih hlapnih komponent naravno identične arome jagod. V raziskavo je bilo vključenih 7 pektinov: SLOW SET, RAPID SET, LM 35, AF 20, CF 20, AF 703 in CF 703, v njihovih gelih pa je bilo opazovano sproščanje devetih komponent naravno identične jagodne arome: etil butanoat, 2-metil etil butanoat, 3-metil etil butanoat, etil pentanoat, metil heksanoat, etil heksanoat, metil propanoat, heksil acetat in fenil metil acetat. Sestava jagodne arome je bila analizirana s pomočjo GC-MS s postopkom mikroekstrakcije na trdni fazi (SPME). Rezultati analiz so pokazali, da se v povprečju iz pektinskih gelov, uporabljenih v poskusu najbolj sprošča 2-metil etil butanoat, najmanj pa metil heksanoat. Opažen je bil statistično zelo močan vpliv temperature pri vseh vrednostih pH, medtem ko je bil vpliv pH vrednosti bolj izrazit pri 30 °C kot pri 60 °C, kar je verjetno posledica razpada pektinskega gela pri višjih temperaturah. Prav tako je bilo ugotovljeno, da pri večini vzorcev nižanje vrednosti pH raztopine povzroči zmanjšanje sposobnosti pektinskih gelov za zadrževanje komponent arome.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC UDC 664.002.3:547.458.88(043)=863
CX strawberry aroma / volatile compounds / ethyl butanoate / 2-methyl ethyl butanoate / 3-methyl ethyl butanoate / ethyl pentanoate / methyl hexanoate / ethyl hexanoate / methyl propanoate / hexyl acetate / phenyl methyl acetate / release of aroma compounds / gelling agents / pectin gels / effect of temperature / effect of pH
AU REDNAK, Matija
AA VIDRIH, Rajko (supervisor) / GOLOB, Terezija (reviewer)
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Food Science and Technology
PY 2007
TI INFLUENCE OF PECTIN GEL ON THE RELEASE OF COMMERCIAL STRAWBERRY AROMA
DT Graduation thesis (University studies)
NO X., 44 p., 24 tab., 6 fig., 41 ref.
LA sl
AL sl / en
AB The aim of the thesis was to find out how different types of pectin gels influence the release of aroma compounds of naturally identical strawberry aroma at different temperatures and pH values. In the experiment 7 types of pectin were tested: SLOW SET, RAPID SET, LM 35, AF 20, CF 20, AF 703, and CF 703. The effects of the gels of these 7 types of pectin on the release of 9 components were observed. The analyses of the release of strawberry aroma compounds were done by means of GC-MS with the solid phase micro extraction (SPME) procedure. It was found that the compound which was on average least retained in the pectin matrices was ethyl 2-methyl butanoate and that methyl heksanoate was on average most retained compound. The effect of temperature was found to be statistically significant. The effect of pH of the pectin solution was more significant at 30 °C than at 60 °C which could be connected to degradation of the pectin matrix at higher temperatures. It was also found that lowering of pH values of pectin solutions had a negative effect on the retention of aroma compounds with most of our samples.

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 OPREDELITEV PROBLEMA	1
1.2 DELOVNA HIPOTEZA	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 HIDROKOLOIDI	3
2.1.1 Splošne značilnosti hidrokoloidov	3
2.1.2 Hidrokoloidi kot zgoščevalci in želirna sredstva	3
2.1.3 Izvor in vrste hidrokoloidov	4
2.2 PEKTIN	5
2.2.1 Strukturne lastnosti pektina	5
2.2.2 Izvor in pridobivanje pektina	6
2.2.3 Funkcionalne lastnosti pektinov in njihova uporaba	8
2.3 AROMA	10
2.3.1 Pravilnik o aromah	10
2.3.2 Aroma jagod	11
2.4 ZADRŽEVANJE KOMPONENT AROME V PREHRANSKIH IZDELKIH	13
2.4.1 Vpliv fizikalno-kemijskih lastnosti na zadrževanje arome v prehranskih matriksih	14
2.6 UGOTAVLJANJE Hlapnih komponent v aromatiziranih matriksih	14
2.6.1 Plinska kromatografija v povezavi z masno spektroskopijo (GC-MS)	14
2.6.2 Mikroekstrakcija na trdni fazi (SPME)	15
3 MATERIALI IN METODE DELO	16
3.1 MATERIAL	16
3.2 METODE DELO	16
3.2.1 Priprava vzorcev	16
3.2.2 Izolacija in določanje hlapnih komponent arome	17
3.2.3 Senzorično ocenjevanje aromatiziranih gelov	20
3.2.4 Statistična analiza rezultatov	21
4 REZULTATI	22
4.1 PREGLED REZULTATOV VSEH ANALIZIRANIH VZORCEV	22
4.2 VPLIV VRSTE PEKTINA IN TEMPERATURE NA SPROŠČANJE Hlapnih komponent arome pri isti vrednosti pH 2,35 in 7	22

4.3 VPLIV PEKTINA IN VREDNOSTI pH NA SPROŠČANJE KOMPONENT JAGODNE AROME PRI TEMPERATURAH 30 °C in 60 °C	28
4.4 SENZORIČNO OCENJEVANJE	35
5 RAZPRAVA IN SKLEPI.....	36
5.1 RAZPRAVA.....	36
5.2 SKLEPI.....	38
6 POVZETEK.....	39
7 VIRI	40
8 ZAHVALA	44

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Izvor, vrsta, vir in uporaba različnih vrst hidrokoloidov v živilski industriji (Domjan, 2006).....	4
Preglednica 2: Klasifikacija pektinov glede na stopnjo zaestrenosti (Flutto, 2003).....	8
Preglednica 3: Komponente in tip arome, ki jih komponente doprinesejo k celotni aromi, koncentracije komponent v jagodi in spodnji prag zaznave (Domjan, 2006)	12
Preglednica 4: Identificirane hlapne komponente jagodne arome	17
Preglednica 5: Rezultati analize različnih hlapnih spojin na 9 vrstah pektina, pri 30 °C in 60 °C in pri vrednostih pH 2,35, pH 3,32 in pH 7, z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri.....	22
Preglednica 6: Vpliv vrste pektina in temperature (30 °C in 60 °C) na sproščanje etil butanoata iz jagodne arome pri vrednostih pH 7 in 2,35.....	23
Preglednica 7: Vpliv vrste pektina in temperature (30 °C in 60 °C) na sproščanje 2-metil etil butanoata iz jagodne arome pri vrednostih pH 7 in 2,35.....	24
Preglednica 8: Vpliv vrste pektina in temperature (30 °C in 60 °C) na sproščanje 3-metil etil butanoata iz jagodne arome pri vrednostih pH 7 in 2,35.....	24
Preglednica 9: Vpliv vrste pektina in temperature (30 °C in 60 °C) na sproščanje etil pentanoata iz jagodne arome pri vrednostih pH 7 in 2,35	25
Preglednica 10: Vpliv vrste pektina in temperature (30 °C in 60 °C) na sproščanje metil heksanoata iz jagodne arome pri vrednostih pH 7 in 2,35.....	25
Preglednica 11: Vpliv vrste pektina in temperature (30 °C in 60 °C) na sproščanje etil heksanoata pri iz jagodne arome vrednostih pH 7 in 2,35.....	26
Preglednica 12: Vpliv vrste pektina in temperature (30 °C in 60 °C) na sproščanje etil metil propanoata iz jagodne arome pri vrednostih pH 7 in 2,35.....	27
Preglednica 13: Vpliv vrste pektina in temperature (30 °C in 60 °C) na sproščanje heksil acetata iz jagodne arome pri vrednostih pH 7 in 2,35	27
Preglednica 14: Vpliv vrste pektina in temperature (30 °C in 60 °C) na sproščanje fenil metil acetata iz jagodne arome pri vrednostih pH 7 in 2,35	28
Preglednica 15: Vpliv vrste pektina in vrednosti pH na sproščanje etil butanoata iz jagodne arome pri temperaturah 30 °C in 60 °C	29
Preglednica 16: Vpliv vrste pektina in vrednosti pH na sproščanje 2-metil etil butanoata iz jagodne arome pri temperaturah 30 °C in 60 °C	30
Preglednica 17: Vpliv vrste pektina in vrednosti pH na sproščanje 3 metil etil butanoata iz jagodne arome pri temperaturah 30 °C in 60 °C	30
Preglednica 18: Vpliv vrste pektina in vrednosti pH na sproščanje etil pentanoata iz jagodne arome pri temperaturah 30 °C in 60 °C	31
Preglednica 19: Vpliv vrste pektina in vrednosti pH na sproščanje metil heksanoata iz jagodne arome pri temperaturah 30 °C in 60 °C	31
Preglednica 20: Vpliv vrste pektina in vrednosti pH na sproščanje etil heksanoata iz jagodne arome pri temperaturah 30 °C in 60 °C	32
Preglednica 21: Vpliv vrste pektina in vrednosti pH na sproščanje metil etil propanoata iz jagodne arome pri temperaturah 30 °C in 60 °C	33

Preglednica 22: Vpliv vrste pektina in vrednosti pH na sproščanje heksil acetata iz jagodne arome pri temperaturah 30 °C in 60 °C	33
Preglednica 23: Vpliv vrste pektina in vrednosti pH na sproščanje fenil metil acetata iz jagodne arome pri temperaturah 30 °C in 60 °C	34
Preglednica 24: Vpliv vrste pektina in vrednosti pH na senzorično oceno aromatiziranih pektinskih gelov.....	35

KAZALO SLIK

Slika 1: Strukturna formula poligalakturonske kisline oz. pektina (Gums and stabilizers, 2005).....	5
Slika 2: Strukturne značilnosti pektinov. (Willats in sod., 2006: 98).....	6
Slika 3: Shematski prikaz pridobivanja pektina (Cargill texturizing..., 2006)	7
Slika 4: Prikaz pektinskega matriksa posnetega z elektronskim mikroskopom (Kalab, 2005).....	9
Slika 5: Strukturne formule identificiranih hlapnih komponent jagodne arome (NIST Chemistry..., 2005)	18
Slika 6: Postopek ekstrakcije in desorbcije pri metodi SPME (Mindrup in Shirley, 2001)	19

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

°C	stopinje celzija
C_g	koncentracija komponente v plinski fazi
C_p	koncentracija komponente v izdelku
DA	stopnja amidacije
DE	stopnja zaestrenosti
FAO	mednarodna organizacija za hrano in kmetijstvo
GalA	galakturonska kislina
GC	plinska kromatografija
HCC	analiza nadprostora z visoko koncentracijsko kapaciteto
HM	visoko metiliran pektin
HS	metoda analize nadprostora
K_{gp}	porazdelitveni koeficient med izdelkom in plinsko fazo
KV	koeficient variabilnosti
LM	nizko metiliran pektin
MS	masna spektroskopija
Rha	ramnoza
RT	retencijski čas
SAS/STAT	programski paket za statistično obdelavo podatkov
SO	standardni odklon
SPE	ekstrakcija na trdni fazi
SPME	mikroekstrakcija na trdni fazi
WHO	svetovna zdravstvena organizacija

1 UVOD

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Hidrokoloidne se v pripravi hrane uporablja že stoletja. Vede ali ne vede so ljudje uporabljali različne vrste hidrokoloidov v proizvodnji hrane, predvsem kot zgoščevalce.

Hidrokoloidne imenujemo skupino polimerov naravnega izvora, ki z vodo dajejo močno viskozne raztopine in gele (Kač, 1999).

Uporaba hidrokoloidov je v živilski industriji zelo razširjena, saj se uporabljajo kot zgoščevalna sredstva, stabilizatorji in želirna sredstva v izdelkih kot so sladolei, pijače, marmelade in omake. V zadnjem času se zaradi vse večje zdravstvene osveščenosti potrošnikov, uporaba hidrokoloidov širi tudi na področje izdelkov z zmanjšano vsebnostjo maščob, kar vodi k povečanemu povpraševanju po podatkih o njihovih mehanskih in fizikalnih lastnostih, kar zajema tudi vpliv dodatka hidrokoloidov na sproščanje arome (Boland in sod., 2004).

V skupino hidrokoloidov spada tudi pektin, ki je hidrokoloid rastlinskega izvora in ga najdemo v vseh celičnih stenah rastlin. Uporaba pektinov se je v zadnjem desetletju zelo povečala, največja poraba pa je še vedno v proizvodnji marmelad in želejev. Pomembno vlogo dobiva pektin tudi v dietetiki, kot topna komponenta vlaknine, ki jo dodamo hrani in pijačam ter kot dodatek nizko kaloričnim pijačam za izboljšanje okusa (Česen, 1994). Prav to povečano zanimanje za uporabo pektina in ostalih hidrokoloidov, je povečalo zanimanje za proučevanje njihovih lastnosti in obnašanje pri različnih pogojih, z namenom optimizacije delovnega procesa v živilski industriji.

Eno izmed področij uporabe pektina in drugih hidrokoloidov je tudi vpliv hidrokoloidov na sproščanje arome v prehranskih matriksih. Zaznava komponent arome je v neposredni povezavi z njihovo dostopnostjo v plinski fazi nad hrano, kar pa je predvsem odvisno od interakcij med komponentami arome in hrane (Arvisenent in sod., 2002). Samo sestavine, ki se sprostijo v dovolj visokih koncentracijah, bodo zaznane kot aroma in že majhne spremembe v sestavi gela lahko vplivajo na spremembo v zaznani aromi (Boland in sod., 2004).

Različni avtorji, kot so Mei in sod. (2004), Decourcelle in sod. (2004) in Seuvre in sod. (2006), ki so svoje raziskave opravljali na pektinskih matriksih z različnimi vrstami hidrokoloidov, so ugotovili, da prisotnost hidrokoloidov zmanjša sproščanje aromatskih komponent iz prehranskih matriksov. Hansson in sod. (2003) je v raziskavi sproščanja komponent jagodne arome med skladiščenjem ugotovila, da struktura gela močno vpliva na porazdelitev aromatskih komponent med gelom in plinsko fazo, medtem, ko je Rega in sod. (2002) pri uporabi visoko metiliranih pektinov na modelnem marmeladnem matriksu, pri različnih koncentracijah pektina, ugotovila zmanjšanje koncentracije komponent jagodne arome v nadprostoru.

Namen naše raziskovalne naloge je bil ugotoviti, kako različne vrste pektina zadržijo komponente naravno identične jagodne arome, prav tako pa nas je zanimalo, kakšen vpliv imajo temperatura in vrednosti pH na sproščanje hlapnih komponent arome.

1.2 DELOVNA HIPOTEZA

Pektin se v industriji uporablja kot zgoščevalno sredstvo. Ker pričakujemo, da bodo različni pektini ustvarili različno viskozne raztopine, lahko pričakujemo, da bodo različne vrste pektina različno močno zadrževale hlapne aromatske komponente naravno identične jagodne arome. Dalje pričakujemo, da bodo isti pektini pri različnih temperaturah in vrednostih pH, različno močno zadrževali hlapne komponente jagodne arome.

2 PREGLED OBJAV

2.1 HIDROKOLOIDI

2.1.1 Splošne značilnosti hidrokolidov

Hidrokoloide lahko opišemo kot skupino polimerov naravnega izvora, ki dajejo z vodo močno viskozne raztopine ali gele. Kemijsko so polisaharidi ali proteini, v živilstvu pa se uporabljajo kot aditivi. Pomembni in uporabni so predvsem zato, ker vežejo vodo in tako strukturno spremenijo medij, v katerem so raztopljeni. Hidrokoloidi, ki tvorijo relativno močne vezi med makromolekulskimi verigami in so zanje značilna večja strukturno toga in urejena področja, so učinkovita želirna sredstva, tisti, pri katerih so vezi med makromolekulskimi verigami šibke, pa so dobri zgoščevalci (Kač, 1999).

Njihova uporaba je v živilski industriji zelo razširjena prav zaradi sposobnosti zgoščevanja že pri nizkih koncentracijah (Yven in sod., 1998). Ta lastnost se še posebej pokaže v tehnologijah, pri katerih nastajajo problemi z razslojevanjem izdelka oziroma večjo vsebnostjo vode. Drugo področje uporabe zajema tiste izdelke, pri katerih želimo poudariti manjšo hranilno vrednost ob nezmanjšani prehranski vrednosti in si kakovost izdelka skušamo zagotoviti z različnimi aditivi (Hribar in Gobec, 1999).

Hidrokoloidi lahko tvorijo različno močne gele, na to pa so vezane tudi njihove funkcionalne lastnosti. Funkcionalne lastnosti so (Česen, 1994):

- zgoščevanje
- tvorba suspenzij
- želiranje
- stabiliziranje
- nadomeščanje maščobe.

2.1.2 Hidrokoloidi kot zgoščevalci in želirna sredstva

Hidrokoloidi kot zgoščevalci

Hidrokoloidi, ki so tipični zgoščevalci, tvorijo z vodo zelo viskozne raztopine. Vpliv na viskoznost medija je odvisen tako od molekulske mase polimera, kot tudi od oblike molekule in njene togosti. Polimerne molekule tipičnih zgoščevalcev so medsebojno povezane le s šibkimi vezmi in ne tvorijo močne in togo urejene tridimenzionalne strukture. Te makromolekule v raztopini »ujamejo« in skoraj povsem imobilizirajo veliko vode (Kač, 1999).

Hidrokoloidi kot želirna sredstva

V gelu so molekule hidrokoloida povezane v bolj ali manj stabilno prostorsko strukturo. Nekatera področja so absolutno strukturno urejena, večji deli pa so precej bolj neurejeni in povezani med seboj in molekulami vode preko funkcionalnih skupin (predvsem preko vodikovih vezi). Trdnost gela je določena predvsem s pogostnostjo, velikostjo in trdnostjo povezave urejenih delov, od teh istih lastnosti pa je odvisna tudi temperaturna obstojnost gela. Želiranje poteka v dveh stopnjah. Najprej moramo želirno sredstvo dispergirati v disperznem mediju, nato pa sprožimo želiranje bodisi z ohlajevanjem ali pa z dodatki, ki sprožijo reakcijo zamreževanja gela (Kač, 1999).

2.1.3 Izvor in vrste hidrokoloidov

Hidrokoloidi so naravni polimeri in so lahko rastlinskega, živalskega, mikrobnege ali pa morskega izvora. V preglednici 1 so predstavljeni izvor, vrsta ter uporaba posameznih hidrokoloidov. (Za našo diplomsko nalogo je pomemben le pektin, zato ostalih vrst hidrokoloidov ne bomo podrobneje obravnavali.)

Preglednica 1: Izvor, vrsta, vir in uporaba različnih vrst hidrokoloidov v živilski industriji (Domjan, 2006)

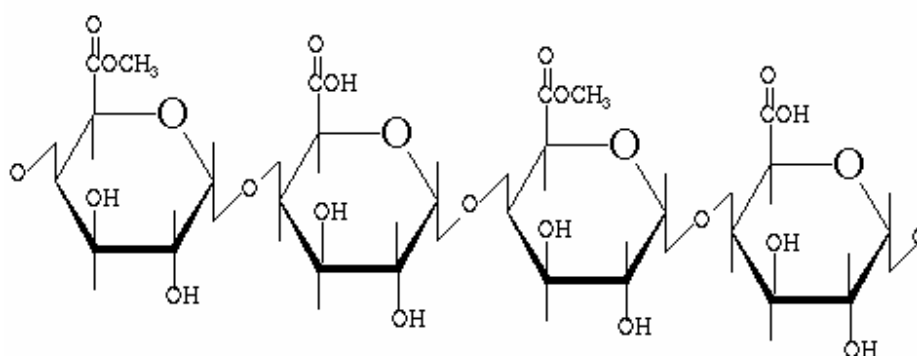
IZVOR	HIDROKOLOID	VIR	UPORABA
RASTLINSKI	derivati celuloze	celične stene rastlinskih celic	zamrznjeni deserti
	pektin	rastlinsko tkivo	marmelade, želeji
	modificirani škrobi	pšenica, koruza, rž, krompir	pudingi, mlečni deserti, prelivs za peciva
	guar guma	seme grma <i>Cyamopsis tatra</i>	sladoledi, nadomestek maščobe v majonezah
	guma arabica	drevesni eksudat	slašičarstvo, pekarstvo
ŽIVALSKI	želatina	živalsko vezivno tkivo (kolagen)	žele bomboni, sladoledi, juhe, sadni sokovi
MIKROBNI	ksantan	produkt fermentacije bakterij vrste <i>Xanthomonas campestris</i>	pekarstvo, sokovi
MORSKI	alginati	rjava alga	marmelada, pudingi, sladoled, majoneza
	karagenan	rdeča alga	mlečni izdelki, pudingi

Pektin je visokomolekularen ogljikohidratni polimer, ki je prisoten v praktično vseh rastlinah in prispeva k celični strukturi kot nekakšen cement za celulozno mrežo. Termin pektin zaobjema veliko število polimerov, ki varirajo v molekularni teži, kemijski sestavi, vsebnosti nevtralnih sladkorjev in funkcionalnih lastnostih. Beseda pektin izvira iz staro grške besede *pektos*, ki pomeni čvrst in trden, kar odraža njegovo lastnost tvorbe gelov (Flutto, 2003).

2.2 PEKTIN

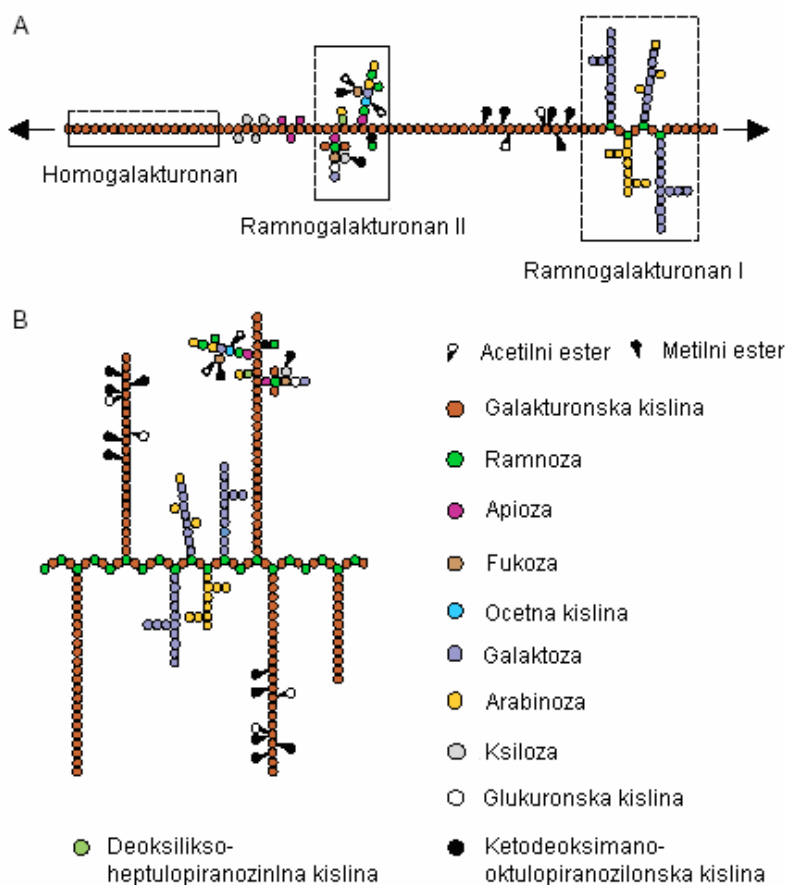
2.2.1 Strukturne lastnosti pektina

V osnovi je pektin polisaharid, sestavljen iz enot galakturonske kisline (GalA), med seboj povezanih z 1–4 glukoziidno vezjo. Mnoge od galakturonskih kislin so zaestrene z metanolom, molekulska teža in stopnja zaestrenosti pa določata njegove lastnosti (Hribar in Gobec, 1999).



Slika 1: Strukturna formula poligalakturonske kisline oz. pektina (Gums and stabilizers, 2005)

Termin pektin je rahlo zavajajoč, saj implicira na eno molekulo, dejansko pa pektin opisuje večje število molekul iz družine oligo in polisaharidov, ki imajo podobne osnovne značilnosti, vendar pa je njihova fina struktura zelo različna. Pektini dejansko zajemajo vse molekule, ki so bogate z galakturonsko kislino. Organizacija FAO predpisuje, da morajo pektini vsebovati vsaj 65 % galakturonske kisline (FAO/WHO, 2001). Razlikujemo tri večje skupine pektinskih molekul, ki vsebujejo več ali manj galakturonske kisline. Te so homogalakturonan, ramnogalakturonan 1 in ramnogalakturonan 2. Homogalakturonan je linearni polimer α -D galakturonske kisline povezane z 1–4 glikozidno vezjo, medtem ko je ramnogalakturonan 1 sestavljen iz ponavljajočega se disaharida [$\rightarrow 4$)- α -D GalA - (1-2)- α -D Rha -($\rightarrow 1$]. Preostali polisaharid, ramnogalakturonan 2, je rahlo zavajajoče poimenovan, saj je njegova osnova homogalakturonan s kompleksnimi stranskimi verigami na prostih GalA ostankih. Do nedavnega je bila sprejeta teorija, da homogalakturonan in ramnogalakturonan 1 sestavljata hrbtenico pektinskih polimerov, vendar pa so Vincken in sod. (2003) pred kratkim predstavili novo teorijo. Po tej teoriji naj bi bil homogalakturonan le dolga stranska veriga ramnogalakturonana 1 (Slika 2). Ob vseh teh teorijah pa je nesporno dejstvo, da so pektini zelo kompleksni polimeri, katerih struktura je zelo različna, ne samo med različnimi rastlinami in tkivi, ampak tudi v celični steni posamezne rastlinske celice (Willats in sod., 2006).



Slika 2: Strukturne značilnosti pektinov. (Willats in sod., 2006: 98)

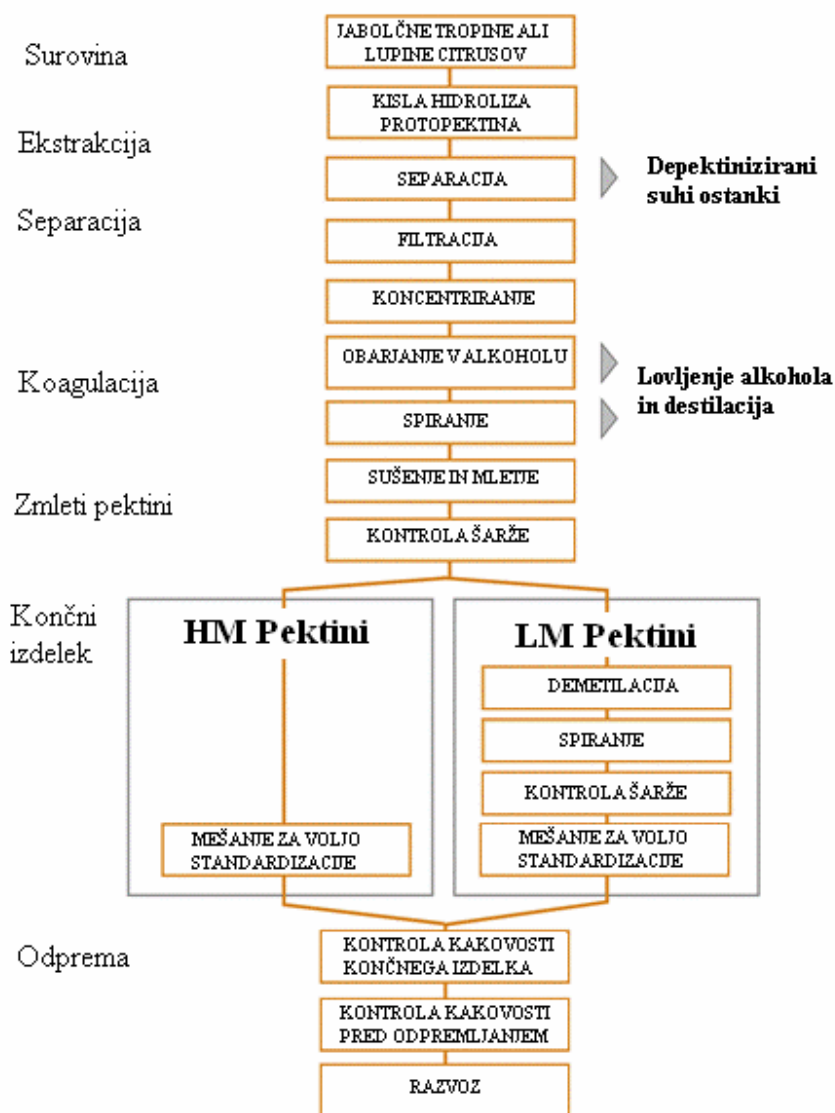
2.2.2 Izvor in pridobivanje pektina

Izvor pektina

Pektin je naravna sestavina rastlin. V glavnem se nahaja v obliki pektinske snovi oz protopektina, ki ni topen v vodi. Protopektin je nepogrešljiv del rastlinske celične stene, saj deluje kot nekakšen cement in hidracijski element za celulozno mrežo. Natančna narava protopektina ni povsem znana, vendar pa je splošno sprejeto dejstvo, da naj bi bil protopektin zapletena struktura, v kateri je pektin pritrjen na ostale komponente celične stene, kot so celuloza, hemiceluloza in proteini, s kovalentnimi vezmi, vodikovimi vezmi in/ali ionskimi interakcijami. V rastlini so proste karboksilne skupine delno nevtralizirane s kationi kalcija, kalija in magnezija, ki so prisotni v rastlinskem tkivu (Flutto, 2003).

Pridobivanje pektina

Kot hidrokolid se pektin dandanes uporablja v živilski industriji kot želirno sredstvo. Za komercialne namene se ga pridobiva predvsem iz jabolčnih tropin (angl., pomace) in lupin citrusov, vendar pa se je z leti pojavilo zanimanje tudi za druge vire (Diaz-Rojas in sod., 2004). Proces proizvodnje zajema štiri osnovne stopnje. To so: ekstrakcija in separacija, čiščenje, izolacija in standardizacija (Flutto, 2003).



Slika 3: Shematski prikaz pridobivanja pektina (Cargill texturizing..., 2006)

Osnovna shema pridobivanja pektina je prikazana na sliki 3. Pektin ekstrahirajo z vročo vodo. Ekstrakt, katerega količina in kakovost sta zelo odvisni od pogojev ekstrakcije, bistrijo s centrifugiranjem in filtracijo. Iz bistre raztopine nato oborijo pektin z alkoholom ali pa kot aluminijev pektat. Slednjega nato po obarjanju izpirajo z nakisanim alkoholom, da dobijo iz pektata kislino. Tako dobimo močno zaestren pektin (HM, HE pektin), ki ga lahko po potrebi še delno hidroliziramo v malo zaestren ali LM (LE) pektin. Če za deesterifikacijo uporabimo amoniak, uvedemo v molekulo tudi nekaj amidnih skupin in dobimo amidiran pektin (Kač in Jurca, 1994).

Kot je prikazano v preglednici 2, lahko pridobljeni pektin delimo na dva osnovna razreda na osnovi stopnje zaestrenosti (DE – degree of esterification). Prvi je močno ali visoko zaestren pektin, katerega stopnja zaestrenosti je večja od 50 % (DE > 50 %), drugi pa je malo zaestren pektin, katerega stopnja zaestrenosti je nižja od 50 % (DE < 50 %). Slednji razred se lahko deli še na dva podrazreda, in sicer na klasični oz. konvencionalni pektin in na amidirani pektin, kar pa je odvisno od uporabe amoniaka pri deesterifikaciji pektina.

Preglednica 2: Klasifikacija pektinov glede na stopnjo zaestrenosti (Flutto, 2003)

DE > 50 %	DE < 50 % Nizko oz. malo zaestreni pektini (LE)	
Visoko zaestreni pektini (HE)	Klasični malo zaestreni pektini (niso amidirani)	Amidirani malo zaestreni pektini (DA < 25 %)

DE – stopnja esterifikacije (angl. Degree of esterification); DA – stopnja amidacije (angl. Degree of amidation)

2.2.3 Funkcionalne lastnosti pektinov in njihova uporaba

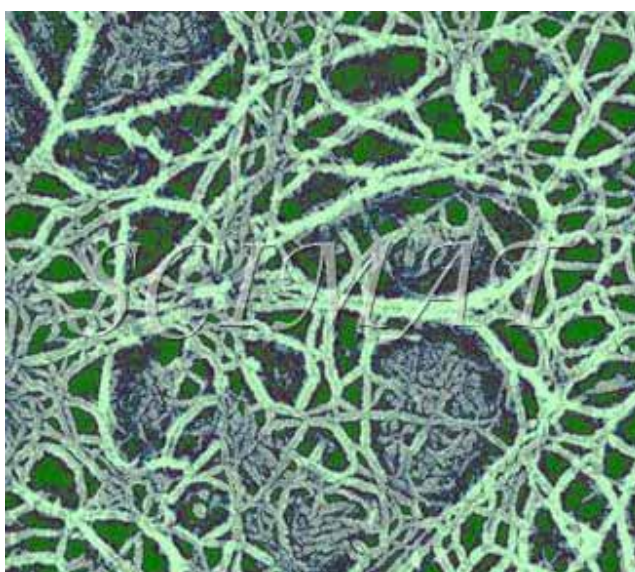
Pektine se uporablja v različnih vrstah hrane in farmacevtskih izdelkov. Njihove osnovne lastnosti so tvorba gelov, ki jih tvorijo tako LM kot HM pektini, povečanje viskoznosti raztopin ter stabilizacija proteinov (HM pektini). Glede na to, da se razumevanje molekularne strukture pektinov danes hitro pogloblja, je v prihodnosti pričakovati, da se bodo pektinom pripisale še kakšne nove lastnosti (Flutto, 2003).

Želiranje pektinov

Pektin tvori gele tako, da se deli homogalakturonana križno povežejo in s tem tvorijo tridimenzionalno mrežo, v katero so ujeti voda in ostale molekule. Na sposobnost tvorbe gelov vplivajo različni faktorji, med drugim: temperatura, tip pektina, stopnja esterifikacije, stopnja amidiranja, pH, sladkorji in ostali topljenci ter kalcij (Willats in sod, 2006).

Teorija, ki je splošno sprejeta je, da močno zaestreni pektini tvorijo gel s povezovanjem polimerov v tako imenovanih stičiščnih točkah (angl. Junction zone), kjer imajo glavno vlogo vodikove vezi, pa tudi hidrofobne interakcije med metilnimi skupinami. Kalcijevim ionom pripisujemo manjšo vlogo pri tvorbi vezi. Ker imajo pektinske verige negativen naboj, se med seboj odbijajo, sila tega odbijanja pa je odvisna od gostote naboja na verigah. Prav te odbojne

sile, kot tudi nezmožnost tvorbe vodikovih vezi med ioniziranimi verigami, je razlog, da potrebujemo za formiranje gela pri močno zaestrenih pektinih nizke vrednosti pH (Flutto, 2003). Želiranje malo zaestrenih pektinov je rezultat ionskega povezovanja karboksilnih skupin dveh verig, s pomočjo kalcijevih mostičkov ob sodelovanju vodikovih vezi. Najbolj priznan model združevanja je tako imenovani eggbox model. Natančne zahteve po kalciju za želiranje so močno odvisne od stopnje esterifikacije, recepta in procesnih parametrov, kot npr. hitrost ohlajanja. Povečanje ionske moči, vrednosti pH ali pa zmanjšanje stopnje zaestrenosti zmanjša količino kalcijevih ionov, potrebnih za želiranje (Flutto, 2003).



Slika 4: Prikaz pektinskega matriksa posnetega z elektronskim mikroskopom (Kalab, 2005)

Stabilizacija beljakovin z močno zaestrenimi pektini

V kislih pogojih proteini v hrani težijo k aglomeraciji in sedimentaciji, če je le viskoznost sistema dovolj majhna. V teh pogojih so proteini zelo občutljivi za dehidracijo in lahko postanejo po obdelavi peščeni. HM pektini so se tu pokazali kot uspešni stabilizatorji (Flutto, 2003). Pektin je negativno nabit hidrokolid in reagira z v raztopini prisotnimi pozitivno nabitimi polimeri. Interakcija s proteini pod njihovo izoelektrično točko je osnova za stabilizacijo sistemov z mlekom ali sojinim mlekom (Hribar in Gobec, 1999). Če imamo dovolj visoko koncentracijo pektina, pride do adsorpcije karboksilnih skupin pektinske verige na površino beljakovinske molekule, kar prepreči aglomeracijo in jo tako stabilizira. Čeprav imajo močno zaestreni pektini manjši delež prostih karboksilnih skupin, so se pokazali bolj primerni kot malo zaestreni pektini, saj je za stabilizacijo pomembno, da se določeni deli pektinske molekule ne adsorbirajo na površino beljakovinske molekule. Na lastnosti stabilizacije vplivata tako stopnja zaestrenosti pektina, kot tudi razporeditev zaestrenih mest (Flutto, 2003).

Uporaba pektina v prehranskih izdelkih

Tradicionalna uporaba pektina je povezana s proizvodnjo marmelade, vendar pa danes obstaja večje število pektinov, katerih uporaba je odvisna od količine sadja, sladkorja, velikosti sadnih delcev, zelene konzistence izdelka, tehnološkega postopka, itd. Sam ali v kombinaciji z ostalimi hidrokoloidi se uporablja v proizvodnji sadnih pripravkov za sadne jogurte, sladolede in peciva. V konditorstvu se uporablja za izdelavo želejev, kjer ima prednost pred ostalimi hidrokoloidi zaradi bistrosti in nevtralnega okusa, pomemben pa je tudi kot nosilec arome. V mlečnih in sirotkinih napitkih z dodanim sadnim sokom, pektin ščiti mlečne proteine pred koagulacijo v kislem mediju in tako zagotavlja stabilnost izdelka v daljšem časovnem obdobju. LM pektin se uporablja tudi kot stabilizator v solatnih prelivih, majonezah in podobnih produktih. Uporabljajo in navajajo pa ga tudi kot topno dietno vlaknino (Hribar in Gobec, 1999).

2.3 AROMA

2.3.1 Pravilnik o aromah

Uporabo arom v Sloveniji ureja pravilnik o aromah (Pravilnik o aromah, 2001). Le ta ureja uporabo arom, ki so namenjene za uporabo v proizvodnji živil, osnovne surovine, ki se uporabljajo za izdelovanje arom in pogoje njihove uporabe.

Po 3. členu tega pravilnika so arome aromatične snovi, aromatični pripravki, procesne arome, arome dima in njihove mešanice, ki se dodajajo živilom z namenom dodajanja vonja in okusa. Arome kot take pa niso namenjene za neposredno uživanje.

4. člen tega pravilnika razlaga navedene izraze:

- aromatične snovi so kemične spojine z aromatičnimi lastnostmi, ki se glede na način pridobivanja razvrščajo v:
 - naravne aromatične snovi, ki so pridobljene s fizikalnimi postopki (vključno z destilacijo in ekstrakcijo s topilom), encimatskim postopkom ali mikrobiološkim postopkom iz surovin rastlinskega ali živalskega izvora, v naravni obliki ali predelanih v živilske namene po tradicionalnih postopkih predelave (vključno sušenje, praženje in fermentacija);
 - naravnim enake aromatične snovi, ki so pridobljene s kemično sintezo ali izolirane s kemičnim postopkom in so kemično enake aromatičnim snovem, ki so naravno prisotne v surovinah rastlinskega ali živalskega izvora, kot določa prejšnja točka;
 - umetne aromatične snovi, ki so pridobljene s kemično sintezo in niso kemično enake snovem, ki so naravno prisotne v surovinah rastlinskega in živalskega izvora;

- aromatični pripravek je izdelek, ki se razlikuje od naravnih aromatičnih snovi in ima ne glede na to, ali je zgoščen ali ne, lastnost naravnih arom;
- procesna aroma je izdelek, ki se pridobiva s segrevanjem do 180 °C do največ 15 minut, za katerega sestavine ni potrebno, da imajo lastnosti arom, vsaj ena od sestavin pa mora vsebovati dušik (amino), druga pa je reducirajoči sladkor;
- aroma dima je izvleček dima, ki se uporablja v običajnih postopkih za prekajevanje živil.

2.3.2 Aroma jagod

Tipičen okus večine sadežev ni prisoten v zgodnjih fazah tvorbe plodu, temveč se razvije med kratkim obdobjem zorenja. V tem obdobju se metabolizem spremeni v katabolno fazo, v kateri pa se iz glavnih sestavin rastline, kot so ogljikovi hidrati, lipidi in proteini, tvorijo hlapne komponente. Da bi lahko potemtakem razumeli kakšna je aroma določenega sadeža, moramo razumeti ne samo sestave glavnih komponent, ampak tudi, kako se te spreminjajo med razvojem sadeža (Perez in sod., 1992).

Narava jagodne arome je bila v preteklosti precej raziskovana, tako da so odkrili, da naj bi jagodno aromo sestavljalo več kot 360 komponent (Schieberle in Hofmann, 1997). Tipična aroma jagod je tako kompleksna mešanica estrov, aldehydov, alkoholov in žveplovih spojin (Perez in sod., 1992). Na te komponente, ki se tvorijo v obranih jagodah, vpliva mnogo dejavnikov tako pred kot po obiranju. Dejavniki, ki vplivajo na sestavo jagodne arome so lahko kultivar, zrelost in sezona obiranja, pa tudi ravnanje s plodovi, skladiščenje in umetno zorenje (Domjan, 2006).

Perez in sod. (1992) je preučevala sestavo arome kultivarja jagod Chandler v različnih fazah zorenja. Z dinamično analizo nadprostora je ugotovila, da so v vseh fazah zorenja velik del hlapnih sestavin predstavljali etilni estri, ki so predstavljali kar 60 % vseh hlapnih sestavin v polno zrelih jagodah, medtem ko sta bila pri popolnoma zrelih jagodah glavna predstavnika estrov etil butanoat in etil heksanoat. Prav tako je odkrila visoko prisotnost metilnih estrov v polno zrelih jagodah, le ti pa so predstavljali okoli 25 % vseh hlapnih snovi. 2,5-dimetil-4-metoksi-3-(2H)-furanona in njegove hidroksi različice ni zaznala, kar pa pripisuje nestabilnosti teh komponent. Iz tega je sklepala, da bi lahko bili metilni in etilni estri ene glavnih komponent jagodne arome.

V drugi raziskavi sta Schieberle in Hofmann (1997) raziskovala vpliv in prispevek posameznih komponent jagodne arome k celokupnemu vtisu. Njun namen je bil kvantificirati izbrane ključne aromatske komponente v svežem jagodnem soku in potem primerjati aromo različnih modelnih mešanic teh komponent z izvornim jagodnim sokom. Ugotovila sta, da če odstranimo določene ključne sestavine, v tem primeru 2,5-dimetil-4-hidroksi- (2H)-furanon, (Z)-3-heksanal in metil butanoat, močno spremenimo naravo jagodne arome.

Medtem ko sta količina in vrsta posameznih komponent arome med sortami različni, pa je nekaj takih, ki so za aromo jagod specifične. V to skupino spadajo 2,5-dimetil-4-hidroksi-3(2H)-furanon, etil heksanoat, metil butanoat, linalol in metil heksanoat (Miszczak in sod., 1995).

Preglednica 3: Komponente in tip arome, ki jih komponente doprinesejo k celotni aromi, koncentracije komponent v jagodi in spodnji prag zaznave (Domjan, 2006)

Ime komponente	Tip arome	Spodnja konc. zaznave (ppb)	Koncentracija v jagodah (ppm)	Aromatske enote (angl. Flavor unit)
Izoamil acetat	Sladka, sadna, banana	2	0,20	102,445
Izoamilni alkohol	Vzame sapo, alkohol, brandy	170	0,34	1,971
Linalol	Cvetna, lesna, citrusna, sladka	6	0,36	60,008
Pentanol	Vinska, alkoholna	12050	0,05	0,005
Acetaldehid	Vzame sapo, po lešnikih, alkoholna	8,7	3,50	402,299
Butil acetat	Sladka, sadna, ananas, breskev	66	0,05	0,832
Butil butirat	Jabolčna, ananas, breskev, rum	100	0,05	0,451
Etil butirat	Sadna, maslena, zrelo sadje	0,13	2,55	19615,385
Etil heksanoat	Sadna, vinska, jabolčna	1	2,53	2525
Etil 3-metil butanoat	Močna jabolčna	0,4	0,15	387,225
Etil 2-metil butirat	Jagodna, močna, jabolčna, sadna	0,1	0,50	5048,900
Etil propanoat	Močna, sadna, po rumu	9	0,05	6,099
Heksil acetat	Sladka, sadna, jabolčna, breskev	2	0,51	255,025
Etil butnoat	Eterična, sadna, maslena, zrelo sadje	0,13	2,55	19615,385
Metil heksanoat	Eterična, sadna, ananas, sladka, jabolčna	70	1,10	15,784
2,5-dimetil-4-hidroksi-3(2H)-furanon	Sladka, sadna, sherry, vinska	0,03	1,53	50996,333
Metil butanoat	Sladka, eterična, sadna, jabolčna	15,1	2,51	166,228
2-heksanal	Močna, sadna, grenka	17	7,53	442,647
Decil aldehid	Močna, sladka, vonja po pomarančnem olupku, citrus	0,1	0,75	7500
1-okten-3-ol	Zelo močna, sladka, po gobah	1	0,03	25
Metil 2-metilbutarat	Sadna, sladka, jabolčna, jagoda, ananas	0,25	0,08	320

V preglednici 3 so podani podatki o analiziranih količinah ter pragovi zaznav posameznih komponent. V koloni FLAVOR UNIT je podano razmerje analizirana količina/prag zaznave, ki dejansko pove ali je analizirana količina nad pragom zaznave in tako lahko delno sklepamo na pomen sestavine. Vendar pa visoka vrednost za FLAVOR UNIT še ne pomeni, da je sestavina karakteristična za jagodno aromo. V preglednici je podan tudi tip arome, s katerim je okarakterizirana posamezna komponenta.

2.4 ZADRŽEVANJE KOMPONENT AROME V PREHRANSKIH IZDELKIH

Senzorične lastnosti so ključnega pomena za sprejemljivost hrane za potrošnika. Med temi lastnostmi je tudi aroma, ki je zelo pomembna in je morda eden od glavnih kriterijev za to, ali bo nek proizvod bolj sprejemljiv od drugega. Prav zaradi tega se aromatske spojine dodajajo živilom, da bi izboljšali senzorično kakovost, ali pa da bi prikrili nezaželene vonje (Goubet in sod., 1998).

Faktorja, ki vplivata na sproščanje arome iz živil sta porazdelitev po fazah in masni transport. Do sproščanja aromatskih komponent iz živil v plinsko fazo bo prišlo le, če bo moteno fazno ravnotežje. V ravnotežju so koncentracije v posameznih fazah v naslednji povezavi:

$$K_{gp} = C_g / C_p \quad \dots (1)$$

pri čemer je K_{gp} porazdelitveni koeficient med izdelkom in plinsko fazo, C_g in C_p pa sta koncentraciji aromatske komponente v zraku in izdelku. Na porazdelitveni koeficient vpliva veliko faktorjev, kot so temperatura in sestava izdelka (Hansson in sod., 2003).

Kemijska narava aromatskih komponent, sestava in struktura živil so glavne lastnosti, ki vplivajo na premike aromatskih komponent v živilu samem in sproščanje teh komponent. V splošnem so prehranski matriksi več fazni, saj so sestavljeni iz tekoče (vodne ali maščobne), trdne in plinske faze. Razporeditev komponent arome v prehranskem izdelku je odvisna od njihove afinitete do posameznih faz in njihove sposobnosti sproščanja v plinski fazi. Različne nehalpne komponente, kot so proteini, lipidi, ogljikovi hidrati in soli, močno vplivajo na zadrževanje arome v prehranskem matriksu. Med njimi in komponentami arome lahko pride do fizikalno-kemijskih interakcij, ki pa imajo vpliv na prerazporeditev aromatskih komponent v živilu. S tem se spremeni stopnja zadrževanja oz. sproščanja teh komponent in s tem tudi senzorično zaznavanje živila (Seuvre in sod., 2006).

Sproščanje arome je kompleksen proces, na katerega vpliva kar nekaj mehanizmov, kot so masni prenos, zaviranje sproščanja zaradi strukture matriksa, interakcije med komponentami arome in matriksom itd (Seuvre in sod., 2000).

2.4.1 Vpliv fizikalno-kemijskih lastnosti na zadrževanje arome v prehranskih matriksih

Vpliv molekulske mase

Rosenberg in sod. (1990) je ugotovil, da se v matriksih bolje zadržujejo komponente z višjo molekulsko maso. Podobno dejstvo je v svojih raziskavah ugotovil tudi Goubet in sod. (1998). Ta pojav si je razlagal s tem, da molekule z nižjo molekulsko maso lažje difundirajo skozi matriks.

Vpliv temperature

Savary in sod. (2006) je določala porazdelitvene koeficiente aromatskim spojinam. Med drugim je proučevala tudi vpliv temperature na sproščanje arome. Poskus je izvajala pri treh različnih temperaturah in sicer pri 10 °C, kar je temperatura pri skladiščenju sadnih preparatov, pri 21 °C, kar predstavlja temperaturo ohlajenega proizvoda v ustih, in pri 30 °C, kar predstavlja približno temperaturo v ustih. Kot je pričakovala, se je hlapnost komponent z zvišanjem temperature zvišala.

Vpliv polarnosti

Zadrževanje hlapnih komponent je odvisno od njihove polarnosti. Bolj ko je molekula komponente polarna, slabše se zadržuje v matriksu (Rosenberg in sod., 1990). Goubet in sod. (1998) si to razlaga z večjo topnostjo polarnih molekul v vodi, kar vodi k hitrejši difuziji polarnih molekul skozi matriks, v primerjavi z nepolarnimi molekulami.

Vpliv kemijskih (funkcionalnih) skupin

Goubet in sod. (1998) v svoji raziskavi navaja nek splošen vrstni red, po katerem se arome zadržujejo v matriksih. Najbolje se zadržujejo alkoholi, sledijo jim ketoni in estri, medtem ko se kisline najslabše zadržujejo v matriksih.

2.6 UGOTAVLJANJE Hlapnih komponent v aromatiziranih matriksih

2.6.1 Plinska kromatografija v povezavi z masno spektroskopijo (GC-MS)

Plinska kromatografija je danes najbolj razširjena metoda ločevanja hlapnih snovi. Prednosti te metode so predvsem dobra ločljivost, natančnost in ponovljivost. Osnova separacije pri plinski kromatografiji je različna porazdelitev spojin v plinastem stanju med stacionarno fazo, ki je lahko trdna ali pa tekoča in plinsko mobilno fazo. Ker imajo posamezne spojine različne porazdelitvene koeficiente (K), pride do njihovega ločevanja. Posamezni koeficienti so odvisni od parnega tlaka spojine v mobilni fazi in njihove topnosti v stacionarni fazi. Molekule komponent na poti skozi kolono konstantno prehajajo med mobilno in stacionarno fazo. Čim dalj časa je posamezna komponenta v mobilni fazi, tem hitreje se eluira iz kolone in obratno, čim večja je interakcija posameznih komponent s stacionarno fazo, dalj časa se zadržujejo v koloni. Interakcije molekul s stacionarno fazo pri konstantnem temperaturnem programu in pretoku mobilne faze, določajo zadrževalni ali retencijski čas. Te interakcije so odvisne od

strukture molekul, njihove geometrije ter vrste in števila funkcionalnih skupin. Retencijski čas je za določeno komponento karakteristična vrednost in jo pri konstantnem pretoku uporabljamo za njeno identifikacijo (Wittikowski, 1993).

Plinski kromatograf je poleg injektorja in kolone sestavljen še iz detektorja, s katerim zaznamo komponente, ki jih eluiramo iz kolone s pomočjo mobilne faze (Baša, 1999). Za identifikacijo spojin, ki jih separiramo na koloni je še posebej primerna masna spektroskopija (MS). Masni spektrometer je instrument, ki ločuje ione v plinski fazi glede na razmerje mase in naboje. Pri GC – MS sistemu lahko vsaki od spojin, ki se eluirajo iz kolone, izmerimo masni spekter, ki služi kot podlaga za identifikacijo (Kosec, 2001).

2.6.2 Mikroekstrakcija na trdni fazi (SPME)

Za ekstrakcijo organskih spojin se še zmeraj v veliki večini uporabljajo organska topila, tako za tekoče kot za trdne vzorce. Navadno se ekstrahirajo mikrokomponente, s tem pa je pogojena uporaba zelo čistih topil, ki pa so v glavnem draga. Ob tem je znano, da je veliko topil strupenih ali celo kancerogenih, zato je njihovo odstranjevanje problematično. Slabe strani klasičnih ekstrakcijskih metod, še posebej pa velika poraba organskih topil, so privedle do razvoja novih metod, katerih glavne prednosti so hitrost ekstrakcije in majhna poraba topil (Prosen in Zupančič-Kralj, 1999).

Analiza nadprostora je tehnika, ki ne uporablja topil. Uporablja se v kombinaciji s plinsko kromatografijo in plinsko kromatografijo v kombinaciji z masno spektrometrijo za identifikacijo hlapnih spojin v različnih matriksih, vključno s prehranskimi. V zadnjih desetih letih se je zanimanje za analizo nadprostora zopet povečalo, še posebej po predstavitvi tehnik z visoko koncentracijsko kapaciteto (HCC), pri katerih zaznavanje hlapnih komponent temelji predvsem na osnovi sorbcije. Prva HCC tehnika za analizo nadprostora je bila mikroekstrakcija na trdni fazi (HS-SPME), ki sta jo razvila in prvič aplicirala Zhang in Pawliszyn leta 1993. Pokazala se je kot uspešna premostitvena tehnika med statičnimi (S-HS) in dinamičnimi (D-HS) tehnikami, saj je enostavna, ponovljiva in občutljiva kot statične tehnike in selektivna kot dinamične tehnike (Bicchi in sod., 2004).

Ekstrakcija na trdni fazi (SPE) je učinkovit nadomestek za klasično solventno ekstrakcijo, saj deluje na principu absorpcije analita iz vzorca na modificirano trdno oporo. Analit se nato desorbira termično ali pa z uporabo topil. Osnovna prednost SPE je zmanjšana poraba močno čistih topil, kar zniža stroške in zmanjša probleme z odstranjevanjem ostankov topil. Termična desorbicija adsorbenta na trdni fazi ne zahteva nobenih topil. Uporaba topil bi to pomenila velike spremembe na injektorju plinskega kromatografa in dodatek desorbcijskega modula. Mikroekstrakcija na trdni fazi (SPME) s termično desorbicijo eliminira probleme povezane z SPE, hkrati pa ohrani vse prednosti (Arthur in Pawliszyn, 1990).

SPME dovoljuje ekstrakcijo in koncentracijo hlapnih in pol-hlapnih snovi iz vzorčnega matriksa in dober prenos v plinski kromatograf, pri čemer lahko uporabimo univerzalni injektor brez modifikacij (Jaillais in sod., 1999). Pri tej tehniki hlapnih snovi ne vzorčimo z iglo, ampak se le te absorbirajo na zataljena silikatna vlakna, obdana s stacionarno fazo. Če so v vzorcu le snovi, ki jih lahko analiziramo s plinskim kromatografom, lahko vlakno potopimo neposredno v vzorec. V nasprotnem primeru vlakno izpostavimo nadprostoru nad vzorcem, kjer se vzpostavi ravnotežje analitov med vzorcem, nadprostorom nad vzorcem in polimerno tekočino stacionarne faze (Povolo in Contarini, 2003).

3 MATERIALI IN METODE DE LA

3.1 MATERIAL

Pri poskusu smo uporabili 7 vrst pektinov, in sicer 3 pektine podjetja Cesalpinia Cesapectin (Slow set, rapid set in LM 35) ter 4 pektine podjetja Herbstreith (Amid AF 20, Amid CF 20, Clasic AF 703, Clasic CF 703). Pektina vrste Slow set in Rapid set sta visoko metilirana pektina, medtem ko so ostale vrste pektinov nizko metilirani pektini, od katerih so Amid AF 20, Amid CF 20 in LM 35 amidirani pektini. Aromo, uporabljeno v poskusu, smo dobili iz podjetja Fructal d.d.

3.2 METODE DE LA

V poskusu smo določali vpliv vrste pektina, temperature in vrednosti pH na sproščanje aromatskih komponent jagodne arome. Vpliv temperature smo določali pri 30 °C in 60 °C, vpliv vrednosti pH pa pri vrednostih pH 2,35, pH 3,32 in pH 7. Vse vzorce za instrumentalno analizo, smo obravnavali v treh ponovitvah.

3.2.1 Priprava vzorcev

Priprava vzorcev za analizo vpliva pektina in temperature na sproščanje aromatskih komponent jagodne arome

Za poskus smo pripravili 2 % raztopino pektinov. V čaše smo odtehtali 196 g destilirane vode in ob močnem mešanju dodali 4 g vsakega od pektinov. S tem smo se izognili tvorbi grudic, hkrati pa smo raztopino še primerno homogenizirali. Dobljene mešanice smo nato v vodni kopeli segrevali do 70 °C, da smo sprožili proces želiranja pektinov. Ko smo dosegli želeno temperaturo, smo vzorce vzeli iz vodne kopeli, jih ohladili in ob intenzivnem mešanju, za boljšo porazdelitev, dodali 12 µg (0,006 %) jagodne arome. Vsakega od vzorcev smo nato prelili v vialo (10 g v vsako) v treh ponovitvah. Tako pripravljene vzorce smo pred analizo hranili 2 dni pri temperaturi + 1 °C. Kot slepi vzorec smo uporabili 0,006 % raztopino arome v destilirani vodi v treh ponovitvah.

Priprava vzorcev za analizo vpliva pektina, temperature in vrednosti pH na sproščanje aromatskih komponent jagodne arome

Kot topilo za pektine smo v tem poskusu uporabili destilirano vodo za nevtralni pH gela, 0,0125 % raztopino jabolčne kisline za pH vrednost gela = 3,3 in 0,5 % raztopino jabolčne kisline za pH vrednost gela = 2,35. Za pripravo raztopin jabolčne kisline smo v 2000 ml destilirane vode raztopili 0,250 g jabolčne kisline za pH vrednost 3,3 in 10 g jabolčne kisline za pH vrednost 2,35. Potek nadaljnjih postopkov priprave vzorcev je isti kot pri vplivu vrste pektina in temperature. Kot slepi vzorec smo uporabili 0,006 % raztopino arome v destilirani vodi za nevtralno vrednost pH, za kisle vrednosti pH pa smo uporabili raztopino kisline ustrezne koncentracije z enako koncentracijo arome.

3.2.2 Izolacija in določanje hlapnih komponent arome

Za izolacijo hlapnih komponent arome smo uporabili:

- Sampler: Multi Purpose Sampler MPS (Gerstel),
- Mikroekstrakcijska igla z nanosom vlakna 85 μm CarboxenTM / PDMS (Supelco).

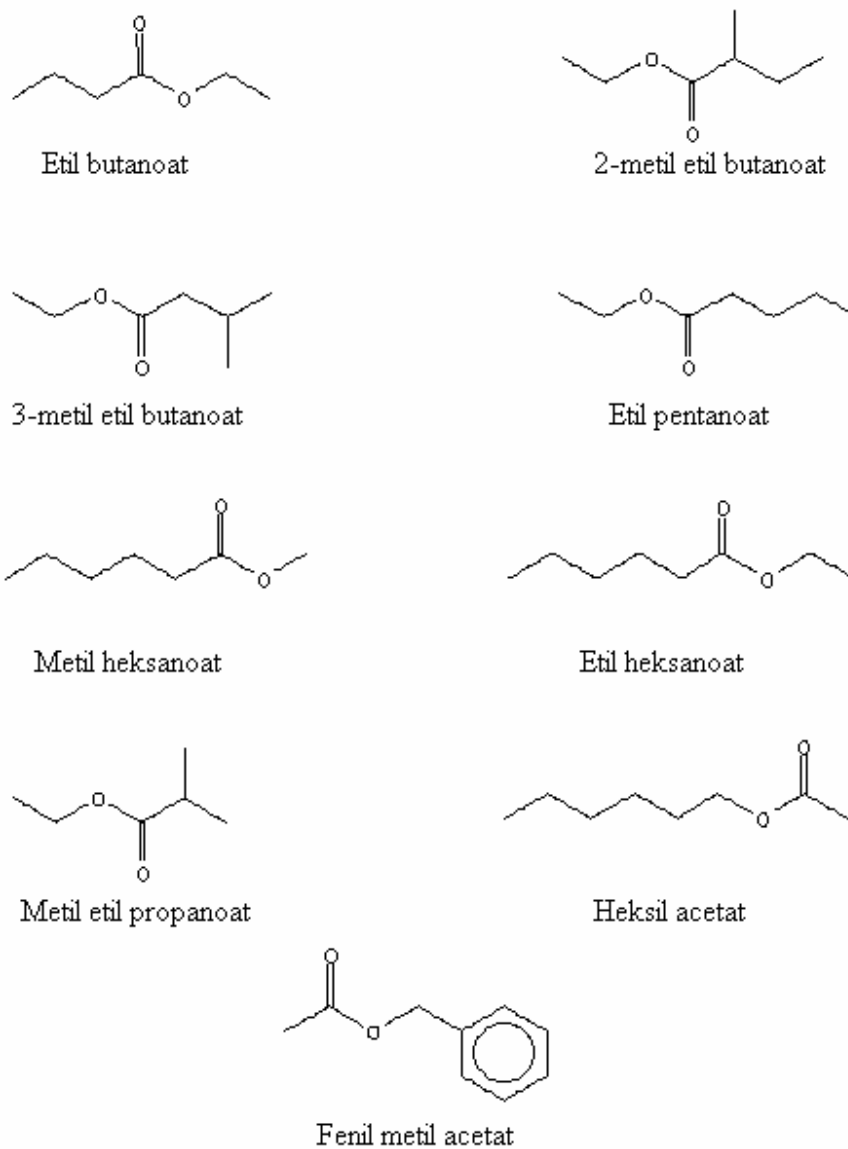
Vzorci smo termostatirali 20 minut pri temperaturi 30 oz. 60 °C, ekstrakcija z vlaknom pa je potekala 30 minut pri temperaturi 30 oz. 60 °C. Temu je sledilo injiciranje v plinski kromatograf.

Za določanje hlapnih komponent smo uporabili plinsko kromatografijo, kot način vzorčenja, analizo nadprostora, za detekcijo posameznih komponent pa MS detektor. S slednjim smo kot rezultat dobili masni spekter, iz katerega smo z računalniško primerjavo z znanimi masnimi spektri določili neznano hlapno spojino. Dobljene masne spektre smo primerjali s knjižnico spektrov NIST/EANIH Mass Spectral Library (2005).

Preglednica 4: Identificirane hlapne komponente jagodne arome

Spojina	Molska masa (g/mol)	RT	Identifikacijski ion
Etil butanoat	116	17,42	71
2-metil etil butanoat	130	18,06	57
3-metil etil butanoat	130	18,68	88
Etil pentanoat	130	21,55	88
Metil heksanoat	130	23,75	74
Etil heksanoat	144	25,52	101
Metil etil propanoat	116	25,52	115
Heksil acetat	144	27,04	43
Fenil metil acetat	150	42,99	108

RT – retencijski čas



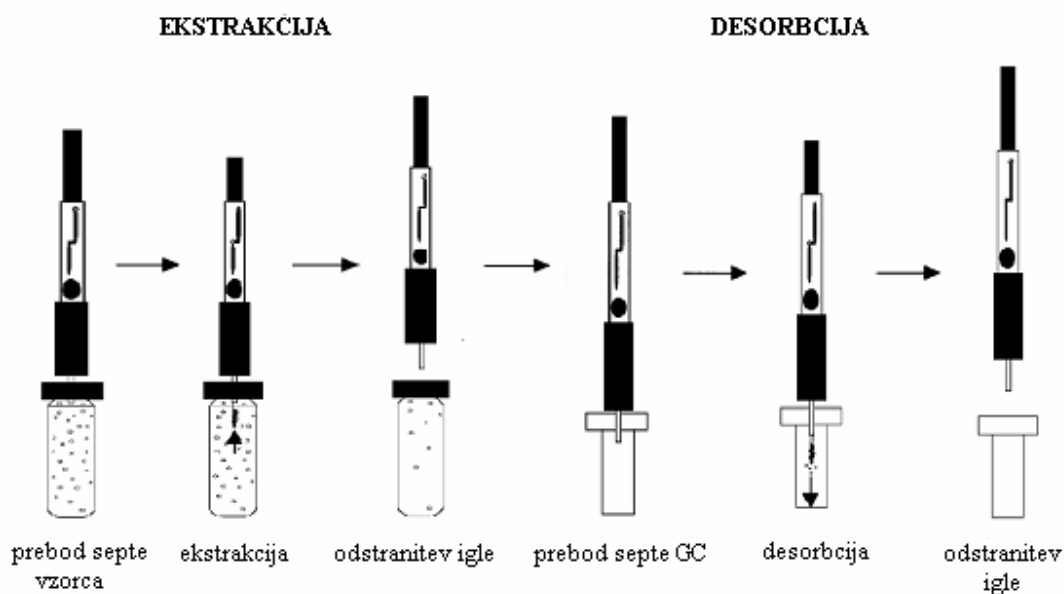
Slika 5: Strukturne formule identificiranih hlapnih komponent jagodne arome (NIST Chemistry..., 2005)

Eksperimentalni pogoji

Uporabljen kromatografski sistem je sestavljen iz plinskega kromatografa Hewlett Packard 6890 (Agilent Technologies) in masnega detektorja Hewlett Packard 5971A (Palo Alto).

Kromatografski pogoji:

- Čas termične desorpcije vlakna je bil 15 minut.
- Uporabljena kolona je bila kapilarna kolona ZB-WAX dimenzij 60 m x 0,32 mm x 0,5 μ m (Phenomenex).
- Temperatura injektorja 0,75 mm I.D. Liner (Supelco) je bila 270 °C,
- začetna temperatura 40 °C, temperaturni gradient v pečici 4 °C/min in končna temperatura v peči 230 °C (5min).
- Kot nosilni plin smo uporabljali Helij (6,0) s pretokom 1 ml/min pri temperaturi 40 °C.
- Masna detekcija je potekala z ionizacijo molekul z elektroni z energijo 70 eV, pri temperaturi ionskega izvora 280 °C in masnim spektrom Full-Scan mode (30-300m/z).



Slika 6: Postopek ekstrakcije in desorpcije pri metodi SPME (Mindrup in Shirley, 2001)

3.2.3 Senzorično ocenjevanje aromatiziranih gelov

Senzorično ocenjevanje aromatiziranih gelov je potekalo v dveh delih. V prvem delu smo senzorično ocenjevali vseh sedem vzorcev pektinov pri nevtralnem pH, pri čemer smo vzorec pektina Cesapectin LM 35 ocenjevali še v kislem območju pri obeh vrednostih pH. V drugem delu smo ocenjevali samo tri najbolj ocenjene gele iz prvega dela pri obeh kislih vrednostih pH, pri čemer smo izključili pektin Cesapectin LM 35. Ti geli so bili pripravljene iz pektinov Cesapectin RAPID SET, Herbstreith AMID CF20 in Herbstreith CLASIC AF 703.

Priprava vzorcev

Za prvi del senzorične analize, smo pripravili 2 % raztopine pektinov, in sicer tako, da smo v čaše odtehtali 392 g destilirane vode in ob močnem mešanju dodali 8 g posameznega pektina. Raztopini jabolčne kisline smo pripravili tako, da smo v 1000 ml destilirane vode raztopili 0,125 oz 5 g jabolčne kisline. V čaše smo nato odtehtali 392 g ustrezne raztopine in ob močnem mešanju dodali 8 g pektina Cesapectin LM35. Tako pripravljene vzorce smo nato segreli na 70 °C, ohladili in dodali 12 µg jagodne arome. Aromatizirane vzorce smo razlili v 10 manjših čaš, jih pokrili in jih pred analizo postavili v hladilnico na +1 °C za 3 dni.

Za drugi del senzorične analize smo pripravili raztopine zgoraj omenjenih pektinov, ki so bili najbolj ocenjeni v prvem delu, pri vseh treh vrednostih pH. Raztopini jabolčne kisline smo pripravili po postopku opisanem v točki 3.2.1, nadaljnji potek priprave vzorcev pa smo opravili po postopku, opisanem v zgornjem odstavku. Za primerjavo smo v tem delu pripravili tudi raztopine pektinov, ki niso bile aromatizirane, vendar samo pri nevtralni vrednosti pH.

Senzorična analiza

Pri senzorični analizi je sodeloval panel sestavljen iz desetih ocenjevalcev. Ocenjevali so intenzivnost in značilnost jagodne arome v aromatiziranih gelih, tako da so vsakemu od gelov podelili točke od 1 do 8.

Oceno 1 smo podelili za najmanj izrazit vonj po jagodah, medtem ko smo oceno 8 podelili za najbolj izrazit vonj po jagodah.

Kot standardni vzorec za primerjavo vonjev smo uporabili 0,006 % raztopino arome v destilirani vodi.

3.2.4 Statistična analiza rezultatov

Za obdelavo podatkov smo uporabili tri statistične modele. V statistični model 1 smo vključili vpliv skupine pektinov, v statistični model 2 vpliv vrednosti pH, v statistični model 3 pa smo vključili vpliv temperature.

Srednje vrednosti za eksperimentalne skupine so bile izračunane z uporabo Duncanovega testa in so primerjane pri 5 % tveganju ($P < 0,05$)

Stopnja značilnosti vpliva je označena z znakom *. V primeru statistično zelo visoke značilnosti vpliva ($P < 0,001$) je dodeljena oznaka ***, če se vrednost giblje v intervalu $0,001 < P < 0,01$ je dodeljena oznaka **, pri čemer je vpliv statistično visoko značilen, v primeru, da pa je vpliv statistično značilen in se vrednost P giblje v intervalu $0,01 < P < 0,05$ pa oznaka *. V primeru, da je vrednost $P > 0,05$ je le to označeno z -, kar pomeni, da vpliv določene spremenljivke ni statistično značilen.

Statistični model 1:

$$y_{ij} = \mu + S_i + e_{ij}$$

Statistični model 2:

$$y_{ij} = \mu + pH_i + e_{ij}$$

Statistični model 3:

$$y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

y_{ij} = opazovana vrednost

μ = povprečna vrednost

S_i = vpliv vrste pektina; i = (Cesapectin SLOW SET, Cesapectin RAPID SET, Cesapectin LM 35, Herbstreith amid AF 20, Herbstreith amid CF 20, Herbstreith clasic AF 703, Herbstreith clasic CF 703)

T_i = vpliv temperature; v analizi smo preverjali vpliv temperature pri 30 in 60°C

pH_i = vpliv vrednosti pH; vpliv vrednosti pH smo preverjali pri vrednostih 2,23, 3,32 in 7.

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

4 REZULTATI

4.1 PREGLED REZULTATOV VSEH ANALIZIRANIH VZORCEV

V preglednici 5 so prikazani podatki analize različnih hlapnih spojin jagodne arome na različnih vrstah pektina. Analizo smo izvajali pri dveh različnih temperaturah in sicer 30 °C in 60 °C in pri treh različnih vrednostih pH, in sicer pri 2,35 3,32 in 7,0. V analizo je bilo vključenih 9 izoliranih hlapnih aromatskih spojin jagodne arome.

Preglednica 5: Rezultati analize različnih hlapnih spojin na 9 vrstah pektina, pri 30 °C in 60 °C in pri vrednostih pH 2,35, pH 3,32 in pH 7, z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri

Spojina	n	S	S _{min}	S _{max}	SO	KV (%)
Etil butanoat	114	36968970	7486093	190296091	34907792	94
2-metil etil butanoat	114	44166190	8158985	198620259	38485670	87
3-metil etil butanoat	114	3942445	660329	18458409	3552946	90
Etil pentanoat	114	11932092	2011965	72649958	12985597	109
Metil heksanoat	114	339640	34344	1434214	333616	98
Etil heksanoat	114	6918967	984428	43342182	7535264	109
Metil etil propanoat	114	2270324	296250	14608543	2521216	111
Heksil acetat	114	4936258	857687	29633289	5167530	105
Fenil metil acetat	114	1005732	159278	3392264	972597	97

n – število obravnavanj; S – povprečna vrednost površine pod kromatografskim vrhom; Min – minimalna vrednost površine pod kromatografskim vrhom; Max – maksimalna vrednost površine pod kromatografskim vrhom; SO – standardni odklon; KV(%) – koeficient variabilnosti

Na osnovi analize podatkov ugotavljamo, da se iz pektinskih gelov v povprečju najbolj sprošča 2-metil etil butanoat, najmanj pa metil heksanoat. Iz podatkov je tudi razvidno, da količina sproščenih spojin močno niha, kar je razvidno iz visokih koeficientov variabilnosti, ki se gibljejo med 87,1 in 111,1 %. Iz visokih variabilnosti rezultatov vseh vzorcev lahko sklepamo, da vrsta pektina, temperatura in/ali vrednost pH pomembno vplivajo na sproščanje komponent jagodne arome.

4.2 VPLIV VRSTE PEKTINA IN TEMPERATURE NA SPROŠČANJE HLAJNIH KOMPONENT AROME PRI ISTI VREDNOSTI pH 2,35 in 7

V preglednicah 6 do 14 so predstavljene srednje vrednosti za eksperimentalne skupine in vpliv vrste pektina in temperature na sproščanje hlapnih komponent jagodne arome pri vrednostih pH 7 in 2,35. Stopnja značilnosti vpliva (P) je predstavljena, kot je opisano v točki 3.2.4.

Kot je iz teh preglednic razvidno, lahko ugotovimo statistično zelo visoko značilen vpliv vrste pektina na sproščanje vseh v analizo vključenih komponent jagodne arome pri obeh temperaturah in pri obeh vrednostih pH. Iz omenjenih preglednic lahko pri pH 7 opazimo tudi

pričakovano statistično zelo visoko značilen vpliv temperature pri vseh vrstah pektina in vseh v analizo vključenih komponent jagodne arome.

Iz preglednic 6 od 14 je razvidno, da je pri vrednosti pH 7 ter pri temperaturah 30 °C in 60 °C najboljši zadrževalec vseh komponent arome pektin SLOW SET, saj podatki kažejo na najmanjše sproščanje arome iz gelov tega pektina. Kot najslabši zadrževalec vseh komponent arome se je pri vrednosti pH 7 in 30 °C pokazal pektin CF 20, razen v primeru metil heksanoata, kjer omenjeno komponento arome najslabše zadržuje pektin AF 703, kar je tudi razvidno iz preglednice 10. Pri vrednosti pH 7 in pri temperaturi 60 °C spojini metil heksanoat in fenil metil acetat najslabše zadržuje pektin AF 703, kar je razvidno iz preglednic 10 in 14. Pri ostalih komponentah arome pa lahko opazimo, da jih najslabše zadržuje pektin CF 703.

Preglednica 6: Vpliv vrste pektina in temperature (30 °C in 60 °C) na sproščanje etil butanoata iz jagodne arome pri vrednostih pH 7 in 2,35

Pektin	pH 7			pH 2,35		
	30 °C	60 °C	P	30 °C	60 °C	P
Slow set	7671679 ^{ly}	36512666 ^{dx}	***	12860125 ^{dy}	30552232 ^{fx}	***
Rapid set	12712450 ^{cdy}	42749488 ^{cx}	***	13295517 ^{dy}	34642980 ^{ex}	***
LM 35	12254305 ^{dey}	56113119 ^{ax}	***	19626148 ^{cy}	48535856 ^{dx}	***
AF 20	19034302 ^{by}	44593354 ^{cx}	***	40910419 ^{by}	58983196 ^{bx}	**
CF 20	21885106 ^{ay}	53006512 ^{bx}	***	51925695 ^{ay}	63557449 ^{ax}	**
AF 703	13151266 ^{cy}	57488546 ^{ax}	***	12749897 ^{dy}	49288055 ^{cx}	***
CF 703	11585712 ^{ey}	57672930 ^{ax}	***	11441793 ^{dy}	53454711 ^{dx}	***
P	***	***		***	***	

Vrednosti v istem stolpcu, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{a,b,c,d,e,f}, se statistično značilno razlikujejo (P < 0,05); Vrednosti v isti vrstici, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{x,y,z}, se statistično značilno razlikujejo (P < 0,05).

Pri vrednosti pH 2,35 (preglednica 6) opazimo statistično visoko značilen vpliv temperature na sproščanje etil butanoata, saj je razlika v sproščanju etil butanoata pri 60 °C 1,2 do 5 krat večja kot pri 30 °C. Pri pektinih AF 20 in CF 20 je ta vpliv statistično visoko značilen, pri ostalih vrstah pektinov pa je opaziti statistično zelo visoko značilen vpliv na sproščanje te komponente. Najboljši zadrževalec etil butanoata je pri 30 °C CF 703, pri 60 °C pa SLOW SET. Najslabši zadrževalec te komponente je pri 30 °C in pri 60 °C CF 20.

Preglednica 7: Vpliv vrste pektina in temperature (30 °C in 60 °C) na sproščanje 2-metil etil butanoata iz jagodne arome pri vrednostih pH 7 in 2,35

Pektin	pH 7		P	pH 2,35		P
	30 °C	60 °C		30 °C	60 °C	
Slow set	8383973 ^{ey}	40021442 ^{ex}	***	13962779 ^{dy}	34797101 ^{fx}	***
Rapid set	14975620 ^{cy}	47048232 ^{dx}	***	14762326 ^{dy}	39196551 ^{ex}	***
LM 35	13402736 ^{dy}	62542402 ^{bx}	***	20548960 ^{cy}	65617402 ^{cx}	***
AF 20	26361079 ^{by}	49490886 ^{dx}	***	70863004 ^{bx}	74111605 ^{bx}	-
CF 20	28251818 ^{ay}	58471031 ^{cx}	***	90300154 ^{ax}	78348231 ^{ay}	**
AF 703	15238469 ^{cy}	65543364 ^{ax}	***	14008127 ^{dy}	58644836 ^{dx}	***
CF 703	13211880 ^{dy}	67849118 ^{ax}	***	12362462 ^{dy}	60244491 ^{dx}	***
P	***	***		***	***	

Vrednosti v istem stolpcu, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{a,b,c,d,e,f}, se statistično značilno razlikujejo (P < 0,05); Vrednosti v isti vrstici, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{x,y,z}, se statistično značilno razlikujejo (P < 0,05).

Iz preglednic 7 in 8 je razviden statistično zelo visoko značilen vpliv temperature na sproščanje 2 metil etil butanoata in 3 metil etil butanoata pri vseh vrstah pektina razen pri AF 20, kjer statistično značilnega vpliva temperature na sproščanje teh dveh komponent ni. Zanimivo je tudi, da se iz pektina CF 20 pri temperaturi 60 °C dejansko sprosti manj omenjenih komponent arome kot pri 30 °C, kar je v nasprotju s pričakovanji. Pri vrednosti pH 2,35 in 30 °C obe komponenti najbolje zadržuje CF 703, pri 60 °C pa SLOW SET. Pri isti vrednosti pH in pri obeh temperaturah pa obe omenjeni komponenti najslabše zadržuje CF 20, razlika v sproščanju obeh komponent pri 60 °C pa je 2,5 do 5 kratna, z izjemo že zgoraj omenjenih pektin, kjer se pri 60 °C dejansko sprosti manj omenjenih komponent.

Preglednica 8: Vpliv vrste pektina in temperature (30 °C in 60 °C) na sproščanje 3-metil etil butanoata iz jagodne arome pri vrednostih pH 7 in 2,35

Pektin	pH 7		P	pH 2,35		P
	30 °C	60 °C		30 °C	60 °C	
Slow set	674629 ^{ey}	3487539 ^{ex}	***	1255418 ^{dey}	3008374 ^{fx}	***
Rapid set	1225154 ^{cy}	4162037 ^{dx}	***	1330683 ^{dy}	3444564 ^{ex}	***
LM 35	1112022 ^{dy}	5478726 ^{bx}	***	1845238 ^{cy}	5743759 ^{cx}	***
AF 20	2115487 ^{by}	4435708 ^{cx}	***	6312469 ^{bx}	6597036 ^{bx}	-
CF 20	2304070 ^{ay}	5301852 ^{bx}	***	7930829 ^{ax}	7058689 ^{ay}	**
AF 703	1232625 ^{cy}	5994127 ^{ax}	***	1266962 ^{dey}	5207481 ^{dx}	***
CF 703	1078955 ^{dy}	6157495 ^{ax}	***	1092029 ^{ey}	5716344 ^{cx}	***
P	***	***		***	***	

Vrednosti v istem stolpcu, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{a,b,c,d,e,f}, se statistično značilno razlikujejo (P < 0,05); Vrednosti v isti vrstici, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{x,y,z}, se statistično značilno razlikujejo (P < 0,05).

Preglednica 9: Vpliv vrste pektina in temperature (30 °C in 60 °C) na sproščanje etil pentanoata iz jagodne arome pri vrednostih pH 7 in 2,35

Pektin	pH 7		P	pH 2,35		P
	30 °C	60 °C		30 °C	60 °C	
Slow set	2090554 ^{ey}	10518317 ^{dx}	***	3476243 ^{dy}	8876203 ^{fx}	***
Rapid set	3696687 ^{cy}	12815210 ^{cx}	***	3706934 ^{dy}	10205519 ^{ex}	***
LM 35	3288164 ^{dy}	16631245 ^{bx}	***	5295773 ^{cy}	17809604 ^{cx}	***
AF 20	5780240 ^{by}	12516210 ^{cx}	***	14393313 ^{by}	18862799 ^{bx}	*
CF 20	6827718 ^{ay}	16454280 ^{bx}	***	18022594 ^{ay}	20947981 ^{ax}	**
AF 703	3900295 ^{cy}	18963011 ^{ax}	***	3495401 ^{dy}	15813944 ^{dx}	***
CF 703	3292000 ^{dy}	19521291 ^{ax}	***	2886271 ^{ey}	17443118 ^{cx}	***
P	***	***		***	***	

Vrednosti v istem stolpcu, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{a,b,c,d,e,f}, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$); Vrednosti v isti vrstici, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{x,y,z}, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$).

Iz preglednice 9 je razvidno da vpliva temperatura na sproščanje etil pentanoata pri vrednosti pH 2,35, statistično značilno pri pektinu AF 20 in statistično visoko značilno pri pektinu CF 20. Pri ostalih vrstah pektina je opaziti statistično zelo visoko značilen vpliv temperature. Pri 30 °C etil pentanoat najbolje zadržuje CF 703, najslabše pa CF 20. Pri 60 °C omenjeno komponento najbolje zadržuje SLOW SET, najslabše pa CF 20. Etil pentanoat se pri 60 °C sprošča 1,3 do 6 krat bolje kot pri 30 °C

Preglednica 10: Vpliv vrste pektina in temperature (30 °C in 60 °C) na sproščanje metil heksanoata iz jagodne arome pri vrednostih pH 7 in 2,35

Pektin	pH 7		P	pH 2,35		P
	30 °C	60 °C		30 °C	60 °C	
Slow set	38827 ^{fy}	191583 ^{fx}	***	58565 ^{fy}	170960 ^{fx}	***
Rapid set	61547 ^{ey}	217955 ^{fx}	***	58120 ^{fy}	186664 ^{fx}	***
LM 35	57848 ^{ey}	298642 ^{ex}	***	90033 ^{ey}	307705 ^{ex}	***
AF 20	156057 ^{cy}	470114 ^{dx}	***	293632 ^{cy}	506588 ^{dx}	**
CF 20	263720 ^{by}	813069 ^{bx}	***	436796 ^{ay}	771679 ^{bx}	***
AF 703	320557 ^{ay}	1396451 ^{ax}	***	345654 ^{by}	1257173 ^{ax}	***
CF 703	114711 ^{dy}	537814 ^{cx}	***	124962 ^{dy}	554684 ^{cx}	***
P	***	***		***	***	

Vrednosti v istem stolpcu, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{a,b,c,d,e,f}, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$); Vrednosti v isti vrstici, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{x,y,z}, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$).

Pri vrednosti pH 2,35 (preglednica 10) opazimo statistično visoko značilen vpliv temperature na sproščanje metil heksanoata pri pektinu AF 20, pri ostalih vrstah pektina pa lahko opazimo statistično zelo visoko značilen vpliv temperature na omenjeno komponento. Pri 60 °C se omenjena komponenta sprošča 2 do 5 krat bolje kot pri 30 °C. Pri 30 °C metil heksanoat najbolje zadržuje pektin RAPID SET, najslabše pa CF 20. Pri 60 °C omenjeno komponento najbolje zadržuje pektin SLOW SET, najslabše pa AF 703.

Preglednica 11: Vpliv vrste pektina in temperature (30 °C in 60 °C) na sproščanje etil heksanoata pri iz jagodne arome vrednostih pH 7 in 2,35

Pektin	pH 7			pH 2,35		
	30 °C	60 °C	P	30 °C	60 °C	P
Slow set	1014634 ^{fy}	5948142 ^{dx}	***	1829529 ^{dey}	5119870 ^{ex}	***
Rapid set	2605123 ^{cy}	7575394 ^{cx}	***	2049675 ^{dy}	5914813 ^{dx}	***
LM 35	1957005 ^{ey}	8796957 ^{bx}	***	2503239 ^{cy}	11549213 ^{ax}	***
AF 20	3304871 ^{by}	6250380 ^{dx}	***	9619819 ^{bx}	10339585 ^{bx}	-
CF 20	4802757 ^{ay}	9155319 ^{bx}	***	11622952 ^{ax}	12163776 ^{ax}	-
AF 703	2304421 ^{dy}	11870774 ^{ax}	***	1789179 ^{dey}	9170193 ^{cx}	***
CF 703	1879699 ^{ey}	12461525 ^{ax}	***	1437802 ^{ey}	10356491 ^{bx}	***
P	***	***		***	***	

Vrednosti v istem stolpcu, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{a,b,c,d,e,f}, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$); Vrednosti v isti vrstici, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{x,y,z}, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$).

V preglednicah 11 in 12 vidimo, da pri vrednosti pH 2,35, pri pektinih AF 20 in CF 20 ni statistično značilnega vpliva temperature za komponenti etil heksanoat in etil metil propanoat, medtem ko je pri ostalih vrstah pektina statistično zelo visoko značilen vpliv temperature na sproščanje obeh komponent. Pri tej isti vrednosti pH obe komponenti, tako pri 30 °C kot pri 60 °C, najbolje zadržuje pektin CF 703, najslabše pa CF 20. Razlika v sproščanju etil metil propanoata je pri 60 °C je od 2 do 8 krat večja, pri sproščanju etil heksanoata pa 2 do 7 krat večja.

Preglednica 12: Vpliv vrste pektina in temperature (30 °C in 60 °C) na sproščanje etil metil propanoata iz jagodne arome pri vrednostih pH 7 in 2,35

Pektin	pH 7		P	pH 2,35		P
	30 °C	60 °C		30 °C	60 °C	
Slow set	310377 ^{fy}	1887211 ^{ex}	***	575072 ^{dey}	1651019 ^{fx}	***
Rapid set	807386 ^{cy}	2502618 ^{dx}	***	645582 ^{dy}	1945527 ^{ex}	***
LM 35	620999 ^{ey}	2880386 ^{cx}	***	795086 ^{cy}	3807129 ^{bx}	***
AF 20	1045045 ^{by}	2067154 ^{ex}	***	3168651 ^{bx}	3490911 ^{cx}	-
CF 20	1543013 ^{ay}	3008758 ^{cx}	***	3847511 ^{ax}	4127654 ^{ax}	-
AF 703	720003 ^{dy}	3848292 ^{bx}	***	578020 ^{dey}	3051969 ^{dx}	***
CF 703	583243 ^{ey}	4110116 ^{ax}	***	452169 ^{ey}	3463034 ^{cx}	***
P	***	***		***	***	

Vrednosti v istem stolpcu, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{a,b,c,d,e,f}, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$); Vrednosti v isti vrstici, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{x,y,z}, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$).

Preglednica 13: Vpliv vrste pektina in temperature (30 °C in 60 °C) na sproščanje heksil acetata iz jagodne arome pri vrednostih pH 7 in 2,35

Pektin	pH 7		P	pH 2,35		P
	30 °C	60 °C		30 °C	60 °C	
Slow set	889908 ^{ey}	4386109 ^{ex}	***	1390460 ^{dey}	3978597 ^{ex}	***
Rapid set	2118548 ^{cy}	5935968 ^{dx}	***	1560565 ^{cdy}	4389822 ^{dx}	***
LM 35	1607624 ^{dy}	6484460 ^{cx}	***	1777568 ^{cy}	8140853 ^{ax}	***
AF 20	2406854 ^{by}	4446715 ^{ex}	***	5854141 ^{by}	7403755 ^{bx}	*
CF 20	3903496 ^{ay}	6786866 ^{cx}	***	7362068 ^{ay}	8432571 ^{ax}	**
AF 703	2078290 ^{cy}	8861470 ^{bx}	***	1329681 ^{dey}	6493896 ^{cx}	***
CF 703	1610443 ^{dy}	9388615 ^{ax}	***	1066045 ^{ey}	7170290 ^{bx}	***
P	***	***		***	***	

Vrednosti v istem stolpcu, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{a,b,c,d,e,f}, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$); Vrednosti v isti vrstici, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{x,y,z}, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$).

Pri vrednosti pH 2,35 (preglednica 13) pri večini pektinov opazimo statistično visoko značilen vpliv temperature na sproščanje heksil acetata. Izjema sta pektina CF 20, kjer je ta vpliv statistično močno značilen in AF 20, kjer opazimo statistično značilen vpliv temperature na sproščanje heksil acetata. Najbolje to komponento pri 30 °C zadržuje CF 703, najslabše pa CF 20. Pri 60 °C heksil acetat najbolje zadržuje SLOW SET, najslabše pa prav tako CF 20. Pri 60 °C se heksil acetat sprošča tudi do 6,7 krat bolj kot pri 30 °C.

Preglednica 14: Vpliv vrste pektina in temperature (30 °C in 60 °C) na sproščanje fenil metil acetata iz jagodne arome pri vrednostih pH 7 in 2,35

Pektin	pH 7		P	pH 2,35		P
	30 °C	60 °C		30 °C	60 °C	
Slow set	168747 ^{ey}	1715131 ^{dx}	***	269804 ^{cdy}	1725925 ^{dx}	***
Rapid set	206211 ^{cy}	2074489 ^{cx}	***	266107 ^{cdy}	1944421 ^{cdx}	***
LM 35	218075 ^{bcy}	2324405 ^{abx}	***	434488 ^{ay}	2257765 ^{abx}	***
AF 20	232889 ^{by}	2002261 ^{cx}	***	298499 ^{cy}	2048258 ^{bcx}	**
CF 20	296518 ^{ay}	2136327 ^{bcx}	***	368825 ^{by}	2346267 ^{ax}	***
AF 703	213417 ^{bcy}	2348981 ^{ax}	***	257894 ^{cdy}	2074968 ^{bcx}	***
CF 703	202177 ^{cy}	2134226 ^{bcx}	***	242118 ^{dy}	2147451 ^{abcx}	***
P	***	***		***	**	

Vrednosti v istem stolpcu, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{a,b,c,d,e,f}, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$); Vrednosti v isti vrstici, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{x,y,z}, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$).

Pri vrednosti pH 2,35 (preglednica 14) opazimo statistično zelo visoko značilen vpliv temperature na sproščanje fenil metil acetata pri vseh pektinih. Pri pektinu AF 20 je ta vpliv manj, vendar še zmeraj statistično visoko značilen. Pri tej vrednosti pH pri 30 °C najbolje zadržuje omenjeno komponento pektin CF 703, najslabše pa LM 35. Pri 60 °C fenil metil acetat najbolje zadržuje pektin SLOW SET, najslabše pa CF 20. Prav pri tej spojini je možno opaziti namočnejši vpliv temperature med vsemi komponentami, saj se pri 60 °C sprošča kar 6 do 11 krat bolj kot pri 30 °C.

Na splošno lahko opazimo, da ima temperatura pri vseh komponentah največji vpliv na sproščanje pri pektinu CF 703, medtem, ko je pri vseh pektinih opaziti največji vpliv temperature pri komponenti fenil metil acetat.

4.3 VPLIV PEKTINA IN VREDNOSTI pH NA SPROŠČANJE KOMPONENT JAGODNE AROME PRI TEMPERATURAH 30 °C in 60 °C

V preglednicah od 15 do 24 so predstavljene srednje vrednosti za eksperimentalne skupine ter vpliv pektina in vrednosti pH 2,35, 3,32 in 7 pri temperaturah 30 °C in 60 °C na sproščanje aromatskih komponent jagodne arome. Stopnja značilnosti vpliva (P) je predstavljena, kot je opisano v točki 3.2.4.

Kot je razvidno, je podobno kot pri točki 4.2 opaziti statistično zelo visoko značilen vpliv skupine pektinov pri vseh komponentah jagodne arome, ki so predstavljene v preglednicah od 15 do 24.

Preglednica 15: Vpliv vrste pektina in vrednosti pH na sproščanje etil butanoata iz jagodne arome pri temperaturah 30 °C in 60 °C

Pektin	T = 30 °C			P	T = 60 °C		P
	pH 7	pH 3,32	pH 2,35		pH 7	pH 2,35	
Slow set	7671679 ^{tz}	11527203 ^{dy}	12860125 ^{dx}	***	36512666 ^{dx}	30552232 ^{fy}	**
Rapid set	12712450 ^{cdy}	13414516 ^{cx}	13295517 ^{dx}	*	42749488 ^{cx}	34642980 ^{ey}	***
LM 35	12254305 ^{dez}	16749203 ^{ay}	19626148 ^{cx}	***	56113119 ^{ax}	48535856 ^{dy}	**
AF 20	19034302 ^{by}	13475318 ^{cz}	40910419 ^{bx}	***	44593354 ^{cy}	58983196 ^{bx}	*
CF 20	21885106 ^{ay}	15381186 ^{bz}	51925695 ^{ax}	***	53006512 ^{by}	63557449 ^{ax}	***
AF 703	13151266 ^{cy}	17035721 ^{ax}	12749897 ^{dy}	***	57488546 ^{ax}	49288055 ^{dy}	*
CF 703	11585712 ^{ex}	10993103 ^{dx}	11441793 ^{dx}	-	57672930 ^{ax}	53454711 ^{cx}	-
P	***	***	***		***	***	

Vrednosti v istem stolpcu, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{a,b,c,d,e,f}, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$); Vrednosti v isti vrstici, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{x,y,z}, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$).

Pri pektinu CF 703 in temperaturi 30 °C ni bilo statistično značilnega vpliva vrednosti pH na sproščanje etil butanoata (preglednica 15). Pri pektinu RAPID SET je bil ta vpliv manj izražen, a statistično značilen, medtem ko smo pri ostalih vrstah pektinov pri 30 °C zabeležili zelo visoko značilen vpliv vrednosti pH na sproščanje omenjene komponente. Pektini, ki najbolj zadržujejo etil butanoat, so pri vrednosti pH 7, SLOW SET, pri vrednostih pH 3,32 in 2,35 pa CF 703. Pri 30 °C omenjeno komponento pri vrednosti pH 7 in 2,35 najslabše zadržuje CF 20, pri vrednosti pH 3,32 pa AF 703. Pri temperaturi 60 °C pri pektinu CF 703, prav tako kot pri 30 °C, ni statistično značilnega vpliva vrednosti pH, medtem ko je pri pektinih CF 703 in AF 20 vpliv statistično značilen, pri pektinih LM 35 in SLOW SET statistično visoko značilen, pri pektinih RAPID SET in CF 703 pa statistično zelo visoko značilen. Pri 60 °C etil butanoat najbolj zadržuje SLOW SET, in sicer pri obeh vrednostih pH, najslabše pa AF 703 pri pH 7 in CF 20 pri pH 2,35.

V preglednici 16 opazimo, da pri pektinu RAPID SET, pri 30 °C, ni statistično značilnega vpliva vrednosti pH na sproščanje 2 metil etil butanoata. Pri pektinu CF 703 je ta vpliv statistično značilen, medtem ko je pri ostalih pektinih vpliv vrednosti pH statistično visoko značilen. Pri temperaturi 30 °C, pri vseh treh vrednostih pH, 2 metil etil butanoat najbolj zadržuje pektin CF 703. Pri vrednostih pH 7 in 2,35 najslabše omenjeno komponento arome zadržuje CF 20, pri vrednosti pH 3,32 pa AF 703. Pri temperaturi 60 °C opazimo zelo visoko značilen vpliv vrednosti pH pri pektinih CF 20 in RAPID SET, visoko značilen vpliv pri pektinu AF 20 in značilen vpliv pri pektinih SLOW SET in AF 703. Pri pektinih LM 35 in CF 703 ni opaziti značilnega vpliva vrednosti pH. Pektin, ki pri 60 °C najbolj zadržuje 2 metil etil butanoat je tako pri pH 7 kot pri pH 2,35 pektin SLOW SET. Pri 60 °C pri vrednosti pH 7 omenjeno komponento najslabše zadržuje pektin CF 703 pri vrednosti 2,35 pa CF 20

Preglednica 16: Vpliv vrste pektina in vrednosti pH na sproščanje 2-metil etil butanoata iz jagodne arome pri temperaturah 30 °C in 60 °C

Pektin	T = 30 °C			P	T = 60 °C		P
	pH 7	pH 3,32	pH 2,35		pH 7	pH 2,35	
Slow set	8383973 ^{cz}	12854363 ^{ey}	13962779 ^{dx}	***	40021442 ^{ex}	34797101 ^{fy}	*
Rapid set	14975620 ^{cx}	15060599 ^{dx}	14762326 ^{dx}	-	47048232 ^{dx}	39196551 ^{ey}	***
LM 35	13402736 ^{dz}	18966801 ^{by}	20548960 ^{cx}	***	62542402 ^{bx}	65617402 ^{cx}	-
AF 20	26361079 ^{by}	14868935 ^{dz}	70863004 ^{bx}	***	49490886 ^{dy}	74111605 ^{bx}	**
CF 20	28251818 ^{ay}	17596609 ^{cz}	90300154 ^{ax}	***	58471031 ^{cy}	78348231 ^{ax}	***
AF 703	15238469 ^{cy}	20042662 ^{ax}	14008128 ^{dy}	***	65543364 ^{ax}	58644836 ^{dy}	*
CF 703	13211880 ^{dx}	11614931 ^{fy}	12362462 ^{dx}	*	67849118 ^{ax}	60244491 ^{dx}	-
P	***	***	***		***	***	

Vrednosti v istem stolpcu, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{a,b,c,d,e,f}, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$); Vrednosti v isti vrstici, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{x,y,z}, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$).

Preglednica 17: Vpliv vrste pektina in vrednosti pH na sproščanje 3 metil etil butanoata iz jagodne arome pri temperaturah 30 °C in 60 °C

Pektin	T = 30 °C			P	T = 60 °C		P
	pH 7	pH 3,32	pH 2,35		pH 7	pH 2,35	
Slow set	674629 ^{cz}	1156761 ^{ey}	1255418 ^{dex}	***	3487539 ^{ex}	3008374 ^{fy}	*
Rapid set	1225154 ^{cz}	1407862 ^{dx}	1330683 ^{dy}	***	4162037 ^{dx}	3444564 ^{ey}	***
LM 35	1112022 ^{dz}	1702820 ^{by}	1845238 ^{cx}	***	5478726 ^{bx}	5743759 ^{cx}	-
AF 20	2115487 ^{by}	1340582 ^{dz}	6312469 ^{bx}	***	4435708 ^{cy}	6597036 ^{bx}	**
CF 20	2304070 ^{ay}	1604503 ^{cz}	7930829 ^{ax}	***	5301852 ^{by}	7058689 ^{ax}	***
AF 703	1232625 ^{cy}	1847631 ^{ax}	1266962 ^{dey}	***	5994127 ^{ax}	5207481 ^{dy}	**
CF 703	1078955 ^{dx}	1061961 ^{fx}	1092029 ^{dex}	-	6157495 ^{ax}	5716344 ^{cy}	*
P	***	***	***		***	***	

Vrednosti v istem stolpcu, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{a,b,c,d,e,f}, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$); Vrednosti v isti vrstici, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{x,y,z}, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$).

Pri 30 °C je razviden statistično zelo visoko značilen vpliv vrednosti pH na sproščanje 3 metil etil butanoata pri vseh vrstah pektina razen pri CF 703, kjer statistično značilnega vpliva ni (preglednica 17). Pri 30 °C pri vrednosti pH 7 omenjeno komponento najbolje zadržuje pektin SLOW SET, pri vrednostih pH 3,32 in 2,35 pa CF 703. Pri tej temperaturi najslabše zadržuje aromo CF 20 pri vrednostih pH 7 in 2,35 ter AF 703 pri vrednosti pH 3,32. Pri temperaturi 60 °C je razviden statistično zelo visoko značilen vpliv vrednosti pH pri pektinih RAPID SET in CF 20, statistično močno značilen vpliv pri AF 20 in AF 703, statistično značilen vpliv pa pri SLOW SET in CF 703. Pri pektinu LM 35 statistično značilnega vpliva vrednosti pH na sproščanje 3 etil metil butanoata ni. Pri tej temperaturi najbolje zadržuje aromo pektin SLOW SET pri obeh vrednostih pH, najslabše pa CF 703 pri vrednosti pH 7 in CF 20 pri vrednosti pH 2,35.

Preglednica 18: Vpliv vrste pektina in vrednosti pH na sproščanje etil pentanoata iz jagodne arome pri temperaturah 30 °C in 60 °C

Pektin	T = 30 °C			P	T = 60 °C		
	pH 7	pH 3,32	pH 2,35		pH 7	pH 2,35	P
Slow set	2090554 ^{cz}	3206170 ^{ey}	3476243 ^{dx}	***	10518317 ^{dx}	8876203 ^{fy}	**
Rapid set	3696687 ^{cy}	3915718 ^{dx}	3706934 ^{dy}	*	12815210 ^{cx}	10205519 ^{ey}	***
LM 35	3288164 ^{dz}	4599182 ^{by}	5295773 ^{cx}	***	16631245 ^{by}	17809604 ^{cx}	*
AF 20	5780240 ^{by}	3757049 ^{dz}	14393313 ^{bx}	***	12516210 ^{cy}	18862799 ^{bx}	**
CF 20	6827718 ^{ay}	4400035 ^{cz}	18022594 ^{ax}	***	16454280 ^{by}	20947981 ^{ax}	***
AF 703	3900295 ^{dy}	5196131 ^{ax}	3495401 ^{dz}	***	18963011 ^{ax}	15813944 ^{dy}	**
CF 703	3292000 ^{dx}	3107781 ^{exy}	2886271 ^{dy}	*	19521291 ^{ax}	17443118 ^{cy}	**
P	***	***	***		***	***	

Vrednosti v istem stolpcu, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{a,b,c,d,e,f}, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$); Vrednosti v isti vrstici, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{x,y,z}, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$).

Iz preglednice 18 je razvidno da je pri 30 °C statistično značilen vpliv vrednosti pH na sproščanje komponente etil pentanoat pri pektinih RAPID SET in CF 703, pri ostalih pektinih pa je pri tej temperaturi razviden statistično zelo visoko značilen vpliv vrednosti pH. Pri tej temperaturi najbolje zadržujejo to komponento pektini SLOW SET pri pH 7 in CF 703 pri vrednostih pH 3,32 in 2,35. Najslabše pri 30 °C etil pentanoat zadržujejo CF 20 pri vrednostih pH 7 in 2,35 ter AF 703 pri vrednosti pH 3,32. Pri temperaturi 60 °C je opazen statistično značilen vpliv vrednosti pH pri pektinu LM 35, statistično visoko značilen vpliv pri pektinih SLOW SET, AF 20, AF 703 in CF 703, medtem ko je pri pektinih RAPID SET in CF 20 ta vpliv statistično zelo visoko značilen. Pri tej temperaturi etil pentanoat najbolje zadržuje pektin SLOW SET, najslabše pa CF 703 pri vrednosti pH 7 in CF 20 pri vrednosti pH 2,35.

Preglednica 19: Vpliv vrste pektina in vrednosti pH na sproščanje metil heksanoata iz jagodne arome pri temperaturah 30 °C in 60 °C

Pektin	T = 30 °C			P	T = 60 °C		
	pH 7	pH 3,32	pH 2,35		pH 7	pH 2,35	P
Slow set	38827 ^{ly}	53287 ^{lx}	58565 ^{lx}	**	191583 ^{lx}	170960 ^{lx}	-
Rapid set	61547 ^{cx}	59543 ^{lx}	58120 ^{lx}	-	217955 ^{lx}	186664 ^{ly}	*
LM 35	57848 ^{ez}	78270 ^{ey}	90033 ^{ex}	***	298642 ^{ex}	307705 ^{ex}	-
AF 20	156057 ^{cy}	123035 ^{cz}	293632 ^{cx}	***	470114 ^{dx}	506588 ^{dx}	-
CF 20	263720 ^{by}	212491 ^{bz}	436798 ^{ax}	***	813069 ^{bx}	771679 ^{by}	*
AF 703	320557 ^{az}	378891 ^{ax}	345654 ^{by}	**	1396451 ^{ax}	1257173 ^{ay}	**
CF 703	114711 ^{dxy}	109157 ^{dy}	124962 ^{dx}	-	537814 ^{cx}	554684 ^{cx}	-
P	***	***	***		***	***	

Vrednosti v istem stolpcu, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{a,b,c,d,e,f}, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$); Vrednosti v isti vrstici, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{x,y,z}, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$).

Pri temperaturi 30 °C, je iz preglednice 19, razviden statistično zelo visoko značilen vpliv vrednosti pH na sproščanje metil heksanoata pri pektinih LM 35, AF 20 in CF 20. Pri pektinih SLOW SET in AF 703 je ta vpliv statistično visoko značilen, medtem ko pri pektinih RAPID SET in CF 703 ta vpliv statistično ni značilen. Pri tej temperaturi metil heksanoat najbolje zadržujejo SLOW SET pri pH 7 in 2,35 ter RAPID SET pri pH 3,32, medtem ko najslabše pri tej temperaturi omenjeno komponento zadržujeta pektina AF 703 pri pH 7 in 3,32 ter CF 20 pri pH 2,35. Pri temperaturi 60 °C opazimo, da pri pektinih SLOW SET, LM 32, AF 20 in CF 703 ni statistično značilnega vpliva vrednosti pH na sproščanje metil heksanoata. Pri pektinih RAPID SET in CF 20 je ta vpliv statistično značilen, pri pektinu AF 703 pa statistično visoko značilen. Kot najboljši zadrževalec se je pri 60 °C pokazal pektin SLOW SET, tako pri pH 7 kot pri pH 2,35, kot najslabši pa pektin AF 703 prav tako pri obeh vrednostih pH.

Preglednica 20: Vpliv vrste pektina in vrednosti pH na sproščanje etil heksanoata iz jagodne arome pri temperaturah 30 °C in 60 °C

Pektin	T = 30 °C			P	T = 60 °C		
	pH 7	pH 3,32	pH 2,35		pH 7	pH 2,35	P
Slow set	1014634 ^{tz}	1669138 ^{ty}	1829529 ^{dex}	***	5948142 ^{dx}	5119870 ^{ey}	*
Rapid set	2605123 ^{cx}	2239831 ^{dy}	2049675 ^{dz}	***	7575394 ^{cx}	5914813 ^{dy}	***
LM 35	1957005 ^{ey}	2529730 ^{bx}	2503239 ^{cx}	**	8796957 ^{by}	11549213 ^{ax}	***
AF 20	3304871 ^{by}	1955164 ^{ez}	9619819 ^{bx}	***	6250380 ^{dy}	10339585 ^{bx}	*
CF 20	4802757 ^{ay}	2387536 ^{cz}	11622952 ^{ax}	***	9155319 ^{by}	12163776 ^{ax}	***
AF 703	2304421 ^{dy}	3293266 ^{ax}	1789179 ^{dez}	***	11870774 ^{ax}	9170193 ^{cy}	***
CF 703	1879699 ^{ex}	1766484 ^{fx}	1437802 ^{ey}	**	12461525 ^{ax}	10356491 ^{by}	*
P	***	***	***		***	***	

Vrednosti v istem stolpcu, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{a,b,c,d,e,f}, se statistično značilno razlikujejo (P < 0,05); Vrednosti v isti vrstici, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{x,y,z}, se statistično značilno razlikujejo (P < 0,05).

Pri 30 °C je razviden visoko značilen vpliv vrednosti pH na sproščanje etil heksanoata pri pektinih LM 35 in CF 703, pri ostalih pektinih pa statistično zelo visoko značilen vpliv vrednosti pH (preglednica 20). Pri tej temperaturi je pri vrednostih pH 7 in 3,32 najboljši zadrževalec pektin SLOW SET, pri 2,35 pa CF 703. Najslabše pri 30 °C zadržujejo omenjeno komponento pektini CF 20 pri vrednostih pH 7 in 2,35 ter AF 703 pri 3,32. Pri 60 °C je razviden statistično zelo visoko značilen vpliv vrednosti pH na sproščanje omenjene komponente pri pektinih RAPID SET, LM 35, CF 20 in AF 703, pri ostalih pa se kaže statistično značilen vpliv vrednosti pH. Najboljši zadrževalec pri obeh vrednostih pH je SLOW SET, najslabši pa AF 703 pri vrednosti pH 7 in LM 35 pri pH 2,35.

Preglednica 21: Vpliv vrste pektina in vrednosti pH na sproščanje metil etil propanoata iz jagodne arome pri temperaturah 30 °C in 60 °C

Pektin	T = 30 °C			P	T = 60 °C		
	pH 7	pH 3,32	pH 2,35		pH 7	pH 2,35	P
Slow set	310377,3 ^{fz}	525617 ^{fy}	575072 ^{dex}	***	1887211 ^{ex}	1651019 ^{fy}	*
Rapid set	807386 ^{cx}	712924 ^{dy}	645582 ^{dz}	***	2502618 ^{dx}	1945527 ^{ey}	***
LM 35	620999 ^{cy}	817544 ^{bx}	795086 ^{cx}	***	2880386 ^{cy}	3807129 ^{bx}	***
AF 20	1045045 ^{by}	611690 ^{ez}	3168651 ^{bx}	***	2067154 ^{ey}	3490911 ^{cx}	*
CF 20	1543013 ^{ay}	766198 ^{cz}	3847511 ^{ax}	***	3008758 ^{cy}	4127654 ^{ax}	***
AF 703	720003 ^{dy}	1045890 ^{ax}	578020 ^{dez}	***	3848292 ^{bx}	3051969 ^{dy}	***
CF 703	583243 ^{ex}	543953 ^{fx}	452169 ^{ey}	**	4110116 ^{ax}	3463034 ^{cx}	-
P	***	***	***		***	***	

Vrednosti v istem stolpcu, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{a,b,c,d,e,f}, se statistično značilno razlikujejo (P < 0,05); Vrednosti v isti vrstici, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{x,y,z}, se statistično značilno razlikujejo (P < 0,05).

Pri 30 °C je iz preglednice 21 razviden statistično zelo visoko značilen vpliv vrednosti pH na sproščanje metil etil propanoata pri vseh vrstah pektinov, le da je pri pektinu CF 703 malo manj izrazit, vendar še zmeraj statistično visoko značilen. Pri tej temperaturi pri vrednostih pH 7 in 3,32 omenjeno komponento najboljše zadržuje pektin SLOW SET, pri pH 2,35 pa CF 703. Metil etil propanoat najslabše zadržuje pri vrednostih pH 7 in 2,35 pektin CF 20 pri pH 3,32 pa pektin AF 703. Pri 60 °C statistično značilnega vpliva vrednosti pH na sproščanje metil etil propanoata pri pektinu CF 703 ni, pri AF 20 in LM 35 je ta statistično značilen, pri ostalih vrstah pektina pa statistično zelo visoko značilen. Pri tej temperaturi je najboljši zadrževalec pektin SLOW SET pri obeh vrednostih pH, najslabši pa CF 703 pri vrednosti pH 7 in CF 20 pri 2,35.

Preglednica 22: Vpliv vrste pektina in vrednosti pH na sproščanje heksil acetata iz jagodne arome pri temperaturah 30 °C in 60 °C

Pektin	T = 30 °C			P	T = 60 °C		
	pH 7	pH 3,32	pH 2,35		pH 7	pH 2,35	P
Slow set	889908 ^{ez}	1215959 ^{ey}	1390460 ^{dex}	***	4386109 ^{ex}	3978597 ^{ey}	**
Rapid set	2118548 ^{cx}	1590855 ^{cy}	1560565 ^{cdy}	***	5935968 ^{dx}	4389822 ^{dy}	**
LM 35	1607624 ^{dy}	1827033 ^{bx}	1777568 ^{cx}	*	6484460 ^{cy}	8140853 ^{ax}	**
AF 20	2406854 ^{by}	1525820 ^{cdz}	5854141 ^{bx}	***	4446715 ^{ey}	7403755 ^{bx}	***
CF 20	3903495 ^{ay}	1613284 ^{cz}	7362068 ^{ax}	***	6786866 ^{cy}	8432571 ^{ax}	***
AF 703	2078290 ^{cy}	2390596 ^{ax}	1329681 ^{dez}	***	8861470 ^{bx}	6493896 ^{cy}	***
CF 703	1610443 ^{dx}	1360183 ^{dexy}	1066045 ^{ey}	*	9388615 ^{ax}	7170290 ^{by}	**
P	***	***	***		***	***	

Vrednosti v istem stolpcu, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{a,b,c,d,e,f}, se statistično značilno razlikujejo (P < 0,05); Vrednosti v isti vrstici, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{x,y,z}, se statistično značilno razlikujejo (P < 0,05).

Pri 30 °C je razviden statistično značilen vpliv vrednosti pH na sproščanje heksil acetata (preglednica 22) pri pektinih LM 35 in CF 703, pri ostalih vrstah pektina pa je vpliv na sproščanje omenjene komponente statistično zelo visoko značilen. Pri temperaturi 60 °C opazimo statistično zelo visoko značilen vpliv na sproščanje heksil acetata pri pektinih AF 20 CF 20 in AF 703, pri ostalih pektinih pa je vpliv statistično visoko značilen. Najbolje heksil acetat zadržuje pri 30 °C pektin SLOW SET pri vrednostih pH 7 in 3,32 ter CF 703 pri vrednosti pH 2,35. Pri 60 °C se kot najboljši zadrževalec pri obeh vrednostih pH izkaže SLOW SET, kot najslabši pa CF 703 pri vrednosti pH 7 in CF 20 pri 2,35. Pri 30 °C najslabše zadržuje heksil acetat pektin CF 20 pri vrednostih pH 7 in 2,35 in AF 703 pri 3,32.

Preglednica 23: Vpliv vrste pektina in vrednosti pH na sproščanje fenil metil acetata iz jagodne arome pri temperaturah 30 °C in 60 °C

Pektin	T = 30 °C				T = 60 °C		
	pH 7	pH 3,32	pH 2,35	P	pH 7	pH 2,35	P
Slow set	168747 ^{dz}	221902 ^{dy}	269804 ^{cdx}	***	1715131 ^{dx}	1725925 ^{dx}	-
Rapid set	206211 ^{cy}	241883 ^{cx}	266107 ^{cdx}	**	2074489 ^{cx}	1944421 ^{cdx}	-
LM 35	218075 ^{bcz}	287571 ^{ay}	434488 ^{ax}	***	2324405 ^{abx}	2257765 ^{abx}	-
AF 20	232889 ^{by}	245777 ^{bcy}	298499 ^{cx}	***	2002261 ^{cx}	2048258 ^{bcx}	-
CF 20	296518 ^{ay}	250736 ^{bcy}	368825 ^{bx}	**	2136327 ^{bcx}	2346267 ^{ax}	-
AF 703	213417 ^{bcz}	258072 ^{bx}	257894 ^{cdx}	***	2348981 ^{ax}	2074968 ^{bcy}	*
CF 703	202177 ^{cy}	238400 ^{cx}	242118 ^{dx}	**	2134226 ^{bcx}	2147451 ^{abcx}	-
P	***	***	***		***	**	

Vrednosti v istem stolpcu, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{a,b,c,d,e,f}, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$); Vrednosti v isti vrstici, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{x,y,z}, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$).

Iz preglednice 23 je razvidno, da je pri pektinih RAPID SET, CF 20 in CF 703, vpliv vrednosti pH na sproščanje fenil metil acetata, pri 30 °C, statistično visoko značilen, pri ostalih vrstah pektinov pa je ta vpliv statistično zelo visoko značilen. Pri 60 °C se kaže statistično značilen vpliv vrednosti pH na sproščanje fenil metil acetata le pri pektinu AF 703, medtem ko statistično značilnega vpliva vrednosti pH na sproščanje omenjene komponente pri ostalih vrstah pektinov ni. Najboljši zadrževalec fenil metil acetata je pri 60 °C pektin SLOW SET, ki je najboljši zadrževalec te komponente tudi pri vrednosti pH 7 in 3,32 pri temperaturi 30 °C, medtem, ko je pri pH 2,35 to pektin CF 703. Najslabši zadrževalec je pri tej temperaturi pektin CF 20 pri vrednosti pH 7 in LM 35 pri vrednosti pH 3,32 in 2,35. Pri 60 °C je najslabši zadrževalec AF 703 pri pH 7 in CF 20 pri pH 2,35.

Na splošno se je pri večini pektinov pokazalo, da z nižanjem pH vrednosti pektinski matriks izgublja zmožnost zadrževanja aromatskih komponent, saj so lahko vrednosti površin pod kromatografskimi vrhovi pri pH 2,35 tudi do 3,5 krat večje kot pri pH 7 kot se je na primer pokazalo pri pektinih AF in CF 20.

4.4 SENZORIČNO OCENJEVANJE

Preglednica 24: Vpliv vrste pektina in vrednosti pH na senzorično oceno aromatiziranih pektinskih gelov

Pektin	Senzorična ocena (točke 1-8)						P
	pH 7		pH 3,32		pH 2,35		
	X	SO	X	SO	X	SO	
Slow set	3,50 ^b	0,97	/	/	/	/	
Rapid set	4,20 ^{abx}	1,62	3,94 ^{ax}	1,18	4,33 ^{ax}	1,23	-
LM 35	5,25 ^{ax}	1,40	4,40 ^{ax}	2,01	3,35 ^{ay}	1,73	-
AF 20	3,30 ^b	0,82	/	/	/	/	
CF 20	4,30 ^{abx}	1,34	3,89 ^{ax}	1,27	3,78 ^{ax}	1,92	-
AF 703	1,95 ^c	1,30	/	/	/	/	
CF 703	4,20 ^{abx}	1,55	4,33 ^{ax}	1,55	3,83 ^{ax}	1,50	-
P	***		-		-		

Vrednosti v istem stolpcu, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{a,b,c,d,e,f}, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$); Vrednosti v isti vrstici, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk ^{x,y,z}, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$); X – povprečna ocena; SO – standardni odklon; / - brez ocene

V preglednici 24 je predstavljen vpliv vrste pektina in vrednosti pH (2,35, 3,32, 7) na senzorično oceno. Senzorično ocenjevanje je potekalo v dveh stopnjah. V prvi stopnji je panel ocenjevalcev ocenjeval vzorce aromatiziranih pektinskih gelov pri vrednosti pH 7, kjer so ocenjevali vse vzorce. V drugi stopnji pa je panel ocenjevalcev ocenjeval le 4 najbolj ocenjene vzorce aromatiziranih pektinov iz prve stopnje ocenjevanja, pektine SLOW SET, AF 20 in AF 703 pa se ni ocenjevalo. Intenzivnost in značilnost arome je bila ocenjena v z vrednostmi od 1 do 8, pri čemer predstavlja višje dodeljeno število točk bolj značilno in intenzivno zaznavo jagodne arome. Stopnja značilnosti vpliva (P) je predstavljena, kot je opisano v točki 3.2.4.

Kot je iz preglednice razvidno, nismo opazili statistično značilnega vpliva vrednosti pH na senzorično oceno. Na prvi pogled je opaziti slabše senzorične ocene z znižanjem vrednosti pH, vendar pa zaradi visokih standardnih odklonov dejansko statistične razlike med ocenami pri različnih vrednostih pH ni. Izjema je mogoče pektin LM 35, pri katerem prav tako ni statistično značilnega vpliva vrednosti pH, vendar pa se ocena pri pH 2,35 statistično značilno razlikuje od ocene pri ostalih dveh vrednostih pH.

Če pogledamo vpliv vrste pektina na senzorično oceno, opazimo statistično zelo visoko značilen vpliv vrste pektina le pri pH 7, pri ostalih vrednostih pH pa statistično značilnega vpliva vrste pektina na senzorično oceno nismo zaznali. Razlike v senzorični oceni različnih pektinskih gelov so v kislem območju pri nižji pH vrednostih, manjše kot v nevtralnem območju.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Preučevali smo vpliv vrste pektina, temperature (30 °C in 60 °C) ter vrednosti pH (2,35, 3,32, 7,0) na sproščanje hlapnih aromatskih komponent jagodne arome. S statistično analizo smo ugotovili, statistično zelo visoko značilen vpliv vrste pektina.

Po pričakovanjih smo zasledili porast v sproščeni količini komponent jagodne arome pri višji temperaturi, ki pa je bil pri pektinih AF 20 in CF 20 v povprečju manjši od ostalih. Porast sproščanja hlapnih komponent arome pri višji temperaturi je opazila tudi Savary in sodelavci (2006), ko je določala porazdelitvene koeficiente komponent arome v poltrdih matriksih. Ugotovila je, da gibanje koncentracij hlapnih komponent v nadprostoru lahko opišemo z Arrheniusovo enačbo,

$$\ln K = A - \frac{E}{RT} \quad \dots(2)$$

pri čemer je K porazdelitveni koeficient, A konstanta, E aktivacijska energija, R plinska konstanta, T pa temperatura v stopinjah kelvina. V povezavi s tem ugotavlja, da porazdelitveni koeficienti s porastom temperature rastejo, se pravi se sproščene koncentracije aromatskih komponent višajo. Zanimiv pojav smo opazili pri pektinu CF 20 pri vrednosti pH 2,35, kjer smo opazili padec koncentracije komponent 2-metil etil butanoata in 3-metil etil butanoata pri 60 °C v primerjavi z vrednostmi pri 30 °C. Ta pojav je v nasprotju s trditvijo Savary in sod. (2006). Podobnega primera v literaturi nismo zasledili.

Boland in sod. (2004), Boland in sod. (2006) in Rega in sod. (2002) ugotavljajo, da viskoznost gela vpliva na sproščanje hlapnih komponent iz gelov, in sicer bolj kot je gel viskozen, manjše je sproščanje komponent iz njega. Naše ugotovitve bi lahko sovpadale tudi s to trditvijo, saj so pektinski geli pri višjih temperaturah manj viskozni, torej se iz njih hlapne komponente bolj sproščajo. To spoznanje bi lahko pojasnilo tudi pojav v povprečju manjšega vpliva temperature pri pektinih AF 20 in CF 20, saj je možno, da tvorita bolj termo stabilne gele, s tem pa se ohranja tudi struktura gela.

V neki drugi raziskavi pa je Hansson in sod. (2001a), ko je proučevala dodatek sladkorjev in pektina na sproščanje arome, prišla do ugotovitve, da viskoznost nima vpliva na sproščanje arome, ampak da na to bolj vpliva vodna aktivnost in tip uporabljenega stabilizatorja. Ta trditev pa bi lahko bila podlaga za nadaljnje raziskave.

Z analizo smo ugotovili značilen vpliv vrednosti pH, vendar pa smo ugotovili, da sprememba vrednosti pH nima močnega vpliva na porazdelitev zastopanosti komponent v parni fazi glede na površine pod kromatografskimi vrhovi istih spojin v standardu. Tako je nabolj zastopana komponenta glede na standard spojina fenil metil acetat, in sicer pri vseh vrednostih pH, pri čemer pa se ji pri vrednostih pH 2,35 in 3,32 pridružuje spojina metil heksanoat. Najmanj zastopani glede na standard sta pri vseh vrednostih pH spojini 2-metil etil butanoat in 3-metil etil butanoat.

Ugotovili smo, da je v večini primerov prišlo z nižanjem vrednosti pH do porasta koncentracije aromatskih komponent v plinski fazi. Kot navaja Flutto (2003), nižja vrednost pH pri nizko metiliranih pektinih povzroči delno nevtralizacijo prostih karboksilnih skupin s protoni, kar povzroči manjšo sposobnost tvorbe tako imenovanih stičnih točk in s tem bolj ohlapen matriks. Za visoko metilirane pektine isti avtor navaja pozitiven vpliv nižanja vrednosti pH, se pravi tvorbo močnejših in bolj organiziranih gelov, vendar pa le do neke točke. Pri prenizki vrednosti pH pri močno zaestrenih pektinih pride do prehitre tvorbe gela, kar ima za posledico slabo organiziran gel. Ti dve dejstvi bi lahko bili eden glavnih razlogov za pojav višanja koncentracije aromatskih komponent pri nižjih vrednostih pH. Pri 60 °C je bil vpliv pektina pri vseh komponentah v povprečju manjši, medtem ko pa ga pri komponentah metil heksanoat in fenil metil acetat pri večini pektinov ni bilo. To si lahko razlagamo z dodatnim slabšanjem trdnosti in razpadom pektinskega matriksa pri višji temperaturi. Dodaten dejavnik pri vplivu vrednosti pH bi lahko bil tudi vpliv sredstva za znižanje vrednosti pH. V našem primeru smo uporabili citronsko kislino. Hansson in sod. (2001b) je ugotovila, da se ob dodatku nizke koncentracije citronske kisline sproščanje določenih komponent celo okrepi, medtem ko dodatek velikih količin citronske kisline zavre sproščanje aromatskih komponent. Ta pojav si razlaga s tem, da se komponente arome vežejo na disociirano obliko citronske kisline, kar pa zmanjša sproščanje teh komponent. Da bi dejansko lahko okarakterizirali vpliv tega pojava, bi bile potrebne nadaljnje raziskave, kjer bi za modifikacijo vrednosti pH uporabili kakšno drugo kislino.

Pri analizi podatkov senzoričnega ocenjevanje smo prišli do zaključka, da vrednost pH statistično ne vpliva na senzorično oceno aromatiziranega gela. To je zanimivo, saj se je pokazal močan vpliv vrednosti pH na sproščanje aromatskih komponent.

Pri vplivu vrste pektina smo zasledili močan vpliv vrste pektina na senzorično oceno le pri vrednosti pH 7, pri vrednostih pH 2,35 in 3,32 pa ne. To si lahko razlagamo z relativno visokimi koeficienti variabilnosti senzoričnih ocen, kar je verjetno posledica tega, da smo za aromatzacijo gelov uporabili precej nizko koncentracijo arome. To dejstvo je imelo za posledico precej težko razločevanje v intenziteti arome med različnimi geli. Razlog zakaj pri pektinih, ki smo jih izbrali za senzorično oceno pri nižjih vrednostih pH, nismo opazili statistično značilnega vpliva, gre iskati tudi v dejstvu, da si pri pH 7, le ti statistično niso bili pomembno različni.

Razlog za relativno nizke povprečne senzorične ocene pektinskih gelov je verjetno v nizkih koncentracijah arome ter dejstvu, da so ocenjevalci poleg jagodne note zasledili tudi ostale moteče note, ki niso značilne za jagodno aromo. Schieberle in Hofmann (1997) sta raziskovala vpliv ključnih aromatskih komponent jagodne arome na naravo arome. Ugotovila sta, da če kombinaciji arom odzameš ključne komponente, se narava arome močno spremeni in ne spominja več na jagode. Ker pektini zadržujejo komponente arome, bi lahko te moteče note povezali z močnejšim zadrževanjem katere od ključnih aromatskih komponent jagodne arome uporabljene v poskusu, za potrditev te trditve pa bi bile potrebne nadaljnje raziskave.

5.2 SKLEPI

Na podlagi rezultatov analiz, statistične obdelave podatkov, ter senzorične analize, lahko oblikujemo naslednje sklepe:

- Aromatske komponente jagodne arome se iz različnih pektinskih gelov različno sproščajo ($P < 0,0001$).
- Eksperimentalno smo ugotovili, da se iz pektinov najbolj sprošča 2-metil etil butanoat, najmanj pa metil heksanoat.
- Hlapne komponente se pri 60 °C slabše zadržujejo v pektinskih gelih kot pri 30 °C.
- Vrednost pH pri 30 °C statistično značilno vpliva na sproščanje aromatskih komponent iz pektinskih gelov. Pri 60 °C je ta vpliv manjši, pri komponentah metil heksanoat in fenil metil acetat pa vpliva vrednosti pH ni ali pa je zelo majhen.
- Vrsta pektina pogojuje izraznost jagodne arome le pri nevtralnem pH, pri vrednostih pH 2,35 in 3,32 pa vrsta pektina ne vpliva na izraznost arome.
- Vrednost pH nima vpliva na izraznost jagodne arome.
- Pri večini gelov so se ob ocenjevanju pojavljali tuji vonji. Najbolj izrazit vonj po jagodni aromi pa ostane pri pektinu LM 35, najmanj izrazit pa pri pektinu AF 703.

6 POVZETEK

Hidrokoloidi, med njimi tudi pektin, so naravni polimeri, ki so zaradi svojih zmožnosti zgoščevanja, emulgiranja, stabilizacije, nabrekanja in tvorbe gelov, že dolgo časa predmet znanstvenega raziskovanja. V živilstvu hidrokoloide uporabljamo predvsem kot želirna in zgoščevalna sredstva.

Arome se živilom dodajajo z namenom izboljšanja senzoričnih lastnosti, pektini pa s svojo zmožnostjo zadrževanja aromatskih komponent predstavljajo tehnološko orodje za razvoj novih izdelkov, izboljšanje kakovosti in podaljšanje senzorične obstojnosti izdelka.

Za proučevanje interakcij med aromatskimi komponentami jagodne arome in različnimi pektini, smo uporabili plinski kromatograf in MS detektor za detekcijo posameznih komponent arome. Postopek ekstrakcije je potekal po principu analize nadprostora, se pravi da smo vzorec za analizo jemali iz plinske faze nad samim vzorcem. Za ekstrakcijo smo uporabili bipolarno ekstrakcijsko vlakno CarboxenTM/PDMS. Ker je to sestavljeno iz nepolarne komponente PDMS in polarne komponente CarboxenTM, je vlakno primerno za izolacijo širokega kroga spojin z različno strukturo, hlapnostjo in polarnostjo.

V diplomskem delu smo želeli ugotoviti, kako različne vrste pektinov pri različnih temperaturah in vrednostih pH, zadržujejo hlapne komponente naravno identične jagodne arome. V analizo smo vključili 9 aromatskih komponent jagodne arome: etil butanoat, 2-metil etil butanoat, 3-metil etil butanoat, etil pentanoat, metil heksanoat, etil heksanoat, metil etil propanoat, heksil acetat ter fenil metil acetat. Sposobnost zadrževanja teh komponent smo preverjali na sedmih vrstah pektinov, in sicer na visoko metiliranih pektinih SLOW SET in RAPID SET ter nizko metiliranih pektinih LM 35, AF20, CF 20, AF 703 ter CF 703. Želeli smo potrditi delovno hipotezo, da različne vrste pektinov različno močno zadržujejo hlapne komponente jagodne arome in da to velja pri različnih temperaturah in vrednostih pH.

Eksperimentalno smo ugotovili, da se v povprečju iz pektinskih gelov najbolj sprošča 2-metil etil butanoat, najmanj pa metil heksanoat. Vendar pa smo ob analizi podatkov dobili zelo visoke koeficiente variabilnosti, kar pa je po vsej verjetnosti posledica vpliva temperature in vrednosti pH, saj se je pokazalo, da je razlika v sproščanju posamezne komponente med 30 °C in 60 °C lahko tudi 10 kratna. Pri slednjem smo lahko pri večini vzorcev pektinov opazili lastnost manjšanja zmožnosti zadrževanja aromatskih komponent z nižanjem pH vrednosti, čeprav pa ta lastnost ni prišla do izraza pri senzoričnem ocenjevanju, kjer nismo opazili statistično značilnih razlik med ocenami pri različnih pH vrednostih. Prav tako se je pokazalo, da kljub statistično močnem vplivu vrednosti pH, le ta ne vpliva močno na porazdelitev zastopanosti komponent v plinski fazi glede na standard.

Na osnovi eksperimentalnih analiz smo hipotezo, da različne vrste pektina pri različnih temperaturah (30 °C in 60 °C) in različnih vrednostih pH (2,35, 3,32 in 7) različno močno zadržujejo hlapne aromatske komponente jagodne arome.

7 VIRI

- Arthur C.L., Pawliszyn J, 1990. Solid phase microextraction with thermal desorption using fused silica fibers. *Analytical Chemistry*, 62: 2145-2148
- Arvisenent G., Voilley A., Cayot N. 2002. Retention of aroma compounds in starch matrices: Competition between aroma compounds toward amylose and amylopectin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 7345-7349
- Baša H. 1999. Postopki za določanje hlapnih ogljikovodikov v zraku. Magistrsko delo. Ljubljana, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo: 30-35
- Boland A.B., Buhr K., Giannouli P., van Ruth S.M. 2004. Influence of gelatin, starch, pectin and artificial saliva on the release of 11 flavour compounds from model gel systems. *Food Chemistry*, 86: 401-411
- Boland A.B., Delahunty A.M. van Ruth S.M. 2006. Influence of texture of gelatin gels and pectin gels on strawberry flavour release and perception. *Food Chemistry*, 96: 452-460
- Bicchi C., Cordero C., Liberto E., Rubiolo P., Sgorbini B. 2004. Automated headspace solid-phase dynamic extraction to analyse the volatile fraction of food matrices. *Journal of Chromatography A*, 1024: 217-226
- Cargill texturizing solutions: Product overview. 2007. Minneapolis, (ZDA), Cargill inc. http://www.cargilltexturizing.com/products/hydrocolloids/pectins/cts_prod_hydro_pec_man.shtml (16.03.2007): 1 str.
- Česen M. 1994. Tehnološke in ekonomske prednosti uporabe aditivov. V: Aditivi "Dodatki-Tehnologija-Zdravje". 16. Bitenčevi živilski dnevi '94, Bled, 9-10 jun. 1994. Raspor P. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 199-208
- Decourcelle N., Lubbers S., Vallet N., Rondeau P., Guichard E. 2004. Effect of thickeners and sweeteners on the release of blended aroma compounds in fat-free stirred yoghurt during shear conditions. *International Dairy Journal*, 14: 783-789
- Domjan L. 2006. Vpliv škrobnega gela na sproščanje komercialne jagodne arome. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo:3-12
- Flutto L. 2003. Pectin/Properties and determination. V: *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. Vol. 7. 2nd ed. Caballero B., Turgo L.C., Finglas P.M. (eds.). London, Academic Press: 4440-4449

- Goubet I., Le Quere J.L., Voilley A. 1998. Retention of aroma compounds by carbohydrates: Influence of their physicochemical characteristics and of their physical state. A review. *Journal of Agricultural and food chemistry*, 46: 1981-1990
- Gums and stabilizers. 2005. Columbus, Ohio, (ZDA), Ohio State University.
<http://class.fst.ohio-state.edu/fst605/lectures/lect20.html> (17.11.2006): 1 str.
- Hansson A., Andersson J., Leufven A. 2001a. The effect of shugars and pectin on flavour release from a soft drink-related model system. *Food Chemistry*, 72: 363-368
- Hansson A., Andersson J., Leufven A., Pehrson K. 2001b. Effect of changes in pH on the release of flavour compounds from a soft drink-related model system. *Food Chemistry*, 74: 429-435
- Hansson A., Leufven A., van Ruth S. 2003. Partition and release of aroma compounds during storage of a pectin gel system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 2000-2005
- Hribar J., Gobec T. 1999. Hidrokoloide v tehnologiji rastlinskih živil. V: *Reologija živil*. 19. Bitenčevi živilski dnevi '99, Ljubljana, 10-11 jun. 1999. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 167-177
- FAO/WHO. 2001. Pectins. V: *Compendium Addendum 9/FNP 52 Add. 9/75 (2001)*. 57-th Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Rim, Junij.
<http://www.fao.org/ag/agn/jecfa-additives/specs/Monograph1/Additive-306.pdf>
(5.12.2006): 6 str
- Kač M., Jurca S. 1994. Pektin – kemijske in fizikalne lastnosti, uporaba v živilstvu. V: *Aditivi "Dodatki-Tehnologija-Zdravje"*. 16. Bitenčevi živilski dnevi '94, Bled, 9-10 jun. 1994. Raspor P. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 229-232
- Kač M. 1999. Uporaba (merjenja) viskoznosti v živilstvu. V: *Reologija živil*. 19. Bitenčevi živilski dnevi '99, Ljubljana, 10-11 jun. 1999. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 45-52
- Kalab M. *Electron microscopy of foods and microorganisms*. 2000. SciMAT Ltd. (2005).
<http://www.magma.ca/~pavel/science/Foods&bact.htm> (5.12.2006): 1 str.
- Kosec T. 2001. Določanje hlapnih organskih komponent v vzorcih plina. Diplomsko delo. Ljubljana, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo: 10-12
- Mei J.B., Reineccius G.A., Berk Knighton W., Grimsrud E.P. 2004. Influence of strawberry yoghurt composition on aroma release. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52:6267-6270

- Mindrup R., Shirey R.E. 2001. Improved performance of SPME fibers and applications. Bellefonte, ZDA, Sigma-Aldrich Corporation.
<http://sigmaaldrich.com/Graphics/Supelco/objects/11000/1942.pdf> (4.12.2006): 3 str
- Miszczak A., Forney C.F., Prange R.K. 1995. Development of aroma volatiles and color during postharvest ripening of "Kent" strawberries. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 120, 4: 650-655
- NIST Chemistry WebBook-Standard Reference Number 69. 2005. Gaithersburg, ZDA, National Institute of Standards and Technology.
<http://webbook.nist.gov/chemistry/> (4.12.2006): 10 str
- Perez A.G., Rios J.J., Sanz, C., Olias J.M. 1992. Aroma components and free amino acids in strawberry variety Chandler during ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40: 2232-2235
- Povolo M., Contarini G. 2003. Comparison of solid-phase microextraction and purge-and-trap methods for the analysis of the volatile fraction of butter. *Journal of Chromatography A*, 985: 117-125
- Pravilnik o aromah. 2001. Uradni list Republike Slovenije, 11, 77:7958-7966
- Prosen H., Zupančič-Kralj L. 1999. Solid-phase microextraction. *Trends in Analytical Chemistry*, 18, 4: 272-282
- Rega B., Guichard E., Voilley A. 2002. Flavour release from pectin gels: Effect of texture, molecular interactions and aroma compounds diffusion. *Sciences des Aliments*, 22, 3: 235-248
- Rosenberg M., Kopelman I.J., Talmon Y. 1990. Factors affecting retention in spray-drying microencapsulation of volatile materials. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38: 1288-1294
- SAS/STAT Software. Version 8.01.1999. Cary. SAS Institute Inc: software
- Savary G., Guichard E., Doublier J.L., Cayot N. 2006. Mixture of aroma compounds: Determination of partition coefficients in complex semi-solid matrices. *Food Research International*, 39: 372-379
- Schiberle P., Hofmann T. 1997. Evaluation of the character impact odorants in fresh strawberry juice by quantitative measurements and sensory studies on model mixtures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 227-232

- Seuvre A.M., Espinosa Diaz M.A., Voilley A. 2000. Influence of the food matrix structure on the retention of aroma compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 4296-4300
- Seuvre M.A., Philippe E., Rochard S., Voilley A. 2006. Retention of aroma compounds in food matrices of similar rheological behaviour and different compositions. *Food Chemistry*, 96: 104-114
- Vincken J.P., Schols H.A., Oomen R.J., McCann M.C., Ulskov P., Voragen A.G. 2003. If homogalacturonan were a side chain of rhamnogalacturonan I. Implications for cell wall architecture. *Plant Physiology*, 132, 4: 1781-1789
- Willats W., Knox J.P., Mikkelsen J.D. 2006. Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel. *Trends in Food Science and Technology*, 17: 97-104
- Wittikowski R. 1993. Fundamental aspects of capillary gas chromatography. V: Capillary gas chromatography in food control and research. Wittikowski R., Matissek R. (eds.). Lancaster, Basel, Technomic Publishing Company: 17-49
- Yven C., Guichard E., Giboreau A., Roberts D.D. 1998. Assessment of interactions between hydrocolloids and flavor compounds by sensory, headspace and binding methodologies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 1510-1514

8 ZAHVALA

Za strokovno pomoč pri izdelavi diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju doc. dr. Rajku Vidrihu s Katedre za tehnologije rastlinskih živil na Biotehniški fakulteti in recenzentki prof. dr. Tereziji Golob.

Prav tako se zahvaljujem dr. Emilu Zlatiču, s Katedre za tehnologije rastlinskih živil na Biotehniški fakulteti, za vse napotke in prispevke k diplomski nalogi.

Za pomoč pri statistični obdelavi podatkov, bi se rad zahvalil doc. dr. Lei Gašperlin s katedre za tehnologijo mesa in gotovih jedi na Biotehniški fakulteti.

Za pomoč pri iskanju in oblikovanju virov se zahvaljujem univ. dipl. ing. Ivici Hočevar ter univ. dipl. bibl. Barbari Slemenik z Oddelka za živilsko tehnologijo Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Za pomoč pri oblikovanju in za vse napotke pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem gospe Tinci Volk.

Na koncu se iz srca zahvaljujem celotni družini ter vsem prijateljem, predvsem pa staršema za tako moralno, psihično in finančno pomoč v vseh letih študija.