

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Lidija DOMJAN

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

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**INFLUENCE OF STARCH GEL ON RELEASING COMMERCIAL
STRAWBERRY AROMA**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2006

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.

Študijska komisija Oddelka za živilstvo je za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Rajka VIDRIHA, za recenzentko pa doc. dr. Leo GAŠPERLIN.

Mentor: doc. dr. Rajko VIDRIH

Recenzentka: doc. dr. Lea GAŠPERLIN

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Lidija Domjan

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn
DK UDK 664.002.3:664.2:544.7(043)=863
KG koloidi / želirna sredstva / škrob / škrobni geli / hidrokoloidi / zadrževanje jagodne arome
AV DOMJAN, Lidija
SA VIDRIH, Rajko (mentor) / GAŠPERLIN, Lea (recenzent)
KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo
LI 2006
IN VPLIV ŠKROBNEGA GELA NA SPROŠČANJE KOMERCIALNE JAGODNE AROME
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP IX, 52 str., 31 preg., 10 sl., 54 vir.
IJ sl
JI sl /en
AI V diplomskem delu smo želeli ugotoviti, kako različne vrste škrobov pri različnih temperaturah zadržujejo hlapne komponente jagodne arome. V raziskavo smo vključili 8 vrst škroba: (AMILOGEL P, AMILOGEL K, AMILOGEL PDP, AMILOGEL G, AMILOGEL MVK, AMILOGEL HP, AMILOGEL OK, AMILOGEL HPW), karagenan (AMILOGEL CAR), guar gumo (AMILOGEL GG) in krompirjev dekstrin (HELIODEX KR), na katerih smo proučevali sposobnost zadrževanja 10 hlapnih komponent jagodne arome: etil butanoat, 2-metil etil butanoat, 3-metil etil butanoat, etil pentanoat, metil heksanoat, etil heksanoat, metil etil propanoat, heksil acetat, 3-heksenol in fenil metil acetat. Sestavo jagodne arome smo analizirali s pomočjo GC-MS z mikroekstrakcijo. Želeli smo potrditi delovno hipotezo, da različne vrste škroba pri temperaturah (30 °C in 60 °C) različno zadržujejo hlapne (aromatske) komponente jagodne arome. Ugotovili smo, da se iz škrobov najbolj sprošča etil heksanoat, najmanj pa metil heksanoat. Pri ugotavljanju, kateri škrob najbolje zadržuje hlapne komponente, smo prišli do zaključka, da je najboljši zadrževalec arom škrob AMILOGEL G, najslabši pa AMILOGEL PDP. Pri analiziranju škrobov pri različnih temperaturah, smo ugotovili, da pri 30 °C najbolje zadržuje hlapne komponente HELIODEX KR, najslabše pa AMILOGEL OK. Pri 60 °C najbolje zadržuje hlapne komponente AMILOGEL GG, najslabše pa AMILOGEL PDP. S senzorično analizo smo ugotovili, da je najbolj izrazit vonj po jagodni aromi pri škrobu AMILOGEL G, najmanj izrazit vonj pa je imel HELIODEX KR.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC UDC 664.002.3:664.2:544.7(043)=863
CX colloids / gelling agents / starch / starch gels / hydrocolloids / retention of strawberry aroma
AU DOMJAN, Lidija
AA VIDRIH, Rajko (supervisor) / GAŠPERLIN, Lea (reviewer)
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Food Science and Technology
PY 2006
TI INFLUENCE OF STARCH GEL ON RELEASING COMMERCIAL STRAWBERRY AROMA
DT Graduation thesis (University studies)
NO IX, 52 p., 31 tab., 10 fig., 54 ref.
LA sl
AL sl / en
AB In study we tried to find out how different types of starch at different temperatures retain volatile components of strawberry aroma. We included 8 types of starch in our research: (AMILOGEL P, AMILOGEL K, AMILOGEL PDP, AMILOGEL G, AMILOGEL MVK, AMILOGEL HP, AMILOGEL OK, AMILOGEL HPW), carrageenan (AMILOGEL CAR), guar gum (AMILOGEL GG) and potato dextrin (HELIODEX KR) on which we studied ability of retaining 10 volatile components of strawberry aroma: ethyl butanoate, 2-methyl ethyl butanoate, 3-methyl ethyl butanoate, ethyl pentanoate, methyl hexanoate, ethyl hexanoate, methyl ethyl propanoate, hexyl acetate, 3-hexenol in phenyl methyl acetate. The composition of strawberry aroma was analysed by GC-MS with microextraction (SPME). We wanted to confirm hypothesis that different types of starch at different temperatures (30 °C and 60 °C) differently retain volatile (aromatic) components of strawberry aroma. We found out that the most volatile compound is ethyl hexanoate which releases from starches the most. The least retained component is methyl hexanoate. We also studied which starch best retains volatile components and we came to conclusion, that AMILOGEL G is the best and AMILOGEL PDP is the worst. We also tested starches at different temperatures. We came to conclusion that HELIODEX KR retains volatile components the best and AMILOGEL OK the worst if tested at 30 °C. Tested at 60 °C AMILOGEL GG retains volatile components the best and AMILOGEL PDP the worst. Sensory analysis showed that strawberry aroma is most perceptible at starch AMILOGEL G and least perceptible

at HELIODEX KR.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	IX
1 UVOD	1
1.1 NAMEN NALOGE IN DELOVNE HIPOTEZE	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 HIDROKOLOIDI	2
2.1.1 Splošne značilnosti hidrokolooidov	2
2.1.2 Izvor in uporaba hidrokolooidov	3
2.1.3 Hidrokoloidi kot zgoščevalci	3
2.1.4 Hidrokoloidi kot želirna sredstva	4
2.1.5 Guar »guma«	4
2.1.6 Karagenan	4
2.1.7 Modificirani škrobi	5
2.1.7.1 Tipi modifikacij pri škrobu	7
2.2 ŽELIRANJE ŠKROBA	8
2.3 JAGODE	9
2.3.1 Zorenje jagod	10
2.3.2 Notranja kakovost jagod glede na tehnologijo pridelave in stopnjo zrelosti	10
2.4 AROMA JAGOD	11
2.5 PORAZDELITVENI KOEFICIENT	13
2.6 PRAVILNIK O AROMAH	14
2.7 OHRANJEVANJE AROMATSKIH KOMPONENT V PREHRANSKIH IZDELKIH	15
2.8 VPLIV FIZIKALNO-KEMIJSKIH LASTNOSTI NA ZADRŽEVANJE AROME V MATRIKSU	15
2.8.1 Molekulska masa	16
2.8.2 Temperatura	16
2.8.3 Polarnost	16
2.8.4 Kemijske spojine	17
2.8.5 Vpliv vode	17
2.8.6 Vpliv nativnega in obdelanega škroba	18
2.9 KOMPETICIJA MED AROMATSKIMI KOMPONENTAMI PRI TVORBI KOMPLEKSOV Z AMILOZO IN AMILOPEKTINOM	19
2.10 METODE UGOTAVLJANJA HLAJNIH KOMPONENT V AROMATIZIRANIH MATRIKSIH	20

2.10.1	Plinska kromatografija- masna spektrometrija (GC-MS)	20
2.10.2	Mikroekstrakcija na trdni fazi (SPME)	21
3	MATERIALI IN METODE DELA	23
3.1	MATERIAL	23
3.2	METODE DELA	24
3.2.1	Določanje vpliva škroba na sproščanje hlapnih (aromatskih) komponent jagodne arome	24
3.2.1.1	Priprava vzorcev	24
3.2.1.2	Določanje aromatskih snovi (hlapnih komponent)	24
3.2.1.3	Eksperimentalni pogoji	26
3.2.2	Določanje vpliva škroba in temperature (30 °C in 60 °C) na sproščanje hlapnih komponent jagodne arome	27
3.2.2.1	Priprava vzorcev	27
3.2.2.2	Izolacija hlapnih spojin	27
3.2.3	Senzorično ocenjevanje gelov	27
3.2.3.1	Priprava vzorcev	27
3.2.3.2	Senzorična analiza	27
3.2.4	Statistična analiza	28
4	REZULTATI	29
4.1	VPLIV VRSTE ŠKROBA NA SPROŠČANJE HLAJNIH KOMPONENT JAGODNE AROME	29
4.2	VPLIV ŠKROBA IN TEMPERATURE NA SPROŠČANJE HLAJNIH KOMPONENT JAGODNE AROME	35
4.3	SENZORIČNE LASTNOSTI	41
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	42
5.1	RAZPRAVA	42
5.1.1	Vpliv vrste škroba na sproščanje hlapnih komponent jagodne arome	42
5.1.2	Vpliv vrste škroba in temperature na sproščanje hlapnih komponent jagodne arome	43
5.1.3	Senzorične lastnosti	44
5.2	SKLEPI	45
6	POVZETEK	46
7	VIRI	47
8	ZAHVALA	52

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Viri pomembnejših hidrokoloidov in njihova uporaba (Česen, 1994; Hribar in Gobec, 1999)	3
Preglednica 2: Fizikalne lastnosti karagenana (Ceamsa carrageenan, 2002)	5
Preglednica 3: Povprečna sestava svežih jagod in jagodnega soka (Kerin, 1988:114; Souci in sod., 2000: 908)	9
Preglednica 4: Imena komponent in tipa arome, ki jih komponente doprinesejo k celokupni aromi in koncentracije komponent v jagodah ter spodnji prag zaznave (Oraš Lemič, 2006)	12
Preglednica 5: Sestava jagodne arome in fizikalno-kemijske karakteristike aromatskih komponent (Savary in sod., 2006:374)	13
Preglednica 6: Vrsta hidrokoloidov, njihova uporaba in način modifikacije (Pristovšek, 2005)	23
Preglednica 7: Identificirane hlapne spojine	24
Preglednica 8: Eksperimentalni pogoji pri analizi hlapnih spojin	26
Preglednica 9: Rezultati analize različnih hlapnih spojin z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri	29
Preglednica 10: Vpliv vrste škroba na sproščanje etil butanoata	29
Preglednica 11: Vpliv vrste škroba na sproščanje 2-metil etil butanoata	30
Preglednica 12: Vpliv vrste škroba na sproščanje 3-metil etil butanoata	30
Preglednica 13: Vpliv vrste škroba na sproščanje etil pentanoata	31
Preglednica 14: Vpliv vrste škroba na sproščanje metil heksanoata	31
Preglednica 15: Vpliv vrste škroba na sproščanje etil heksanoata	32
Preglednica 16: Vpliv vrste škroba na sproščanje metil etil propanoata	32
Preglednica 17: Vpliv vrste škroba na sproščanje heksil acetata	33
Preglednica 18: Vpliv vrste škroba na sproščanje 3-heksenol	33
Preglednica 19: Vpliv vrste škroba na sproščanje fenil metil acetata	34
Preglednica 20: Rezultati analize različnih hlapnih spojin na različnih vrstah škroba z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri pri 30 °C in 60 °C	35
Preglednica 21: Vpliv vrste škroba in temperature na sproščanje etil butanoata	35
Preglednica 22: Vpliv vrste škroba in temperature na sproščanje 2-metil etil butanoata	36
Preglednica 23: Vpliv vrste škroba in temperature na sproščanje 3-metil etil butanoata	36
Preglednica 24: Vpliv vrste škroba in temperature na sproščanje etil pentanoata	37
Preglednica 25: Vpliv vrste škroba in temperature na sproščanje metil heksanoata	37
Preglednica 26: Vpliv vrste škroba in temperature na sproščanje etil heksanoata	38
Preglednica 27: Vpliv vrste škroba in temperature na sproščanje metil etil propanoata	38
Preglednica 28: Vpliv vrste škroba in temperature na sproščanje heksil acetata	39
Preglednica 29: Vpliv vrste škroba in temperature na sproščanje fenil metil acetata	40
Preglednica 30: Senzorične ocene vonja jagodne arome v različnih vrstah škroba z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri	41
Preglednica 31: Vpliv vrste škroba na vonj	41

KAZALO SLIK

Slika 1: Strukturna formula guar gume (Zamora, 2005)	4
Slika 2: α -1,4 glikozidne vezi amiloze (What is Starch?, 2005)	6
Slika 3: α -1,4 in α -1,6 glikozidne vezi škroba (Zamora, 2005)	6
Slika 4: Struktura gela (Abramovič, 2004:29)	8
Slika 5: Vpliv temperature (30,21 in 10 °C) na porazdelitveni koeficient pri karagenanu kot nosilcu komponent (Savary in sod., 2006:377)	16
Slika 6: Specifičen volumen zadrževanja aromatskih komponent pri različno obdelanih škrobih (k.š.= koruzni škrob) (Boutboul in sod., 2002:79)	18
Slika 7: Plinski kromatograf	20
Slika 8: Shema SPME injekcijske igle (Mindrup in Shirley, 2001)	22
Slika 9: Strukturne formule identificiranih hlapnih spojin (NIST Chemistry..., 2005)	25
Slika 10: Postopek ekstrakcije in desorpcije pri metodi mikroekstrakcije na igli (Mindrup in Shirey, 2001)	26

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

AMILOGEL CAR	karagenan
AMILOGEL G	specialni amilo pektinski škrob na osnovi voskastega koruznega škroba
AMILOGEL GG	guar guma
AMILOGEL HP	hidroksi propil di-škrob fosfat na osnovi voskastega koruznega škroba
AMILOGEL HPW	hidroksi propil di-škrob fosfat na osnovi voskastega koruznega škroba
AMILOGEL K	fizikalno modificiran škrob na osnovi koruznega škroba
AMILOGEL MVK	acetiliran di-škrob adipat na osnovi voskastega koruznega škroba
AMILOGEL OK	oksidiran škrob na osnovi voskastega koruznega škroba
AMILOGEL P	fizikalno modificiran škrob na osnovi krompirjevega škroba
AMILOGEL PDP	fizikalno modificiran škrob na osnovi krompirjevega škroba
HELIODEX KR	kislinska, termično obdelan škrob (krompirjev dekstrin rumeni)
°C	stopinja celzija
D-HS	dinamična analiza nadprostora
GC	plinska kromatografija
HCC	analiza nadprostora z visoko koncentracijsko kapaciteto
headspace metoda	analiza nadprostora
K	porazdelitveni koeficient
MS	masna spektrometrija
ppb	število delcev na milijardo (<i>angl.</i> part per bilion)
ppm	število delcev na milijon (<i>angl.</i> part per milion)
RT	retencijski čas
SAS/STAT	programski paket za statistično obdelavo podatkov
S-HS	statična analiza nadprostora
SPME	mikroekstrakcija na trdni fazi (<i>angl.</i> solid phase microextraction)
Vg	specifičen volumen zadrževanja aromatskih komponent

1 UVOD

Aroma sadja je zelo kompleksne narave in je določena s paleto več kot 300 sestavin, ki pripadajo različnim kemijskim skupinam, kot so kisline, aldehidi, alkoholi in estri. Med njimi so estri med najpomembnejšimi in določenih je bilo že več kot 100 tipov estrov samo v jagodah (Javornik, 2001).

Senzorične lastnosti prehranskih izdelkov so zelo pomembne za porabnike. Med senzoričnimi lastnostmi je aroma najpomembnejša in določa ali bo izdelek sprejemljiv za potrošnika ali ne. Aromatske komponente so pogosto dodane v živilo, da bi izboljšale senzorično kvaliteto ali skrile nezaželjene arome (Goubet in sod., 1998).

Hidrokoloidi se zelo veliko uporabljajo v živilski industriji zaradi njihovih zgoščevalnih lastnosti že pri zelo nizki koncentraciji. Njihovo delovanje na sproščanje arome ponavadi deluje tako, da večja ko je viskoznost, manjše je sproščanje hlapnih komponent (Yven in sod., 1998).

Interakcije med aromatskimi komponentami in prehranskimi izdelki vključujejo tri mehanizme: porazdelitev hlapnih molekul med različne faze prehranskega izdelka, difuzija hlapnih molekul skozi matriks in vezava hlapnih molekul na prehranske komponente. Vezava hlapnih komponent na škrob je razvrščena v dve skupini. Po eni strani je škrob sposoben tvoriti komplekse z različnimi hlapnimi komponentami, v katerih je aroma ujeta v amilozni heliks s hidrofobnimi vezmi. Po drugi strani pa so ugotovili polarne interakcije, ki vključujejo vodikove vezi med hidroksilnimi skupinami škroba in aromatskimi komponentami (Boutboul, 2002).

Zaznava arome je odvisna od tega, kako se aroma sprošča (ali obratno zadržuje) iz živil. Sproščanje arome je odvisno od narave in koncentracije hlapnih komponent prisotnih v živilih, kot tudi od njihove razpoložljivosti za zaznavanje, ki je rezultat interakcij med hlapnimi komponentami in pomembnejšimi komponentami v živilih. Obseg zaznave arom je odvisen od sestave, strukture živila in načina žvečenja. Poznavanje vezave hlapnih komponent na komponente živil, njihova porazdelitvena razmerja med različnimi fazami in strukturno organizacijo živil so zelo pomembni za aromatiziranje prehranskih izdelkov, pri ugotavljanju zadrževanja arom med predelavo, skladiščenjem in žvečenjem.

1.1 NAMEN NALOGE IN DELOVNE HIPOTEZE

Namen naše raziskovalne naloge je bilo ugotoviti kako različne vrste škroba zadržijo naravno identične komponente jagode. Zanimalo nas je tudi kakšen vpliv ima temperatura na sproščanje hlapnih komponent.

Škrob se uporablja kot zgoščevalno sredstvo in pričakujemo, da bodo različne vrste škroba pri temperaturah (30 °C in 60 °C) različno zadrževale hlapne (aromatske) komponente jagodne arome.

2 PREGLED OBJAV

2.1 HIDROKOLOIDI

Uporaba hidrokoloidov je v živilstvu že zelo razširjena, še posebej v tehnologijah, pri katerih nastajajo problemi z razslojevanjem izdelka oziroma večjo vsebnostjo vode. Nove tehnologije proizvodnje nizkokaloričnih živil z manj maščob in nižjo vsebnostjo sladkorja narekujejo uporabo hidrokoloidov, modificiranih ogljikovih hidratov in proteinov, s pomočjo katerih dosežemo primerne reološke lastnosti omenjenih živil (Abramovič in Klofutar, 1998). S pomočjo teh dodatkov spreminjamo reološke lastnosti živila, vplivamo pa tudi na prehransko vrednost živila (Alves in sod., 1999).

Hidrokoloidi so velika skupina polimerov naravnega izvora, ki dajejo z vodo močno viskozne raztopine ali gele. Kemijsko so polisaharidi ali proteini. V živilstvu se uporabljajo kot aditivi (Kač, 1999).

Živilski aditiv je vsaka snov, ki se normalno ne uporablja kot živilo in ne predstavlja običajne, tipične sestavine živila, ne glede na to ali ima hranilno vrednost, ali ne, se pa namensko dodaja živilu iz tehnoloških, vključno organoleptičnih razlogov v fazi proizvodnje, pakiranja, transporta, in shranjevanja ter ima neposredne ali posredne učinke delovanja na živilo (Adamič, 1994).

2.1.1 Splošne značilnosti hidrokoloidov

Hidrokoloidi imajo na reološke lastnosti vodnih sistemov praviloma bistveno večji vpliv kot sintetični polimeri s podobno velikimi molekulami, saj so zanje značilne večje sile med molekulami topljenca in molekulami topila. Ker vsebujejo veliko število polarnih skupin, predvsem hidroksilnih, se molekule vode s pomočjo vodikovih vezi močno vežejo nanje (Kač, 1999).

V živilstvu se hidrokoloidi uporabljajo predvsem zato, ker vežejo vodo in tako strukturno spremenijo medij, v katerem so dispergirani (raztopljeni). Spremembe na molekularnem nivoju se odražajo kot sprememba mehanske lastnosti sistema (Kač, 1999).

Glede na strukturo hidrofilnih polimerov in njihovo koncentracijo se oblikujejo različna strukturna stanja polimernih disperzij. Tako ločimo:

- razredčene polimerne raztopine,
- šibke gele,
- mikrogele in
- močne gele (Zupančič in Žumer, 2001).

Funkcionalne lastnosti hidrokoloidov so:

- zgoščevanje,
- tvorba suspenzije,
- želiranje,
- stabiliziranje in
- nadomeščanje maščobe (Česen, 1994).

2.1.2 Izvor in uporaba hidrokolidov

Hidrokolidi so naravni polimeri rastlinskega, živalskega, mikrobnega ali morskega izvora. Njihova uporaba v živilstvu je zelo razširjena (preglednica 1). Pomembni so tako pri tehnologijah, kjer se pojavljajo problemi z razslojevanjem izdelka oziroma večjo vsebnostjo vode, kot tudi v izdelkih, pri katerih želimo poudariti manjšo hranilno vrednost ob nezmanjšani prehranski vrednosti (Hribar in Gobec, 1999).

Preglednica 1: Viri pomembnejših hidrokolidov in njihova uporaba (Česen, 1994; Hribar in Gobec, 1999)

IZVOR	HIDROKOLOIDI	VIR	ŽIVILO
RASTLINSKI	derivati celuloze	celične stene rastlinskih celic	zamrznjeni deserti
	pektin	rastlinsko tkivo	marmelade, želeji
	modificirani škrobi	pšenica, koruza, riž, krompir	pudingi, mlečni deserti, prelivni za peciva
	guar guma	seme grma <i>Cyamopsis tatra</i>	sladoledi, nadomestek maščobe v majonezah
	guma arabika	drevesni eksudat	slaščičarstvo, pekarstvo
ŽIVALSKI	želatina	živalsko vezivno tkivo (kolagen)	žele bonboni, sladoledi, juhe, sadni sokovi
MIKROBNI	ksantan	fermentacija bakterije <i>Xanthomonas campestris</i>	pekarstvo, sokovi
MORSKI	alginati	rjava alga	marmelada, pudingi, sladoled, majoneza
	karagenan	rdeča alga	mlečni izdelki, pudingi

Negativni vplivi so omejeni le na nekatere hidrokoloide (tragakant, karagenan), ki se zato vse manj uporabljajo. Pri nekaterih so možne tudi alergične reakcije še posebej v povezavi z drugimi alergeni. Skoraj pri vseh pa nastopijo prebavne motnje, če jih zaužijemo v pretirani količini.

Kljub nekaterim pomanjkljivostim hidrokolidov obstajajo ob njihovi zmerni uporabi precejšnje prehranske prednosti, ki pospešujejo njihovo uporabo v živilski industriji. S pomočjo različnih interakcij med posameznimi sestavinami živila in hidrokolidi lahko izdelamo celo paleto izdelkov z različnimi odtenki, viskoznosti, elastičnosti, prosojnosti in trdnosti (Shirakawa in sod., 1998).

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

2.1.3 Hidrokolidi kot zgoščevalci

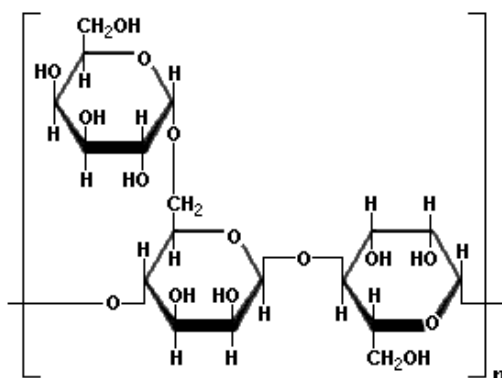
Hidrokolidi, ki so tipični zgoščevalci, tvorijo z vodo zelo viskozne raztopine. Polimerne verige zgoščevalcev so povezane med seboj le s šibkimi, nestabilnimi vezmi in ne oblikujejo močne in toge tridimenzionalne strukture. Makromolekule v raztopini vežejo (imobilizirajo) veliko vode. Na viskoznost medija vpliva tako molekulska teža polimera, kot tudi oblika molekule (Kač, 1999).

2.1.4 Hidrokoloidi kot želirna sredstva

Hidrokoloidi, ki tvorijo relativno močne vezi med makromolekulskimi verigami, so učinkovita želirna sredstva. V gelu so makromolekule hidrokoloida povezane v bolj ali manj stabilno prostorsko strukturo. Nekatera področja so absolutno strukturno urejena (krajši odseki s strukturo dvojnih vijačnic), večji deli pa so precej bolj neurejeni in povezani med seboj z molekulami vode preko funkcionalnih skupin (vodikovih vezi). Trdnost in temperaturna obstojnost gela sta določeni s pogostnostjo, velikostjo in trdnostjo povezave urejenih delov strukture (Kač, 1999).

2.1.5 Guar »guma«

Pridobiva se iz semena rastline guar. Guar je sestavljen iz β -1,4-D-manopiranozil in iz α -D-galaktopiranozil entot, ki sta povezani z α (1 \rightarrow 6) vezmi. Razvejanost nastaja na vsaki drugi manozni enoti polisaharida. Spojina ima molekulsko maso \approx 200 000 in tvori zelo viskozne raztopine pri nizkih koncentracijah. Raztopine z 2-3 % guar gume želirajo (Batič, 2001).



Slika 1: Strukturna formula guar gume (Zamora, 2005)

Funkcionalne lastnosti: Razmerje galaktoza:manozna je v guar gumiju 1:2. Stranska veriga v galaktomananu omogoča penetracijo vode med molekule in tako povečuje topnost molekul polisaharida. Galaktomanani ne tvorijo gelov, kot npr. pektin ali alginati, ampak zelo viskozne raztopine, ki so zelo stabilne pri uporabi strižnih sil, npr. mešal, mlinov in drugih naprav, ki razbijejo gele želirajočih hidrokolooidov.

Uporaba: Uporabljajo se za stabilizacijo sladoleđov, v nizkokaloričnih majonezah pa lahko guar v kombinaciji s ksantanom uspešno nadomesti odsotnost maščobe (Hribar in Gobec, 1999).

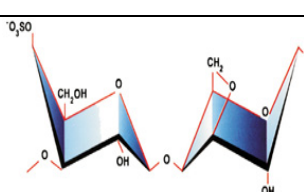
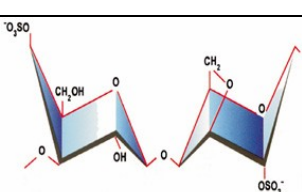
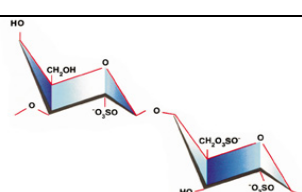
2.1.6 Karagenan

Karagenan se pridobiva z ekstrakcijo iz različnih vrst rdečih alg iz rodu *Rhodophyceae*. Je hidrokolooid, sestavljen iz kalijevih, magnezijevih in kalcijevih sulfatnih estrov galaktoze in 3,6 anhidro galaktoze, med seboj povezanih z glikozidno vezjo. Različni tipi: kapa, lambda in jota se med seboj ločijo po številu in položaju sulfatnih skupin, ki določajo njihove

fizikalne lastnosti. Karagenan je vedno zmes vseh treh tipov, kapa, jota in lambda karagenana, vendar govorimo o tisti obliki, ki je v zmesi prevladujoča (Hribar in Gobec, 1999).

Uporaba: Karagenani izboljšujejo teksturne lastnosti živilskih izdelkov. Imajo afiniteto za vezanje proteinov, kar se v živilstvu izkorišča npr. za stabilizacijo proteinov v čokoladnem mleku in suspendiranje čokoladnih delcev (Batič, 2001).

Preglednica 2: Fizikalne lastnosti karagenana (Ceamsa carrageenan, 2002)

	Kapa	Jota	Lambda
Struktura molekule			
3,6 anhidro galaktoza	Da	Da	Ne
Vsebnost SO₄	25 %	35 %	40 %
Topnost			
Vroča voda	Topen pri 70 °C	Topen pri 70 °C	Topen
Hladna voda	V Na ⁺ soleh topen, v Ca ⁺⁺ in K ⁺ soleh netopen	V Na ⁺ soleh topen	Topen
Vroče mleko	Topen	Topen	Topen
Hladno mleko	Netopen	Netopen	Zgosti se
Želiranje			
Najmočnejši gel tvori z	K ⁺ ioni	Ca ⁺ ioni	Ne tvori gela
Stabilnost			
Nevtralni pH in alkalni pH	Stabilen	Stabilen	Stabilen
Kislji pH	Hidrolizira v vroči raztopini, stabilen v obliki gela	Hidrolizira v vroči raztopini, stabilen v obliki gela	Hidrolizira

2.1.7 Modificirani škrobi

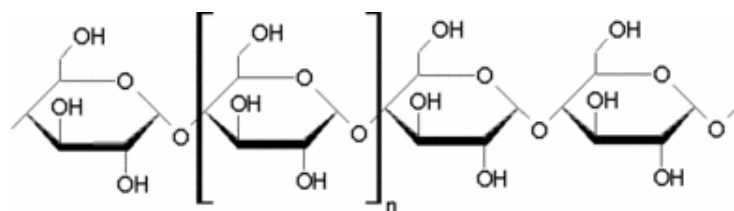
Modificirane škrabe pridobivamo iz ustreznih nativnih škrobov (koruzni, voščeni koruzni, krompirjev, pšenični, rižev, tapioka in drugi). Škrob se nahaja v obliki v vodi netopnih zrn, katerih velikost in oblika je odvisna od posamezne rastline. Vsi škrobi pa so sestavljeni iz dveh molekul - amiloze in amilopektina.

Škrob se v rastlinah nahaja skupaj z ostalimi sestavnimi elementi kot so beljakovine, lipidi, vlaknine, voda in ostale organske in anorganske komponente. Od drugih sestavin se škrob loči po dveh lastnostih, ki sta osnova za njegovo separacijo. Škrobna zrnca so manjša od ostalih komponent, hkrati pa imajo zelo visoko gostoto. Po posebnem postopku mletja, čiščenja in sušenja ima pridobljeni nativni škrob omejeno stabilnost v pogojih, ki jih določajo moderni postopki priprave hrane. Da bi dosegli boljšo stabilnost in rezistenco,

nativni škrob na različne načine modificirajo za uporabo v posameznih proizvodih (Hribar in Gobec, 1999).

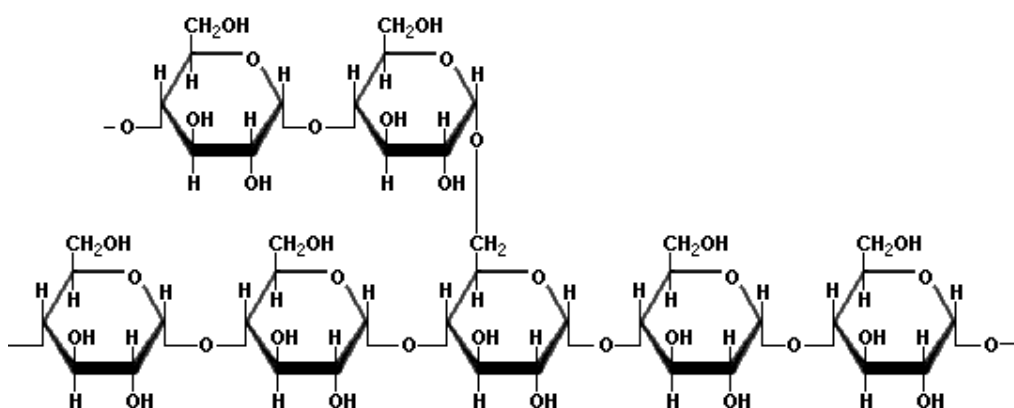
Kemijska sestava škroba:

Amiloza je linearna molekula sestavljena iz glukoznih enot, med seboj povezanih z α -1,4 glikozidno vezjo. Stopnja polimerizacije je nekaj 100 do 10.000, kar daje molekulsko težo 10^4 - 10^6 .



Slika 2: α -1,4 glikozidne vezi amiloze (What is Starch?, 2005)

Za razliko od amiloze vsebuje amilopektin na vsakih 20-26 glukoznih enot z α -1,6 vezjo vezano enako stransko verigo, kar mu daje razvejano strukturo. Stopnja polimerizacije je večja kot 50.000, kar daje molekulsko težo 10^7 ali več. S tem je amilopektin eden največjih naravnih polimerov (Tester in Karkalas, 2003).



Slika 3: α -1,4 in α -1,6 glikozidne vezi škroba (Zamora, 2005)

Za različna razmerja med obema polisaharidoma so odgovorni različni encimski sistemi v posameznih rastlinah, ki ju sintetizirajo. Razmerje amiloza/amilopektin je v koruzi 25:75, v voščeni koruzi (waxy corn) 1:99, v krompirju 20:80, v pšenici 25:75, v rižu in tapioki 17:83 (Thomas in Atwell, 1999).

Uporaba: Nativne in modificirane škrobe je potrebno segreti, da bi lahko škrobna zrnca nabrekli. Stopnja nabrekanja je odvisna od časa, temperature, kislosti in strižnih sil v procesu. Bolj ko škrobna zrnca nabreknejo, večji sta viskoznost in bistrost raztopine in stopnja retrogradacije po kuhanju. Namen kuhanja škroba je doseči optimalen izgled, teksturo, viskoznost in stabilnost. Tradicionalno se škrob uporablja v pudingih, mlečnih desertih, prelivih za peciva in drugih izdelkih (Hribar in Gobec, 1999).

2.1.7.1 Tipi modifikacij pri škrobu

Najbolj osnoven tip modifikacije škroba je obdelava nativnih škrobov z majhnimi količinami dovoljenih kemijskih reagentov. Kemijska modifikacija spremeni delovanje škroba. Kemijska modifikacija škroba je običajno izvedena v tekočem mediju. Suspenzija škroba v vodi je obdelana s kemijskimi reagenti pri primerni temperaturi in pH-ju. Ko je reakcija končana, uravnamo pH škroba na ustrezen pH in ga prečistimo z vodo, da odstranimo nečistoče. V večini primerov je uspešnost derivatizacije 70 % ali več.

- **KEMIJSKA MODIFIKACIJA**

Konverzija

Metode konverzije obsegajo kislno hidrolizo, oksidacijo, dekstrinizacijo in encimsko konverzijo. S konverzijo lahko znižamo viskoznost osnovne surovine, povečamo topnost v vodi, reguliramo jakost gelov ali modificiramo stabilnost škrobov.

Substitucija

Substitucija je proces, kjer ena reaktivna skupina reagira s škrobnimi polimerami, spremeni se struktura produkta in reološke lastnosti. S tem dosežemo inhibicijo retrogradacije, poleg tega pa še preprečevanje kosmičenja in želiranja, znižanje temperature zaklejitve, povečanje viskoznosti, izpopolnitev koloidnih lastnosti.

Zamreženje

Zamreženje je reakcija dveh ali več reaktivnih skupin s hidroksilnimi skupinami škroba. Prednost zamreženih škrobov je povečanje rezistence na daljše kuhanje in druge proizvodne pogoje kot sta temperatura in pH (Thomas in Atwell, 1999).

- **FIZIKALNA MODIFIKACIJA**

Škrobne molekule se lahko obdeluje tudi s fizikalnimi metodami. Te metode povzročijo nabrekanje škroba in s tem oblikovanje visoke viskoznosti v t.i. instant izdelkih. Pri fizikalni modifikaciji pride do fizikalnih sprememb gela in izboljšanja lastnosti nabrekanja v mrzli vodi za instant izdelke. Pri tem se spremeni velikost škrobnih granul, kar izboljša topnost in hidratacijo (Thomas in Atwell, 1999).

2.2 ŽELIRANJE ŠKROBA

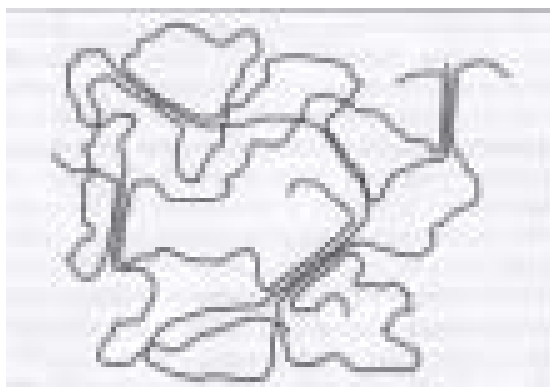
Želiranje škroba pomeni izgubo polarnosti in hkrati začetek nabrekanja ter s tem irreverzibilne spremembe. Mehanske lastnosti gelov so močno odvisne od glavnih komponent surovine in tako k tvorbi gela prispeva v glavnem amiloza (Autio in sod., 1992).

Temperatura želiranja je razpon temperature (koruza 62-80 °C, voščena koruza 63-72 °C, pšenica 52-85 °C, krompir 58-65 °C, tapioka 52-65 °C) pri kateri škrobna zrnca začnejo nabrekati, izgubljati kristalnost in povečajo viskoznost kuhanega medija.

Za želiranje je značilno:

- sprememba molekularne ureditve,
- odvisno je od temperature in vlažnosti,
- je irreverzibilno,
- najprej naraste velikost škrobnih zrn,
- poveča se viskoznost oziroma učvrsti se raztopina,
- razlikuje se od pogojev kuhanja (pH, soli) in
- razlikuje se glede na tip zrn (botaničen izvor) (Thomas in Atwell, 1999).

Trdnost gela je določena predvsem s pogostostjo, velikostjo in trdnostjo povezave urejenih delov, od teh istih lastnosti je odvisna tudi temperaturna obstojnost gela. Želiranje poteka v dveh stopnjah, najprej moramo želirno sredstvo dispergirati (raztopiti) v disperznem mediju, nato pa sprožimo postopek želiranja bodisi z ohlajevanjem ali z dodatki, ki pospešijo (sprožijo) reakcijo zamreževanja gela (npr. dvovalentni ioni kovin) (Kač, 1999).



Slika 4: Struktura gela (Abramovič, 2004:29)

Na sliki vidimo dele vzporednih polimernih verig, ki predstavljajo urejeno, z različnimi interakcijami stabilizirano strukturo. V vmesnih luknjah se nahaja tekoča faza, ki jo sestavlja voda z deli polimer in drugih topljencev. Fizikalne lastnosti gelov, kot npr. trdnost, elastičnost, drobljivost itd. so močno odvisne od vrste hidrokoloida (Abramovič, 2004).

2.3 JAGODE

Zaradi barve, arome, in prijetnega okusa so jagode zelo priljubljeno sadje. Sodobni načini pridelovanja omogočajo večjo oskrbo s svežimi jagodami, kar v zadnjih letih ugotavljamo tudi na trgu.

Plod jagode je izjemnega okusa in vonja. Dober okus dajo plodu visoke vsebnosti sladkorjev in razmeroma visoka vrednost kislin. Če je razmerje med sladkorji in kislinami porušeno, dobimo jagode kislega ali medlega okusa. Jagode so brez okusa, če primanjkuje sladkorjev in kislin (Mozetič, 1998).

Jagode imajo veliko vitaminsko vrednost predvsem zaradi velikih količin vitamina C, ki ga vsebujejo največ za črnim ribezom. Da bi odrasel človek zadostil dnevni potrebi po vitaminu C, to je 75 mg, je dovolj že 5 do 6 jagod. Ker pri jagodah jemo z omesenelim cvetiščem tudi semena, imajo plodovi povečano količino balastnih snovi, to pa spodbuja prebavo. Nekateri ljudje so alergični na plodove jagod, posamezniki pa celo na liste (Koron, 1997).

Preglednica 3: Povprečna sestava svežih jagod in jagodnega soka (Kerin, 1988:114; Souci in sod., 2000: 908)

Koncentracija komponente /100 g		Jagode	Naravni jagodni sok
Enegijska vrednost	kJ	150	110
Voda	g	90	92
Beljakovine	g	0,8	0,2
Maščobe	g	0,4	-
Minerali	g	0,5	-
Organske kisline	g	1,05	-
Ogljikovi hidrati	g	7,5	5,4
- enostavni sladkorji	g	4,5	5,1
- dvojni sladkorji	g	0,9	0,1
- škrob	g	-	-
- surova vlakna	g	1,3	-
Vitamini			
- vitamin A	mg	-	-
- beta karotin	mg	0,0083	-
- vitamin B ₁	mg	0,03	-
- vitamin B ₂	mg	0,054	-
- vitamin B ₆	mg	0,06	-
- vitamin C	mg	60	15
- vitamin E	mg	0,22	-
- vitamin K	mg	0,0055	-
Mineralne snovi			
- kalcij	mg	26	-
- fosfor	mg	23	-
- železo	mg	0,96	-
- kalij	mg	150	-
- magnezij	mg	15	-

2.3.1 Zorenje jagod

Zorenje je po definiciji skupek fizikalno-kemijskih sprememb karakterističnih za vsako sadje. Te spremembe ponavadi vključujejo spremembe v barvi, ki je posledica razgradnje obstoječih pigmentov, in teksturne spremembe, ki povzročajo mehčanje plodov. Med zorenjem se izoblikujeta tudi izrazit okus in aroma, kar vpliva na okusnost plodu (Mozetič, 1998).

Abeles in Takeda (1990) pravita, da je jagoda neklimakterijsko sadje, katerega zorenje spremlja mehčanje, sinteza antocianov in okusa ter znižanje kislosti in porast sladkorjev. Med zorenjem jagod narašča proizvodnja hlapnih komponent, ki prispevajo k aromi in okusu. Acetaldehid je naravna aromatska komponenta skoraj v vsakem sadju, med zorenjem se kopiči in koncentracija hlapov acetaldehida spreminja proces zorenja in na ta način vpliva tudi na kakovost sadja.

2.3.2 Notranja kakovost jagod glede na tehnologijo pridelave in stopnjo zrelosti

Visoko kakovostne sorte, sicer odličnega okusa in arome, imajo lahko zaradi neprimerne tehnologije, ki vključuje pretirano gnojenje ali neustrezno razmerje hranil, slabši okus plodov in so lahko brez arome. Tudi pomanjkanje vode ob sočasno visokih temperaturah lahko povzroči padec kakovosti zaradi prisilnega dozorevanja plodov, kar ne omogoča zadostne sinteze sladkorjev, organskih kislin in aromatskih spojin. Pri pretiranem namakanju pa je koncentracija celičnega soka manjša, kar zopet vodi do slabšega okusa.

Rezultati kemijskih analiz, ki so jih opravili Šturm in sod. (2005) potrjujejo domnevo, da se v zadnji fazi zorenja plodov poleg vidnih znakov (barva, oblika in masa plodov) pri jagodi pomembno spreminja tudi notranja kakovost. Na prehodu plodov iz tehnološke v popolno zrelost se spremembe dogajajo predvsem v smeri večje vsebnosti kislin in manjše vsebnosti sladkorjev. Določitev vsebnosti pomembnih kemičnih snovi v plodovih ter razmerja med njimi je odločilnega pomena za določitev splošne kakovosti sadja.

Sončni dnevi in hladne noči boljboljšajo okus kakor oblačni in vlažni dnevi in tople noči. Neustrezna intenzivnost svetlobe zmanjša količino askorbinske kisline, pH, barvo in suho snov. Preveč dušika poslabša okus, količino skupnih kislin in suho snov. Stopnja zrelosti ob obiranju in poobiralne tehnologije močno vplivajo na kakovost plodov. Jagode morajo biti obrane v polni zrelosti ali tik pred začetkom polne zrelosti (Koron, 1997).

2.4 AROMA JAGOD

Okus in vonj jagod sta pomembni sestavini kvalitete, ki vplivata na sprejemljivost pri kupcih. Kakovost in uporabno vrednost jagod poleg vsebnosti sladkorja, organskih kislin in drugih sestavin določajo hlapne (aromske) snovi, ki nastajajo in se izločajo med zorenjem. Arome nastajajo med relativno kratko periodo zorenja, ko se metabolizem spreminja v katabolizem in hlapne snovi nastajajo iz osnovnih sestavin rastline (ogljikovi hidrati, lipidi, proteini) pod genetsko kontrolo (Perez in sod., 1992).

Hlapne snovi obranih jagod predstavljajo spekter kemičnih spojin. To so estri, aldehidi, alkoholi, kisline, ketoni in tudi žveplove spojine, ki so prisotne v majhnih količinah, vendar dajejo svojstven in pomemben pečat aromi jagod. V aromi jagod so identificirali več kot 200 hlapnih komponent (Seymour in sod., 1993, cit. po Mozetič, 1998).

Komponente, ki predstavljajo vonj jagod, morajo biti seveda hlapne, da bi dosegle vonjalne receptorje v nosu. Njihova hlapnost pa ni v direktni povezavi z intenziteto ali karakterjem vonja. Kakšno kemično strukturo mora imeti določena molekula, da povzroči specifičen vonj, še ni dobro pojasnjeno (Frim, 2003).

Medtem ko količina in vrsta sestavin arome variira med sortami, je med njimi le nekaj takih, ki so specifične za aromo jagod. Sem spadajo furanol (2,5-dimetil-4-hidroksi-3(2H)-furanon), etil heksanoat, metil butanoat, linalol in metil heksanoat (Miszcak in sod., 1995).

Hlapne snovi, ki se tvorijo v obranih produktih, se lahko zaradi pred- in po-obiranih dejavnikov spremenijo. Ti dejavniki so lahko kultivar, zrelost, sezona, ravnanje s plodovi, skladiščenje in umetno zorenje.

Zgodnje obiranje negativno vpliva na sintezo hlapnih snovi pri mnogih vrstah sadja, določen vpliv na sintezo hlapnih snovi pa ima tudi čas in pogoji skladiščenja. Miszcak s sod. (1995) pravi, da nezrelo obrane jagode lahko razvijejo pravo aromo po obiranju, med skladiščenjem. Vendar količina izločenih hlapnih snovi ne bo nikoli dosegla tiste, ki jo po obiranju izločijo zrelo obrane jagode.

Perez s sod. (1992) je v polno zrelih jagodah kultivarja Chandler določila skupno 24 komponent arome. 2,5-dimetil-4-hidroksi-3(2H)-furanona zaradi nestabilnosti niso uspeli določiti, od žveplovih spojin pa so našli le dimetil sulfid. Med hlapnimi komponentami so prevladovali etilni estri, kar 60 % jih je bilo v zrelih jagodah. Glavna predstavnika sta bila etil butanoat in etil heksanoat. Metilni estri so predstavljali pri tej sorti 25 % vseh estrov, nasprotno pa so jagode sorte Kent, v drugi raziskavi, ob obiranju vsebovale kar 93 % metilnih estrov (Miszcak s sod., 1995). Po 4 dneh skladiščenja na 15 °C se je v teh jagodah razmerje med metil/etil estri spremenilo; delež etilestrov je narasel iz 7 % na 44 %.

Preglednica 4: Imena komponent in tipa arome, ki jih komponente doprineajo k celokupni aromi in koncentracije komponent v jagodah ter spodnji prag zaznave (Oraš Lemič, 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
Izoamil 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 butanoat	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 aldehyd	Močna, sladka, vonj po pomarančnem olupku, citrus	0,1	0,75	7500
1-okten-3-ol	Zelo močna, sladka, po gobah	1	0,03	25
Metil 2-metilbutirat	Sadna, sladka, jabolčna, jagoda, ananas	0,25	0,08	320

V preglednici 4 so zbrani podatki o najdenih količinah ter pragovi zaznav posameznih komponent. V koloni FLAVOR UNIT je podano razmerje najdena količina/prag zaznave, ki dejansko pove ali je najdena 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, ki ga daje posamezna komponenta (sadna, jagodna, jabolčna, sladka...).

Savary s sod. (2006) je proučeval 17 različnih hlapnih komponent jagodne arome, med katerimi je bilo možno določiti porazdelitveni koeficient le devetim (te so tudi prikazane v preglednici 5). Glavni razlog, da ne moremo določiti vseh komponent, je nizka hlapnost le teh in zato jih analiza nadprostora ne zazna.

Preglednica 5: Sestava jagodne arome in fizikalno-kemijske karakteristike aromatskih komponent (Savary in sod., 2006:374)

Komponente	Hidrofobnost (logP)	Topnost (g/l)	% (w/w) v aromi
Etil acetat	0,73	82,00	1,79
Diacetil	-1,80	-	0,43
Etil butirat	1,80	5,65	2,72
Heksanal	1,80	2,60	0,10
Limonen	4,57	0,01	0,22
Etil heksanoat	2,80	0,49	2,24
Cis-3-heksenol	1,61	-	2,37
Etil oktanoat	3,83	4,01	0,11
Linalool	2,91	2,60	0,19

Iz preglednice 5 lahko vidimo, da je diacetil hidrofilna aromatska komponenta, medtem ko so ostale komponente bolj hidrofobne. Če primerjamo topnost posameznih komponent, so razlike očitne: etil acetat je bistveno bolj topen kot limonen.

Po raziskavah, ki so jih opravili Seuvre in sod. (2006), pa predstavlja diacetil najbolj topno komponento v vodi. Ta diketon lahko ustvari interakcije z vodnimi molekulami, kot so: H-vezi in Van der Waalove interakcije. Etil heksanoat pa predstavlja najšibkejšo v vodi topno komponento.

2.5 PORAZDELITVENI KOEFICIENT

Arome prehranskih produktov kot tudi senzorično zaznavanje aromatskih komponent je odvisno od tega, kako so komponente porazdeljene med produktom in plinsko fazo. S pomočjo različnih študij na modelnih sistemih so ugotovili, da polisaharidi omogočajo zadrževanje aromatskih komponent, bodisi s povečanjem viskoznosti v matriksu ali z molekularnimi interakcijami aromatskih komponent (Guichard, 2002).

Porazdelitveni koeficient K opisuje porazdelitev hlapnih komponent med produktom (gelom) in plinsko fazo:

$$K = \frac{C_p}{C_g} \quad \dots(1)$$

kjer je C_p , masna oz. molarna koncentracija hlapnih komponent s pomočjo analize nadprostora in C_g , masna oz. molarna koncentracija hlapnih komponent v matriksu prehranskih izdelkov. Porazdelitveni koeficient je lahko merjen s statičnimi ali dinamičnimi analizami nadprostora.

2.6 PRAVILNIK O AROMAH

Da bi preprečili potvorbe in nepravilnosti pri uporabi arom obstajajo zakonske določbe Slovenske zakonodaje (Pravilnik o aromah, 2001).

Po tem pravilniku (3.člen) so arome aromatične snovi, aromatični pripravki, procesne arome, arome dima in njihove mešanice, ki se dodajajo živilom z namenom dodajanja vonja in okusa. Arome niso namenjene za neposredno uživanje.

Izrazi v tem pravilniku imajo naslednji pomen (4.člen):

- (a) aromatične snovi so kemične spojine z aromatičnimi lastnostmi, ki se glede na način pridobivanja razvrščajo v:
 - (a1) 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);
 - (a2) 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;
 - (a3) umetne aromatične snovi, ki so pridobljene s kemično sintezo in niso kemično enake snovem, ki so naravno prisotne v surovinah rastlinskega in živalskega izvora kot določa točka a1 tega člena;
- (b) aromatični pripravek je izdelek, ki se razlikuje od naravnih aromatičnih snovi iz točke a1 tega člena in ne glede na to, ali je zgoščen ali ne, ima lastnost naravnih arom;
- (c) 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;
- (d) aroma dima je izvleček dima, ki se uporablja v običajnih postopkih za prekajevanje živil.

2.7 OHRANJEVANJE AROMATSKIH KOMPONENT V PREHRANSKIH IZDELKIH

V prehranskih izdelkih imamo kompleksne produkte, ki vsebujejo hlapne in nehlapne komponente z različnimi strukturami. Med samim procesom proizvodnje se lahko naravno prisotne aromatske komponente uničijo, spremenijo ali pa se lahko pojavijo nove komponente. Za ohranjanje naravnih aromatskih komponent se le te lahko dodajajo med samo proizvodnjo ali na koncu proizvodnega procesa. Aroma v prehranskih izdelkih je odvisna od ravnotežja med različnimi hlapnimi komponentami in njihovimi koncentracijami. Aroma pa je tudi odvisna od sestave prehranskega matriksa (Seuvre in sod., 2006).

Škrob in na škrobu bazirane sestavine (modificirani škrobi, maltodekstrini, itd.) se veliko uporabljajo v prehranski industriji za zadrževanje in zaščito hlapnih komponent. Lahko se uporabljajo kot nosilci aromatskih komponent, maščobni nadomestki in stabilizatorji emulzij. Nove raziskave so omogočile uporabo škrobnih materialov z mikroporami z namenom izboljšati zadrževanje arom (Thomas in Atwell, 1999).

Interakcije med aromatskimi komponentami in komponentami prisotnimi v prehranskih izdelkih imajo pomembno vlogo pri zaznavanju arome. Poznavanje teh interakcij je koristno za izboljšanje arome v prehranskih izdelkih. Ogljikovi hidrati, predvsem škrob, so prisotni v večini izdelkov, ki vsebujejo majhno količino vode, kot npr. žitni izdelki oziroma kosmiči (Goubet in sod., 1998).

Kemijska narava aromatskih komponent, sestava in struktura prehranskih izdelkov so najpomembnejše karakteristike, ki vplivajo na prenos in sproščanje aromatskih komponent znotraj izdelkov. Običajno so prehranske matrike večfazne, saj vsebujejo tekočo, trdno in plinsko fazo. Porazdelitev aromatskih komponent znotraj prehranskih izdelkov je odvisna od afinitete le-teh do različnih faz in zmožnosti sproščanja v plinski fazi. Različne nehlapne komponente, kot so proteini, lipidi, ogljikovi hidrati in soli, imajo dobro sposobnost ohranjanja aromatskih komponent v prehranskih matrikah (Van Ruth in sod., 2002).

2.8 VPLIV FIZIKALNO-KEMIJSKIH LASTNOSTI NA ZADRŽEVANJE AROME V MATRIKSU

Za zadrževanje aromatskih komponent v prehranskih izdelkih se najpogosteje uporabljajo ogljikovi hidrati. Ohranjanje aromatskih komponent je odvisno od fizikalno-kemijskih lastnosti, in sicer:

- narašča z molekulsko maso,
- upada s polarnostjo in višjo temperaturo matriksa.

2.8.1 Molekulska masa

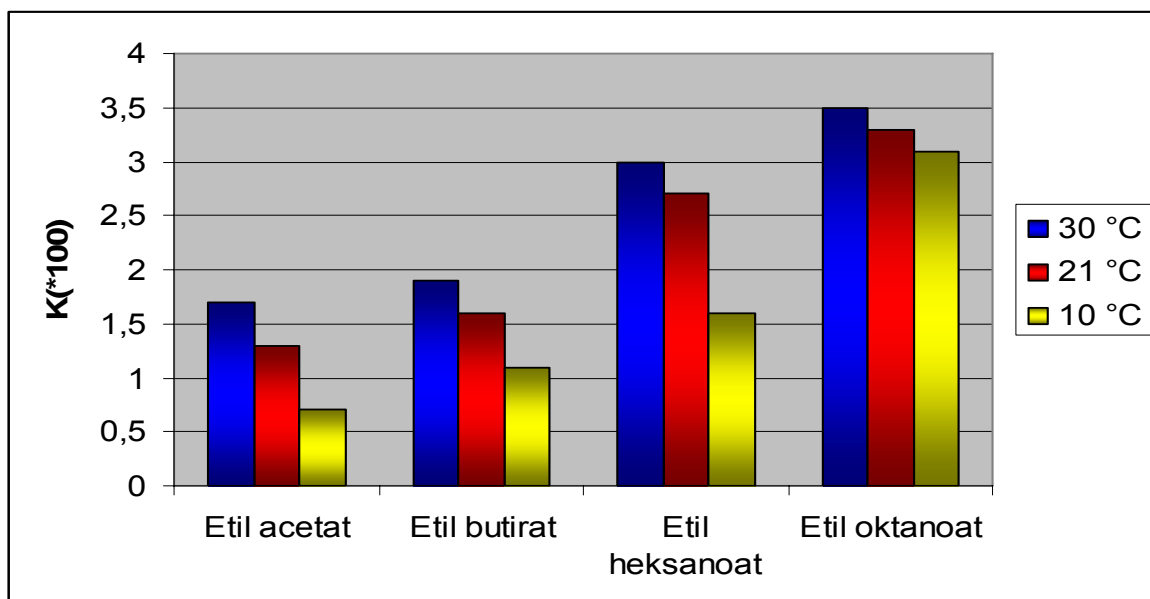
Molekulska masa vpliva na ohranjanje aromatskih komponent v matriksu, in sicer večja je molekulska masa, manjša je izguba hlapnih aromatskih komponent. Veliko raziskav so delali na estrih pri katerih je bil vedno boljši zadrževalec arom etil heksanoat (molekulska masa = 144 g/mol) v primerjavi z etil butiratom (molekulska masa = 116 g/mol) (Rosenberg in sod., 1990).

2.8.2 Temperatura

Savary s sod. (2006) je proučeval vpliv treh različnih temperatur na hlapnost aromatskih komponent. Temperature, pri katerih so delali analize, pa so:

- 30 °C – to je približna temperatura v ustih,
- 10 °C – klasična temperatura industrijskega skladiščenja in
- 21 °C – približna temperatura ohlajenega produkta v ustih.

K (porazdelitveni koeficient) vrednosti estrov pri teh temperaturah so podane na sliki 5. Kot pričakovano rast temperature povzroča tudi povečanje hlapnosti, kar se vidi pri vseh komponentah.



Slika 5: Vpliv temperature (30,21 in 10 °C) na porazdelitveni koeficient pri karagenanu kot nosilcu komponent (Savary in sod., 2006:377)

2.8.3 Polarnost

Zadrževanje hlapnih komponent je odvisno tudi od njihove polarnosti. Bolj ko je komponenta polarna, manjše je zadrževanje arom. Polarne hlapne komponente so bolj topne v vodi in lahko bolj enostavno difundirajo skozi matriks v primerjavi z nepolarnimi spojinami, kar pomeni da se zato tudi slabše ohranjajo oziroma zadržujejo v matriksu (Rosenberg in sod., 1990).

Po raziskavah, ki jih je opravila Jouquand in sod. (2004), je bilo v raztopinah maltodekstrina ohranjanje aromatskih komponent odvisno od hidrofobnosti aromatskih komponent. Z višjo temperaturo (60, 70 in 80 °C) so se te aromatske komponente bolj ohranjale, kar je ravno v nasprotju z raziskavami, ki jih je opravil Savary s sod. (2006) vendar pri temperaturah (10, 21 in 30 °C). V raztopini β -ciklodekstrina pa je rast temperature povzročila različne vplive na stabilnost aromatskih komponent. Na nekatere hidrofobne spojine, kot so heksanal, etil butanoat, 2-oktanon, 2 heptanon in 2 heksanon, temperatura ni imela vpliva na sproščanje arome, ker se hidrofobni del teh molekul vključi v notranjost β -ciklodekstrina. Posebnost je bila polarna komponenta t-2-heksanal, pri kateri se je ohranjanje aromatskih komponent zniževalo s povišano temperaturo. Ta komponenta se lahko zadržuje na zunanji površini β -ciklodekstrina, ki je zmožen s hidroksilnimi skupinami reagirati z t-2-heksanalom s pomočjo H-vezi. Moč vodikovih vezi pa se s povišano temperaturo zmanjšuje, zato se tudi interakcije med t-2-heksanalom in β -ciklodekstrinom pri povišani temperaturi zmanjšajo in s tem tudi zadrževanje arom (Jouquand in sod., 2004).

2.8.4 Kemijske spojine

Rosenberg s sod., 1990 je ugotavljal, kako različne kemijske spojine vplivajo na zadrževanje aromatskih komponent v matriksu. Ugotovili so, da so najboljši zadrževalci arom alkoholi, nato ketoni in estri, aldehidi in nazadnje kisline.

Za aldehide, nenasičene aldehide in alkohole je značilno, da daljša ko je njihova ogljikova veriga in večje ko je vrelišče, boljše je zadrževanje arom, kar je tudi osnovno pravilo pri plinski kromatografiji (Boutboul in sod., 2000).

2.8.5 Vpliv vode

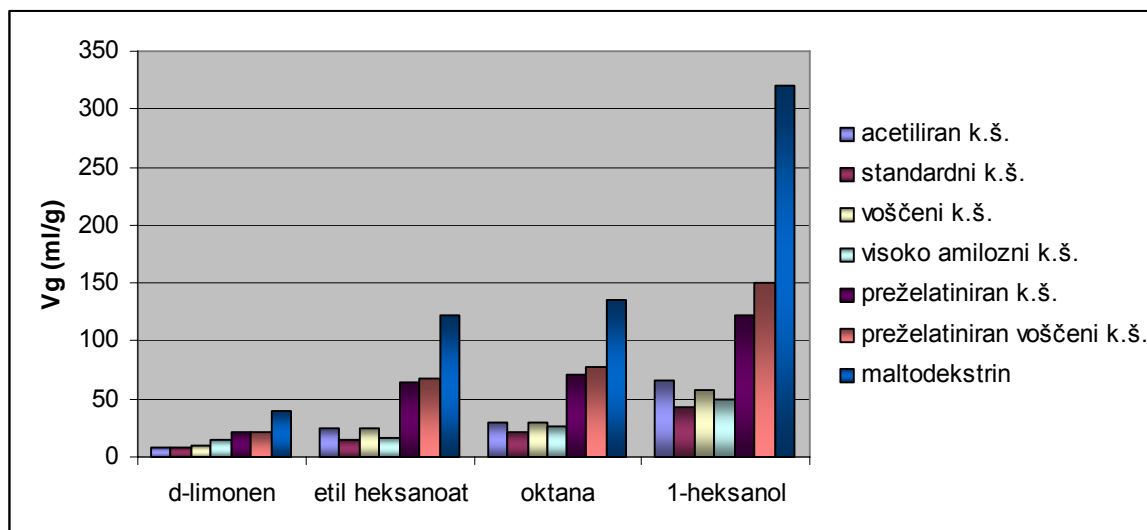
Boutboul s sod. so proučevali vpliv vode na zadrževanje aromatskih komponent na škrobu in sicer pri suhih in vlažnih pogojih. Škrob skladiščen pri suhih pogojih je vseboval 4,5 % vode, medtem ko je škrob skladiščen pri višji relativni vlagi vseboval 10 % vlage. Pri tem so ugotovili, da je specifičen volumen zadrževanja arom večji pri povišani relativni vlagi. Voda ima večji vpliv na komponente, ki se močneje vežejo na škrob. Te komponente predstavljajo močno adsorbcijo na škrobu s tvorbo vodikovih vezi. Prisotnost vode ima velik vpliv na interakcije med aromatskimi komponentami in ogljikovimi hidrati. Voda lahko loči vezi amiloze in tako osvobodi nova mesta na amilozi za fiksacijo molekul, ki vsebujejo polarne spojine. V tem primeru se adsorpcijski pojav veča s prisotnostjo vode. Če je vsebnost vode med 0 in 10 %, je ta močno fiksirana z vodikovimi vezmi na hidroksilne skupine škrobnih makromolekul. Če pa je vsebnost vode v škrobu med 10 in 65 % pa se ostale vodne molekule uspešno vežejo s šibkimi vodikovimi vezmi. Ta delež proste vode pa lahko služi kot topilo za hidrofilne molekule, ki olajšajo njihovo penetracijo v škrobni matriks. Iz tega lahko zaključimo, da je nastanek mnogih vezi odvisen od adsorbcije hlapnih komponent na proste OH- skupine škroba in od difuzije molekul skozi matriks, ki je olajšana s prosto vodo (Boutboul in sod., 2000).

2.8.6 Vpliv nativnega in obdelanega škroba

Različni škrobni materiali različno vplivajo na zadrževanje aromatskih komponent. Boutboul s sod. je leta 2002 proučeval ta vpliv na različno obdelanih škrobih:

- Prva skupina je vsebovala zrnate škrobe, ki je vključevala acetiliran škrob in tri nativne škrobe (standardni, voščeni in visoko-amilozni koruzni škrob)
- Druga skupina je vsebovala preželatirane škrobe (preželatirani standardni in voščeni koruzni škrob)
- Tretja skupina pa je vsebovala maltodekstrin

Kot lahko vidimo na sliki 6 so nativni škrobi pokazali le manjše spremembe glede zadrževanja arom in tudi visoko-amilozni škrob ni imel večjega vpliva. Aromatske komponente so bile najslabše zadržane pri zrnatih škrobih. Če se osredotočimo na eno samo komponento, kot je npr. etil heksanoat, je specifični volumen zadrževanja pri zrnatih škrobih okoli 20 ml/g, medtem ko imajo škrobi ki so izgubili svojo zrnato strukturo večji volumen zadrževanja aromatskih komponent. V našem primeru imajo preželatirani škrobi ($V_g \approx 50$ ml/g za etil heksanoat) in maltodekstrini ($V_g \approx 90$ ml/g). Da ne bi imela voda kakšnega vpliva na zadrževanje aromatskih komponent, je bila analiza izvedena pri suhih pogojih, kar pomeni, da je bila vsebnost vode pri vseh škrobih ($\approx 0\%$) (Boutboul in sod., 2002).



Slika 6: Specifičen volumen zadrževanja aromatskih komponent pri različno obdelanih škrobih (k.š.= koruzni škrob) (Boutboul in sod., 2002:79)

2.9 KOMPETICIJA MED AROMATSKIMI KOMPONENTAMI PRI TVORBI KOMPLEKSOV Z AMILOZO IN AMILOPEKTINOM

Zadrževanje treh aromatskih komponent izoamil acetata, etil heksanoata in linalola na škrobu je bilo merjeno z analizo nadprostora. Proučevali so sisteme, ki vsebujejo standardni in voščeni koruzni škrob z eno ali dvema aromatskima komponentama. Pri tem so tri aromatske komponente reagirale različno: etil heksanoat in linalol sta tvorila komplekske z amilozo, medtem ko izoamil acetat ne tvori kompleksov. Na obeh škrobih so opazovali zadrževanje aromatskih komponent posamezno. Rezultati kažejo, da ima tudi amilopektin vlogo pri zadrževanju arom. V sistemih, ki so vsebovali dve aromatski komponenti, izoamil acetat in linalol, je bilo zadrževanje aromatskih komponent enako ali manjše v primerjavi, če ju dodamo v sistem posamezno. Ta pojav lahko pripišemo tekmovanju aromatskih komponent za vezavo s škrobom. Zadrževanje aromatskih komponent v škrobnih sistemih nam je dalo dodatne informacije, ki potrjujejo, da se interakcije lahko zgodijo ne samo z amilozo, ampak tudi z amilopektinom (Arvisenet in sod., 2002a).

Škrob je ena izmed sestavin v hrani, ki je dobro poznana po svojih sposobnostih tvorbe interakcij. Njegova linearna frakcija, amiloza, je sposobna tvoriti komplekse z organskimi komponentami z nizko molekularno težo. Dolgo časa so se ukvarjali samo z amiloznimi kompleksi, nedavno pa so se začeli ukvarjati z obstojem interakcij, ki vsebujejo molekule amilopektina (Langourieux in Crouzet, 1994).

Da bi ugotovili ali je zadrževanje aromatskih komponent odvisno od vezave amiloze, ali od amiloze in amilopektina, so naredili meritve z voščnim koruznim škrobom, ki je vseboval manj kot 1 % amiloze. Zadrževanje linalola in etil heksanoata je bilo manjše v voščnih koruznih škrobih kot v standardnih koruznih škrobnih gelih, kjer je bila večja vsebnost amiloze. To je bilo tudi pričakovano zaradi njihove večje afinitete do tvorbe kompleksov z amiloznimi verigami (Arvisenet in sod., 2002b). Vseeno pa je bilo zadrževanje aromatskih komponent na voščnih škrobih najmanj 55 %, kar pomeni da te komponente lahko reagirajo tudi z zunanjimi nerazvejanimi verigami amilopektina. Če ni prisotne skoraj nič amiloze, kot npr. v voščnih škrobnih pastah, se lahko linalol in etil heksanoat vežejo tudi z amilopektinom. Izoamil acetat se enako zadržuje v normalnih in voščnih koruznih škrobnih pastah. To si lahko razlagamo z večjo afiniteto te komponente do amilopektina. Pri tej raziskavi so dokazali, da je izoamil acetat, ki ni sposoben tvoriti kompleksov z amilozo, slabše zadržan v škrobnih matrikah, če so dodane komponente, ki so se sposobne vezati z amilozo, saj se pri tem tvorijo kompleksi, ki spremenijo strukturo amiloze in s tem tudi strukturo matriksa. Do kompeticije pride tudi med komponentama, ki tvorita komplekse z amilozo, vendar le pri višjih koncentracijah, medtem ko pri koncentracijah, ki so v živilih, ne pride do kompeticije (Arvisenet in sod., 2002a).

2.10 METODE UGOTAVLJANJA Hlapnih Komponent v Aromatiziranih Matriksih

Vzorčenje s "headspace" metodo (analiza nadprostora) se uporablja v sklopu s plinsko kromatografijo (GC) in plinsko kromatografijo v kombinaciji z masno spektrometrijo (GC-MS) za določanje hlapnih komponent različnih aromatskih matrik. Zadnjih 10 let je posebno zanimanje za "headspace" vzorčenje, zaradi uvedbe tehnike z visoko koncentracijsko kapaciteto (HCC). Prva HCC tehnika je bila mikroekstrakcija na trdni fazi (HC-SPME), ki se je pokazala kot uspešna povezava med statično (S-HS) in dinamično (D-HS) analizo nadprostora, saj je enostavna, reproduktivna in enostavno avtomatizirana kot S-HS in občutljiva kot D-HS (Bicchi in sod., 2004).

2.10.1 Plinska kromatografija- masna spektrometrija (GC-MS)

Plinska kromatografija je danes najbolj razširjena tehnika 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 (trdna, tekoča) in plinsko mobilno fazo. Ker imajo posamezne spojine različne porazdelitvene koeficiente (K), pride do njihove ločbe. Posamezni koeficienti so odvisni od parnega tlaka spojine v mobilni fazi in njihove topnosti v stacionarni fazi. Molekule komponent na poti skozi kolono stalno prehajajo med mobilno in stacionarno fazo. Čim dalj časa je posamezna komponenta v mobilni fazi, tem hitreje se eluira iz kolone ali obratno, čim večja je interakcija posameznih komponent s stacionarno fazo, dalj časa se zadržujejo v koloni. Pri konstantnem temperaturnem programu in pretoku mobilne faze, določajo retencijski čas (t_R) interakcije molekul s stacionarno fazo, ki 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 (Wittkowski, 1993).



Slika 7: Plinski kromatograf

V plinski kromatografiji uporabljamo dve vrsti kolon, polnjene in kapilarne. Danes se predvsem uporabljajo kapilarne kolone, ki so zaradi večje inertnosti, daljše življenske dobe, boljše ponovljivosti in ločljivosti, zamenjale starejše polnjene kolone (Kosec, 2001).

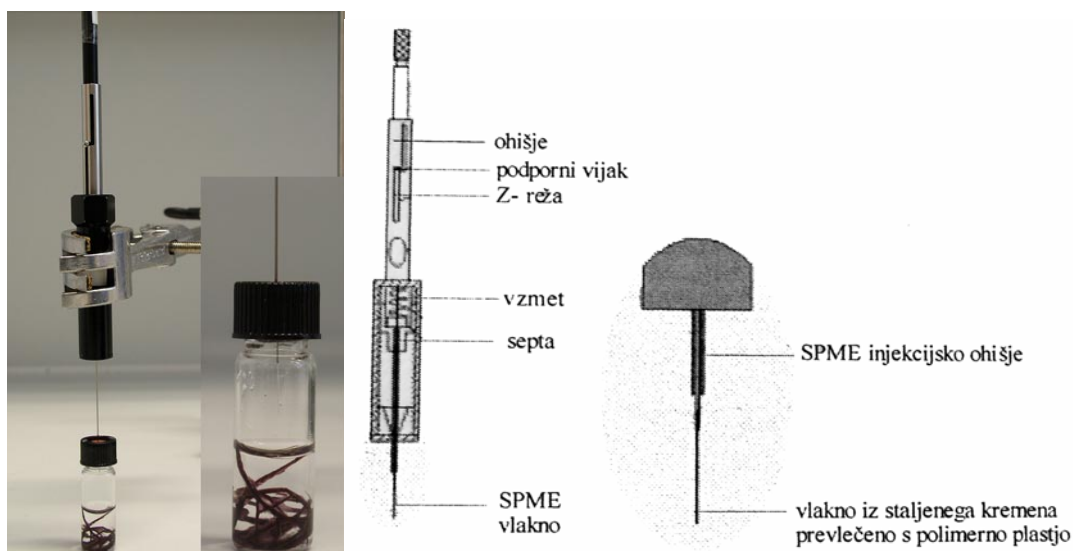
Plinski kromatograf sestavlja poleg injektorja in kolone tudi detektor, s katerim zaznamo komponente, ki jih eluiramo iz kolone s pomočjo mobilne faze. Danes uporabljamo v plinski kromatografiji vrsto različnih detektorjev, detektor na termično prevodnost (*angl.* Thermal conductivity detector, TCD), plamensko fotometrični detektor (*angl.* Flame photometric detector, FPD), detektor na zajetje elektronov (*angl.* Electron capture detector, ECD) ter plamensko ionizacijski detektor (*angl.* Flame ionization detector, FID), ki ga za večino organskih snovi največkrat uporabljamo (Baša, 1999).

Za identifikacijo spojin, ki jih separiramo na koloni, je posebej primerna masna spektrometrija (MS). Pri GC-MS sistemu lahko vsaki od spojin, ki se eluirajo iz kolone, izmerimo masni spekter, ki služi kot podlaga za identifikacijo. Masni spektrometer je instrument, ki ločuje ione v plinski fazi glede na razmerje mase in naboja (m/z) (Kosec, 2001).

2.10.2 Mikroekstrakcija na trdni fazi (SPME)

SPME tehnika se danes pogosto uporablja pri analizi živil, naravnih spojin, arom, v toksikoloških in farmacevtskih analizah telesnih tekočin ter analizi kontaminantov v vzorcih iz okolja. Tehniko sta prvič predstavila Pawliszyn in Arthur v začetku devetdesetih let 20. stoletja (Arthur in Pawliszyn 1990).

Pri analizi hlapnih spojin uporabljamo SPME ponavadi v povezavi s statično ali dinamično analizo nadprostora (analizo plinske faze nad tekočino). Metoda ima pred ostalimi ekstrakcijskimi tehnikami več prednosti: je relativno poceni, hitra, izognemu se uporabi organskih topil in motnjam, ki jih le-te predstavljajo pri kasnejših kromatografskih tehnikah, ne prihaja do modificiranja termolabilnih substanc, prenos vlakna do plinskega kromatografa je hiter in enostaven (Jaillais in sod., 1999). Slabosti metode se izkažejo predvsem pri vzpostavljanju ravnotežja med analitom in polimerno plastjo SPME vlakna, kjer je količina vezanega analita odvisna od njegove relativne afinitete do vlakna, zato dobljen rezultat ni kvantitativen, temveč je le ocena realne koncentracije. Shematski prikaz SPME injekcijske igle predstavlja slika 8.



Slika 8: Shema SPME injekcijske igle (Mindrup in Shirley, 2001)

SPME ni klasična ekstrakcijska metoda, temveč je ravnotežna ekstrakcija (Prosen in Zupančič-Kralj, 1999). Pri tej tehniki se analit porazdeljuje med vzorcem ter polimerno plastjo, ki prekriva vlakno iz staljenega kremenca. Vsaka spojina v vzorcu se obnaša svoji naravi primerno, odvisno od polarnosti, hlapnosti, porazdelitvenega koeficienta, volumna vzorčevalnega medija (volumen vzorca ali plinske faze), temperature in vrednosti pH. Spreminjanje temperature vzorca in s tem spremenjen porazdelitveni koeficient za analit ter tekmovanje med sorbcijo in desorbcijo analita ima velik vpliv na potek ekstrakcije na SPME vlakno (Frank in sod., 2004). Debelina nanosa stacionarne faze na vlakno ter vrsta nanosa vplivata na ekstrakcijo. Na tržišču so dostopna vlakna s 7, 30, 50, 65, 75, 85 in 100 μm nanosom stacionarne faze na staljenem kremenu. Uporaba vlakna z debelejšim nanosom stacionarne faze na vlakno podaljša čas ekstrakcije in poveča količino ekstrahiranih snovi, s čimer izboljšamo občutljivost metode. Tanjša vlakno uporabimo, ko želimo skrajšati čas ekstrakcije.

SPME injekcijska igla je univerzalna, prirejena tako, da lahko z njo prebodemo septum in injiciramo v plinski kromatograf. Tehnika je zaradi svoje enostavnosti primerna za kvalitativno analizo in presejalne teste (*angl.* screening). Kvantitativna določitev je možna z uporabo internega ali zunanega standarda. Ker je mikroekstrakcija na trdi fazi ravnotežna tehnika, moramo strogo in natančno kontrolirati pogoje ekstrakcije (čas, temperatura) med vzpostavitvijo ravnotežja (Povolo in Contarini, 2003).

3 MATERIALI IN METODE DELA

3.1 MATERIAL

Za poizkus smo uporabili 11 hidrokolidov, ki smo jih dobili v Heliosu in jagodno aromo iz Fructala. V preglednici 6 so podani hidrokolidi, njihova uporaba in način modifikacije.

Preglednica 6: Vrsta hidrokolidov, njihova uporaba in način modifikacije (Pristovšek, 2005)

VRSTA HIDROKOLIDA	UPORABA	NAČIN MODIFIKACIJE
AMILOGEL G	Zgoščevalno sredstvo za živila nevtralnega značaja, ki se toplotno obdelujejo. Izdelan je na osnovi koruznega škroba.	specialni amilo pektinski škrob
AMILOGEL MVK	Zgoščevalno sredstvo in stabilizator za živila nevtralnega in kislega značaja, ki se toplotno obdelujejo. Izdelan je na osnovi voskastega koruznega škroba.	acetiliran di-škrob adipat E 1422
AMILOGEL HP	Zgoščevalno sredstvo z dobro toplotno in kislinsko stabilnostjo ter povečano odpornostjo pri mešanju in zmrzovanju. Izdelan na osnovi voskastega koruznega škroba.	hidroksi propil di-škrob fosfat E 1442
AMILOGEL HPW	Zgoščevalno sredstvo s povečano toplotno in kislinsko stabilnostjo ter odlično odpornostjo pri mešanju in zmrzovanju. Izdelan na osnovi voskastega koruznega škroba.	hidroksi propil di-škrob fosfat E 1422
AMILOGEL OK	Želirno in vezivno sredstvo ter polnilo za dvig vsebnosti suhe snovi v živilih. Izdelan na osnovi voskastega koruznega škroba.	oksidiran škrob E 1404
AMILOGEL K	V hladni vodi brekljiv koruzni škrob; gostilo, sredstvo za vezanje vode, stabilizator suspenzij in vezivo pri tabletiranju.	fizikalno modificiran škrob (v hladni vodi topen)
AMILOGEL PDP	V hladni vodi brekljiv krompirjev škrob; sredstvo za vezanje vode in zgoščevanje.	fizikalno modificiran škrob (v hladni vodi topen)
AMILOGEL P	V hladni vodi brekljiv krompirjev škrob; sredstvo za zgoščevanje in izboljšanje teksture v instant kremah in desertih, za dietetska živila.	fizikalno modificiran škrob (v hladni vodi topen) E1412
HELIODEX KR	Krompirjev dekstrin; polnilo v bombonski masi.	kislinsko, termično obdelan škrob (krompirjev dekstrin rumeni) E 1400
AMILOGEL GG	Guar gum; zgoščevalno in vezivno sredstvo.	E 412
AMILOGEL CAR	Karagenan; zgoščevalno sredstvo in stabilizator.	E 407

3.2 METODE DELA

3.2.1 Določanje vpliva škroba na sproščanje hlapnih (aromatskih) komponent jagodne arome

3.2.1.1 Priprava vzorcev

V čašo smo zatehtali 0,5 g vsakega škroba (AMILOGEL P, AMILOGEL K, AMILOGEL PDP, AMILOGEL G, AMILOGEL MVK, AMILOGEL HP, AMILOGEL OK, AMILOGEL HPW), karagenana (AMILOGEL CAR), guar gume (AMILOGEL GG) in krompirjevega dekstrina (HELIODEX KR) ter dolili destilirano vodo do 50 g (1 % raztopina). Te raztopine smo nato premešali oziroma homogenizirali. Raztopine AMILOGEL P, AMILOGEL K, AMILOGEL PDP, AMILOGEL GG in AMILOGEL CAR smo pustili na sobni temperaturi, ker so nabrekli v hladni vodi. Ostale vzorce pa smo segrevali približno 1 uro v vodni kopeli na 75 °C. Po segrevanju smo dobljene gele prelili v vialo (10 g vzorca v vsako) ter v vsako dodali 0,05 % arome (5 µl). Tako pripravljene vialo so bile pred analizo še tri dni shranjene v hladilnici s temperaturo +1 °C. Vsak vzorec smo delali v treh ponovitvah.

Pri izolaciji hlapnih spojin smo uporabili:

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

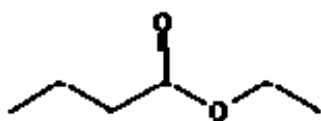
3.2.1.2 Določanje aromatskih snovi (hlapnih komponent)

Za določanje hlapnih komponent smo uporabili plinsko kromatografijo, način vzorčenja pa analizo nadprostora. Za detekcijo posameznih komponent smo uporabili MS detektor. Z MS detektorjem smo dobili kot rezultat masni spekter, iz katerega smo s pomočjo računalniške primerjave z znanimi masnimi spektri določili neznano hlapno spojino. Dobljene masne spektre smo primerjali s knjižico spektrov NIST/EPANIH Mass Spectral Library (1995).

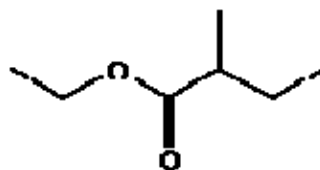
Preglednica 7: Identificirane hlapne spojine

Hlapna sojina	Molska masa(g/mol)	RT	Metoda identifikacije
Etil butanoat	116	16,62	MS
2-metil etil butanoat	130	17,25	MS
3-metil etil butanoat	130	17,86	MS
Etil pentanoat	130	20,76	MS
Metil heksanoat	130	22,94	MS
Etil heksanoat	144	24,84	MS
Metil etil propanoat	116	24,84	MS
Heksil acetat	144	26,50	MS
3-heksenol	100	30,39	MS
Fenil metil acetat	150	42,17	MS

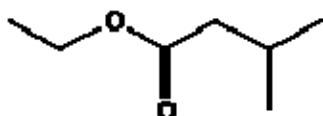
MS- masna spektrometrija, RT- retencijski čas



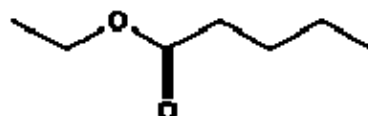
Etil butanoat



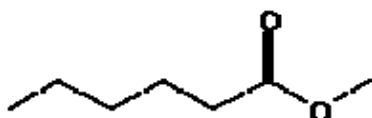
2-metil etil butanoat



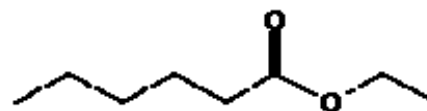
3-metil etil butanoat



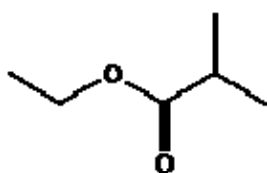
etil pentanoat



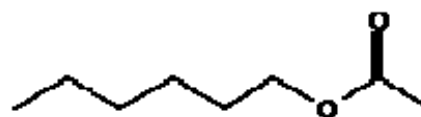
Metil heksanoat



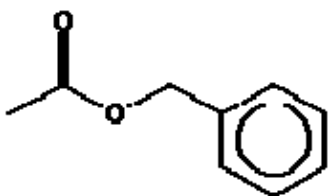
etil heksanoat



Metil etil propanoat



heksil acetat



Fenil metil acetat



3-heksenol

Slika 9: Strukturne formule identificiranih hlapnih spojin (NIST Chemistry..., 2005)

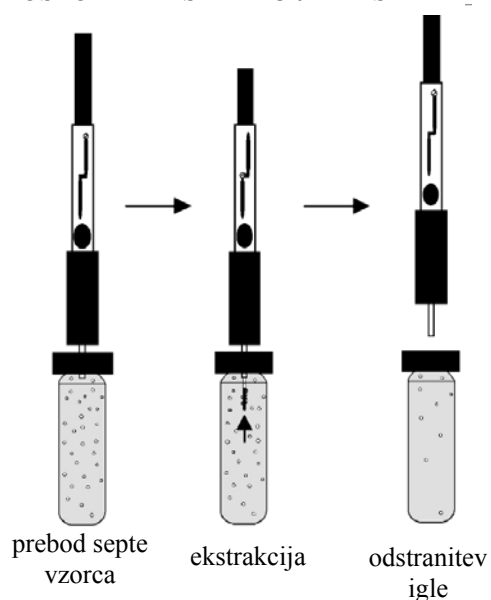
3.2.1.3 Eksperimentalni pogoji

Kromatografski sistem GC-MS je bil sestavljen iz plinskega kromatografa Hewlett Packard 6890 (Agilent Technologies) in masnega detektorja Hewlett Packard 5971A (Palo Alto). Eksperimentalni pogoji kromatografske analize in ekstrakcijske metode SPME so prikazani v preglednici.

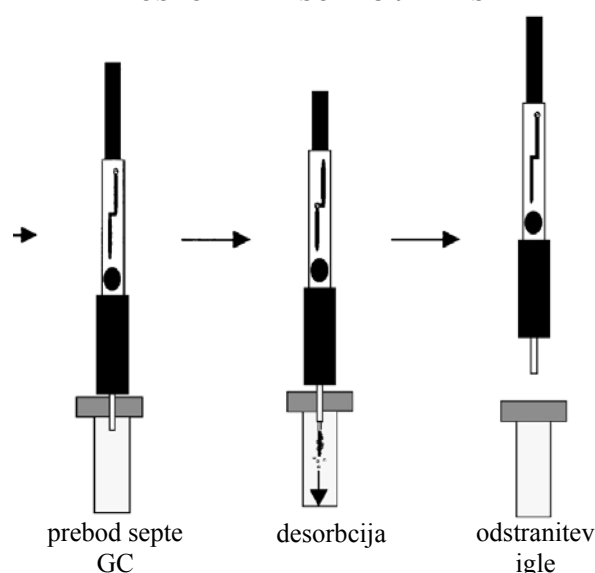
Preglednica 8: Eksperimentalni pogoji pri analizi hlapnih spojin

KROMATOGRAFSKI POGOJI	
Čas termične desorpcije vlakna	15 min
Kolona	Kapilarna ZB-WAX Dimenzije 60 m x 0,32 mm x 0,5 µm (Phenomenex)
Temperatura injektorja 0,75 mm I.D. liner (Supelco)	270 °C
Nosilni plin	Helij (6,0) s pretokom 1 ml/min pri 40 °C
Začetna temperatura	40 °C
Temperaturni gradient v pečici	4 °C/min
Končna temperatura peči	230 °C (5min)
MS DETEKTOR	
Potek	Ionizacija molekul z elektroni energije 70 eV
Temperatura ionskega izvora	280 °C
Masni spekter	Full-scan mode (30-300 m/z)

POSTOPEK EKSTRAKCIJE ZA SPME



POSTOPEK DESORPCIJE ZA SPME



Slika 10: Postopek ekstrakcije in desorpcije pri metodi mikroekstrakcije na igli (Mindrup in Shirey, 2001)

3.2.2 Določanje vpliva škroba in temperature (30 °C in 60 °C) na sproščanje hlapnih komponent jagodne arome

3.2.2.1 Priprava vzorcev

Priprava vzorca je potekala enako kot pri določanju vpliva vrste škroba na sproščanje hlapnih komponent, le da smo tu imeli še 3 standarde, ki smo jih pripravili tako, da smo 10 ml destilirane vode prelili v vialo in dodali 5 µl jagodne arome. Pred samo analizo smo vzorce pustili še 2 dni v hladilnici s temperaturo +1 °C, da se aroma enakomerno porazdeli po celotnem vzorcu.

3.2.2.2 Izolacija hlapnih spojin

Vzorce smo termostatirali 20 minut na temperaturi 30 °C/60 °C. Ekstrakcija z vlaknom je potekala 30 minut pri temperaturi 30 °C/60 °C. Temu je sledilo injiciranje v plinski kromatograf.

3.2.3 Senzorično ocenjevanje gelov

3.2.3.1 Priprava vzorcev

V erlenmajerico smo odtehtali 5 g škroba (AMILOGEL P, AMILOGEL K, AMILOGEL PDP, AMILOGEL G, AMILOGEL MVK, AMILOGEL HP, AMILOGEL OK, AMILOGEL HPW), karagenana (AMILOGEL CAR), guar gume (AMILOGEL GG) in krompirjevega dekstrina (HELIODEX KR) ter dopolnili z destilirano vodo do 500 ml (1 % raztopina). Te raztopine smo nato premešali oziroma homogenizirali. Raztopine AMILOGEL P, AMILOGEL K, AMILOGEL PDP, AMILOGEL GG in AMILOGEL CAR smo pustili na sobni temperaturi, ker so v hladni vodi nabrekli, medtem ko smo ostale vzorce segrevali približno 1 uro v vodni kopeli na 75 °C. Nato smo počakali, da so se erlenmajerice iz kopeli ohladile in nato dodali 25 µl jagodne arome (0,005 %). Vse gele smo nato dali za 3 dni v hladilnico in jih nato senzorično ocenili.

3.2.3.2 Senzorična analiza

Pri senzoričnem ocenjevanju je sodeloval panel 10-ih preskuševalcev. Ocenjevali so vonj gelov in sicer tako, da so vsakemu vzorcu dali točke od 0 do 8.

- Ocena 0- za najmanj izrazit vonj po jagodni aromi oziroma brez vonja,
- Ocena 8- za najbolj intenziven vonj po jagodni aromi.

3.2.4 Statistična analiza

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

V statistični model 1 smo vključili vpliv vrste škroba. V statistični model 2 smo poleg vpliva vrste škroba vključili še vpliv temperature na sproščanje hlapnih komponent ter interakcijo omenjenih vplivov. Vsi podatki so predstavljeni kot ocenjene srednje vrednosti (LS-mean).

Statistični model 1:

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

y_{ij} = opazovana vrednost

μ = povprečna vrednost

S_i = vpliv i -te vrste škroba; i = (AMILOGEL P, AMILOGEL K, AMILOGEL PDP, AMILOGEL G, AMILOGEL GG, AMILOGEL CAR, HELIODEX KR, AMILOGEL MVK, AMILOGEL HP, AMILOGEL OK, AMILOGEL HPW)

e_{ij} = ostanek.

Statistični model 2:

$$y_{ij} = \mu + S_i + T_j + S*T_{ij} + e_{ij}$$

y_{ij} = opazovana vrednost

μ = povprečna vrednost

S_i = vpliv i -te vrste škroba; i = (AMILOGEL P, AMILOGEL K, AMILOGEL PDP, AMILOGEL G, AMILOGEL GG, AMILOGEL CAR, HELIODEX KR, AMILOGEL MVK, AMILOGEL HP, AMILOGEL OK, AMILOGEL HPW)

T_j = vpliv j -te temperature sproščanja hlapnih komponent, j = 30 in 60 °C

$S*T_{ij}$ = interakcija i -tega škroba in j -te temperature sproščanja hlapnih komponent;

e_{ij} = ostanek.

4 REZULTATI

4.1 VPLIV VRSTE ŠKROBA NA SPROŠČANJE HLAPNIH KOMPONENT JAGODNE AROME

Preglednica 9: Rezultati analize različnih hlapnih spojin z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri

Hlapne spojine	n	\bar{x}	min	max	so	KV (%)
Etil butanoat	32	94049831	71907019	140103328	15401197	16
2-metil etil butanoat	31	68280891	43017800	101084940	12238453	18
3-metil etil butanoat	24	10855714	6328574	17803024	2649494	24
Etil pentanoat	31	73601484	50538425	89031572	8178363	11
Metil heksanoat	31	2164003	306154	2576380	529578	24
Etil heksanoat	29	107029455	8052634	137460648	33610328	31
Metil etil propanoat	29	38055984	2749672	49912291	11800496	31
Heksil acetat	29	20860907	156503	48061860	20924166	100
3-heksenol	32	27647788	20764498	44716710	5997628	22
Fenil metil acetat	27	27564995	6659719	39144388	7240702	26

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

V preglednici 9 so prikazani rezultati analiz opravljenih na različnih hlapnih spojinah z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri. Pri analizi je bilo vključenih 10 hlapnih (aromatskih) komponent jagodne arome, ki smo jih vezali na različne vrste škrobov.

Na osnovi rezultatov analiz ugotavljamo, da se iz škrobov najbolj sprošča etil heksanoat, najmanj pa metil heksanoat. Največje razlike so pri vsebnosti heksil acetata, ki se gibljejo med 156503 in 48061860, kar je razvidno tudi iz višjega koeficienta variabilnosti, ki je 100 %. Najnižji koeficient variabilnosti pa imamo pri etil pentanoatu, in znaša 11 %.

Preglednica 10: Vpliv vrste škroba na sproščanje etil butanoata

škrob	LSM \pm SE
AMILOGEL P	89158039 \pm 3130516 ^{cd}
AMILOGEL K	96971565 \pm 3130516 ^{bc}
AMILOGEL PDP	135457791 \pm 3130516 ^a
AMILOGEL G	89200732 \pm 3834083 ^{cd}
AMILOGEL GG	78349259 \pm 3130516 ^e
AMILOGEL CAR	99766264 \pm 3130516 ^b
HELIODEX KR	85494283 \pm 3130516 ^{de}
AMILOGEL MVK	88824756 \pm 3130516 ^{cd}
AMILOGEL HP	95739244 \pm 3130516 ^{bcd}
AMILOGEL OK	86754808 \pm 3130516 ^{cde}
AMILOGEL HPW	87215034 \pm 3130516 ^{cde}
P-vrednost	<0,0001

^{a,b,c,d,e} povprečja, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk, se statistično značilno razlikujejo (P<0,05), LSM – ocenjena srednja vrednost, SE – standardna napaka ocene.

Pri preglednicah 10, 11 in 12 je statistično zelo visoko značilen vpliv vrste škroba na sproščanje etil butanoata, 2-metil etil butanoata in 3-metil etil butanoata ($P < 0,0001$). Iz preglednic je razvidno, da te 3 spojine najslabše zadržuje škrob AMILOGEL PDP in najboljše AMILOGEL GG.

Preglednica 11: Vpliv vrste škroba na sproščanje 2-metil etil butanoata

škrob	LSM±SE
AMILOGEL P	62510352±3305774 ^{bc}
AMILOGEL K	69600083±3305774 ^b
AMILOGEL PDP	98712988±3305774 ^a
AMILOGEL G	67655661±4048730 ^b
AMILOGEL GG	52899845±3305774 ^c
AMILOGEL CAR	63659510±3305774 ^{bc}
HELIODEX KR	60878925±3305774 ^{bc}
AMILOGEL MVK	68696255±3305774 ^b
AMILOGEL HP	69507682±3305774 ^b
AMILOGEL OK	70148654±4048730 ^b
AMILOGEL HPW	67234021±3305774 ^b
P-vrednost	<0,0001

^{a,b,c} povprečja, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$), LSM – ocenjena srednja vrednost, SE – standardna napaka ocene.

Preglednica 12: Vpliv vrste škroba na sproščanje 3-metil etil butanoata

škrob	LSM±SE
AMILOGEL P	9074683±470684 ^c
AMILOGEL K	11274958±470684 ^b
AMILOGEL PDP	17096305±384312 ^a
AMILOGEL G	10543387±470684 ^{bc}
AMILOGEL GG	7289119±470684 ^d
AMILOGEL CAR	9793879±470684 ^{bc}
HELIODEX KR	9998113±470684 ^{bc}
AMILOGEL MVK	10059412±470684 ^{bc}
AMILOGEL HP	10753907±470684 ^b
AMILOGEL OK	10551288±470684 ^{bc}
AMILOGEL HPW	10190245±384312 ^{bc}
P-vrednost	<0,0001

^{a,b,c,d} povprečja, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk, se statistično značilno razlikujejo ($P < 0,05$), LSM – ocenjena srednja vrednost, SE – standardna napaka ocene.

Preglednica 13 kaže, da vrsta škroba ne vpliva na sproščanje spojine etil pentanoata ($P=0,1227$). Kljub temu, škrrobe ločimo v 3 skupine, in sicer: škrobi, ki najslabše zadržujejo komponento etil pentanoat so: AMILOGEL K, AMILOGEL PDP in AMILOGEL HP, v srednjem razredu so: AMILOGEL P, AMILOGEL G, AMILOGEL GG, HELIODEX KR, AMILOGEL MVK, AMILOGEL OK in AMILOGEL HPW, najboljše pa zadržuje komponento AMILOGEL CAR.

Preglednica 13: Vpliv vrste škroba na sproščanje etil pentanoata

škrob	LSM±SE
AMILOGEL P	74223360±4186017 ^{ab}
AMILOGEL K	79501893±4186017 ^a
AMILOGEL PDP	80718717±4186017 ^a
AMILOGEL G	75319223±5126803 ^{ab}
AMILOGEL GG	67845221±4186017 ^{ab}
AMILOGEL CAR	61096074±4186017 ^b
HELIODEX KR	70242899±4186017 ^{ab}
AMILOGEL MVK	75797067±4186017 ^{ab}
AMILOGEL HP	79265185±5126803 ^a
AMILOGEL OK	72768896±4186017 ^{ab}
AMILOGEL HPW	75298272±4186017 ^{ab}
P-vrednost	0,1227

^{a,b} povprečja, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk, se statistično značilno razlikujejo ($P<0,05$), LSM – ocenjena srednja vrednost, SE – standardna napaka ocene.

V preglednici 14 lahko vidimo, da škrob AMILOGEL HP najslabše zadržuje komponento metil heksanoat, najboljše pa škrob AMILOGEL PDP, medtem ko je v vseh predhodnih spojinah ravno ta škrob bil najslabši zadrževalec spojin. Iz preglednice lahko tudi vidimo, da različne vrste škroba različno zadržujejo to spojino ($P<0,0001$).

Preglednica 14: Vpliv vrste škroba na sproščanje metil heksanoata

škrob	LSM±SE
AMILOGEL P	2282639±115975 ^{ab}
AMILOGEL K	2380497±115975 ^{ab}
AMILOGEL PDP	354878±142040 ^c
AMILOGEL G	2406136±142040 ^{ab}
AMILOGEL GG	2056953±115975 ^b
AMILOGEL CAR	2041017±115975 ^b
HELIODEX KR	2213187±115975 ^{ab}
AMILOGEL MVK	2383678±115975 ^{ab}
AMILOGEL HP	2512919±115975 ^a
AMILOGEL OK	2287751±115975 ^{ab}
AMILOGEL HPW	2362054±115975 ^{ab}
P-vrednost	<0,0001

^{a,b,c} povprečja, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk, se statistično značilno razlikujejo ($P<0,05$), LSM – ocenjena srednja vrednost, SE – standardna napaka ocene.

Vpliv vrste škroba na sproščanje etil heksanoata prikazuje preglednica 15. Vrsta škroba statistično zelo visoko značilno vpliva na komponento etil heksanoat. Najboljši zadrževalec te spojine je škrob AMILOGEL PDP, najslabši pa AMILOGEL MVK.

Preglednica 15: Vpliv vrste škroba na sproščanje etil heksanoata

škrob	LSM±SE
AMILOGEL P	110023321±7074708 ^{ab}
AMILOGEL K	99990675±7074708 ^b
AMILOGEL PDP	8312256±8664713 ^d
AMILOGEL G	117522481±8664713 ^{ab}
AMILOGEL GG	113936124±7074708 ^{ab}
AMILOGEL CAR	62439080±8664713 ^c
HELIODEX KR	118830673±7074708 ^{ab}
AMILOGEL MVK	130156551±7074708 ^a
AMILOGEL HP	126589738±7074708 ^a
AMILOGEL OK	125530304±7074708 ^a
AMILOGEL HPW	126067208±8664713 ^a
P-vrednost	<0,0001

^{a,b,c} povprečja, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk, se statistično značilno razlikujejo ($P<0,05$), LSM – ocenjena srednja vrednost, SE – standardna napaka ocene.

Iz preglednice 16 je razvidno, da najslabše zadržujeta spojino metil etil propanoat škroba AMILOGEL MVK in AMILOGEL HPW. Oba škroba sta si podobna. Najbolje to spojino zadržuje AMILOGEL PDP, pri katerem lahko opazimo, da močno odstopa od ostalih škrobov. Na splošno pa lahko povzamemo, da vrsta škroba statistično zelo visoko značilno vpliva na zadrževanje oziroma sproščanje metil etil propanoata.

Preglednica 16: Vpliv vrste škroba na sproščanje metil etil propanoata

škrob	LSM±SE
AMILOGEL P	40030338±2365094 ^{ab}
AMILOGEL K	35614557±2365094 ^b
AMILOGEL PDP	2840852±2896637 ^d
AMILOGEL G	41452215±2896637 ^{ab}
AMILOGEL GG	40293372±2365094 ^{ab}
AMILOGEL CAR	22939048±2896637 ^c
HELIODEX KR	42011385±2365094 ^{ab}
AMILOGEL MVK	45596582±2365094 ^a
AMILOGEL HP	43764528±2896637 ^{ab}
AMILOGEL OK	44154515±2365094 ^{ab}
AMILOGEL HPW	46176002±2365094 ^a
P-vrednost	<0,0001

^{a,b,c,d} povprečja, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk, se statistično značilno razlikujejo ($P<0,05$), LSM – ocenjena srednja vrednost, SE – standardna napaka ocene.

Preglednica 17 kaže, da vrsta škroba statistično zelo visoko značilno vpliva na sproščanje heksil acetata. Najslabše zadržujeta to spojino HELIODEX KR in AMILOGEL MVK, najboljše pa škrob AMILOGEL PDP.

Škrobe lahko razvrstimo v štiri skupine, in sicer je največ tistih, ki najboljše zadržujejo heksil acetat.

Preglednica 17: Vpliv vrste škroba na sproščanje heksil acetata

škrob	LSM±SE
AMILOGEL P	39092386±1206173 ^b
AMILOGEL K	262743±1206173 ^d
AMILOGEL PDP	234377±1206173 ^d
AMILOGEL G	312235±1477254 ^d
AMILOGEL GG	40366471±1206173 ^b
AMILOGEL CAR	22963920±1477254 ^c
HELIODEX KR	45029514±1477254 ^a
AMILOGEL MVK	45725258±1206173 ^a
AMILOGEL HP	384266±1206173 ^d
AMILOGEL OK	449694±1206173 ^d
AMILOGEL HPW	44404686±1477254 ^a
P-vrednost	<0,0001

^{a,b,c,d.} povprečja, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk, se statistično značilno razlikujejo ($P<0,05$), LSM – ocenjena srednja vrednost, SE – standardna napaka ocene.

Vpliv vrste škroba na sproščanje 3-heksenola prikazuje preglednica 18. Najslabše zadržuje to spojino AMILOGEL PDP, najboljše pa AMILOGEL GG. Iz preglednice lahko tudi vidimo, da vrsta škroba statistično zelo visoko značilno vpliva na sproščanje 3-heksenola. Veliko škrobov v tej preglednici se statistično značilno ne razlikuje.

Preglednica 18: Vpliv vrste škroba na sproščanje 3-heksenol

škrob	LSM±SE
AMILOGEL P	24765041±1170565 ^{cd}
AMILOGEL K	27821300±1170565 ^c
AMILOGEL PDP	42882886±1170565 ^a
AMILOGEL G	26185785±1433644 ^{cd}
AMILOGEL GG	22798166±1170565 ^d
AMILOGEL CAR	33986076±1170565 ^b
HELIODEX KR	24809157±1170565 ^{cd}
AMILOGEL MVK	24760415±1170565 ^{cd}
AMILOGEL HP	26614967±1170565 ^{cd}
AMILOGEL OK	24209139±1170565 ^{cd}
AMILOGEL HPW	24805402±1170565 ^{cd}
P-vrednost	<0,0001

^{a,b,c,d.} povprečja, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk, se statistično značilno razlikujejo ($P<0,05$), LSM – ocenjena srednja vrednost, SE – standardna napaka ocene.

V preglednici 19 lahko vidimo, da se škrobi statistično značilno razlikujejo. Škrob, ki najslabše zadržuje spojino fenil metil acetat je AMILOGEL G, najboljše pa AMILOGEL PDP. Vrsta škroba statistično zelo visoko značilno vpliva na zadrževanje oziroma sproščanje hlapne spojine fenil metil acetata.

Preglednica 19: Vpliv vrste škroba na sproščanje fenil metil acetata

škrob	LSM±SE
AMILOGEL P	25047061±1627005 ^{cd}
AMILOGEL K	23319940±1992666 ^d
AMILOGEL PDP	6969077±1992666 ^c
AMILOGEL G	33556051±1992666 ^a
AMILOGEL GG	28603965±1627005 ^{abcd}
AMILOGEL CAR	25990478±1992666 ^{bcd}
HELIODEX KR	31762038±1992666 ^{ab}
AMILOGEL MVK	30419188±1627005 ^{abc}
AMILOGEL HP	25223998±1992666 ^{cd}
AMILOGEL OK	32815081±1627005 ^a
AMILOGEL HPW	33318605±1627005 ^a
P-vrednost	<0,0001

^{a,b,c,d,e} povprečja, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk, se statistično značilno razlikujejo (P<0,05), LSM – ocenjena srednja vrednost, SE – standardna napaka ocene.

4.2 VPLIV ŠKROBA IN TEMPERATURE NA SPROŠČANJE HlapNIH KOMPONENT JAGODNE AROME

Preglednica 20: Rezultati analize različnih hlapnih spojin na različnih vrstah škroba z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri pri 30 °C in 60 °C

Hlapne spojine	n	\bar{x}	min	max	so	KV (%)
Etil butanoat	72	49891067	33654202	76661794	11527240	23
2-metil etil butanoat	72	40471383	25686843	63656572	11524458	28
3-metil etil butanoat	72	3617271	2264701	6512669	1081766	30
Etil pentanoat	72	35226313	24844116	50124437	7164348	20
Metil heksanoat	72	804125	447727	1113054	174887	22
Etil heksanoat	72	46849845	12591194	74364361	13458079	29
Metil etil propanoat	72	15688002	4254447	24925212	4448744	28
Heksil acetat	72	30459755	1122761	51611442	12027424	39
Fenil metil acetat	72	7230695	219134	19705555	5943163	82

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

V preglednici 20 so prikazani rezultati analiz različnih hlapnih spojin na različnih vrstah škroba z osnovnimi statističnimi parametri. Temperaturi, pri katerih smo analizo izvajali, sta 30 °C in 60 °C. V analizo je bilo vključenih 9 hlapnih (aromatskih) spojin jagodne arome.

Na osnovi analiz ugotavljamo, da se iz škrobov pri temperaturah (30 in 60 °C) najbolj sprošča spojina etil butanoat, najmanj pa spojina metil heksanoat. Največje razlike v vsebnosti so pri spojini fenil metil acetat, kar je razvidno tudi iz višjega koeficienta variabilnosti, ki je 82 %. Najnižji koeficient variabilnosti pa imamo pri spojini etil pentanoat, in znaša 20 %.

Preglednica 21: Vpliv vrste škroba in temperature na sproščanje etil butanoata

škrob	temperatura sproščanja hlapnih komponent (LSM)		P-vrednost
	30 °C	60 °C	
VODA	59122649 ^{abc}	69359537 ^{xa}	$P_S < 0,0001$
AMILOGEL P	62250553 ^{xab}	41102887 ^{ycd}	$P_T < 0,0001$
AMILOGEL K	58270874 ^{xbc}	41072472 ^{ycd}	$P_{S*T} < 0,0001$
AMILOGEL PDP	57299218 ^{xbc}	49697079 ^{xb}	
AMILOGEL G	64321875 ^{xab}	38925754 ^{ycd}	
AMILOGEL GG	51635943 ^{xcd}	42431475 ^{yc}	
AMILOGEL CAR	58431914 ^{xbc}	39671995 ^{ycd}	
HELIODEX KR	49430404 ^{xd}	34202059 ^{yd}	
AMILOGEL MVK	53965389 ^{xcd}	35697811 ^{ycd}	
AMILOGEL HP	51713408 ^{xcd}	36878567 ^{ycd}	
AMILOGEL OK	66335604 ^{xa}	37200570 ^{ycd}	
AMILOGEL HPW	62806325 ^{xab}	35561257 ^{ycd}	

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

Iz preglednic 21, 22, 23 in 24 je razviden značilen vpliv ($P < 0,0001$) vrste škroba, temperature ter njune interakcije na sproščanje etil butanoata, 2-metil etil butanoata, 3-metil etil butanoata in etil pentanoata. Pri 30 °C je najslabši zadrževalec omenjenih štirih spojin škrob AMILOGEL OK, pri 60 °C pa AMILOGEL PDP. Najboljši zadrževalec omenjenih štirih spojin pri 30 °C je HELIODEX KR. Pri 60 °C je najboljši zadrževalec etil butanoata HELIODEX KR, spojin 2-metil etil butanoata in 3-metil etil butanoata AMILOGEL CAR, spojine etil pentanoata pa škrob AMILOGEL HPW.

Preglednica 22: Vpliv vrste škroba in temperature na sproščanje 2-metil etil butanoata

škrob	temperatura sproščanja hlapnih komponent (LSM)		P-vrednost
	30 °C	60 °C	
VODA	50089459 ^{xabc}	57442370 ^{xa}	$P_S < 0,0001$
AMILOGEL P	53373423 ^{xab}	29461359 ^{yc}	$P_T < 0,0001$
AMILOGEL K	49764764 ^{xabc}	31339079 ^{ybc}	$P_{S*T} < 0,0001$
AMILOGEL PDP	48588772 ^{xbc}	36343553 ^{yb}	
AMILOGEL G	55356937 ^{xa}	28685758 ^{yc}	
AMILOGEL GG	46433158 ^{xcd}	28987358 ^{yc}	
AMILOGEL CAR	49386964 ^{xbc}	26518932 ^{yc}	
HELIODEX KR	41999468 ^{xd}	27186036 ^{yc}	
AMILOGEL MVK	46045292 ^{xcd}	27522656 ^{yc}	
AMILOGEL HP	45327915 ^{xcd}	27289447 ^{yc}	
AMILOGEL OK	55590210 ^{xa}	28826161 ^{yc}	
AMILOGEL HPW	52529414 ^{xab}	27224698 ^{yc}	

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

Preglednica 23: Vpliv vrste škroba in temperature na sproščanje 3-metil etil butanoata

škrob	temperatura sproščanja hlapnih komponent (LSM)		P-vrednost
	30 °C	60 °C	
VODA	4423695 ^{xbcd}	5712631 ^{xa}	$P_S < 0,0001$
AMILOGEL P	4892539 ^{xab}	2632992 ^{yc}	$P_T < 0,0001$
AMILOGEL K	4421769 ^{xbcd}	2818488 ^{ybc}	$P_{S*T} < 0,0001$
AMILOGEL PDP	4251853 ^{xcd}	3339015 ^{xb}	
AMILOGEL G	4905460 ^{xab}	2606718 ^{yc}	
AMILOGEL GG	4042954 ^{xde}	2682690 ^{yc}	
AMILOGEL CAR	4382800 ^{xbcd}	2370845 ^{yc}	
HELIODEX KR	3648097 ^{xe}	2397532 ^{yc}	
AMILOGEL MVK	4028783 ^{xde}	2382405 ^{yc}	
AMILOGEL HP	3865071 ^{xde}	2386474 ^{yc}	
AMILOGEL OK	5008623 ^{xa}	2521099 ^{yc}	
AMILOGEL HPW	4702042 ^{xabc}	2389919 ^{yc}	

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

Preglednica 24: Vpliv vrste škroba in temperature na sproščanje etil pentanoata

škrob	temperatura sproščanja hlapnih komponent (LSM)		P-vrednost
	30 °C	60 °C	
VODA	42311061 ^{abc}	38659899 ^{xa}	$P_S < 0,0001$
AMILOGEL P	41496241 ^{abc}	30577283 ^{abc}	$P_T < 0,0001$
AMILOGEL K	42164330 ^{abc}	31543329 ^{yb}	$P_{S*T} < 0,0001$
AMILOGEL PDP	40806026 ^{abc}	35363067 ^{xa}	
AMILOGEL G	43853455 ^{xab}	28921709 ^{ybcd}	
AMILOGEL GG	39797588 ^{xcd}	28031490 ^{ybcd}	
AMILOGEL CAR	39763551 ^{xcd}	27423595 ^{yed}	
HELIODEX KR	36817303 ^{xd}	25934581 ^{yd}	
AMILOGEL MVK	39698888 ^{xcd}	25856882 ^{yd}	
AMILOGEL HP	39332049 ^{xcd}	25895527 ^{yd}	
AMILOGEL OK	45823383 ^{xa}	26025733 ^{yd}	
AMILOGEL HPW	43858289 ^{xab}	25476252 ^{yd}	

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

Iz preglednice 25 je razvidno, da na sproščanje metil heksanoata statistično zelo visoko značilno vpliva temperatura ($P < 0,0001$) ter statistično značilno vrsta škroba in interakcija ($P \leq 0,05$).

Najboljši zadrževalec metil heksanoata pri 30 °C je AMILOGEL P, pri 60 °C pa AMILOGEL GG. Najslabši zadrževalec metil heksanoata je pri 30 °C škrob AMILOGEL G, pri 60 °C pa najslabše zadržuje to komponento škrob AMILOGEL K.

Preglednica 25: Vpliv vrste škroba in temperature na sproščanje metil heksanoata

škrob	temperatura sproščanja hlapnih komponent (LSM)		P-vrednost
	30 °C	60 °C	
VODA	972989 ^{xab}	803328 ^{xa}	$P_S = 0,0110$
AMILOGEL P	866743 ^{xb}	665611 ^{xbcd}	$P_T < 0,0001$
AMILOGEL K	946759 ^{xab}	737985 ^{yab}	$P_{S*T} = 0,0145$
AMILOGEL PDP	918658 ^{xab}	603911 ^{yde}	
AMILOGEL G	952093 ^{xab}	719586 ^{yabc}	
AMILOGEL GG	968330 ^{xab}	517880 ^{ye}	
AMILOGEL CAR	876288 ^{xab}	592949 ^{yde}	
HELIODEX KR	910418 ^{xab}	662282 ^{ybcd}	
AMILOGEL MVK	999267 ^{xab}	648685 ^{ybcd}	
AMILOGEL HP	1034099 ^{xab}	638060 ^{yed}	
AMILOGEL OK	1045287 ^{xa}	630522 ^{yed}	
AMILOGEL HPW	970217 ^{xab}	617055 ^{yd}	

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

Iz preglednic 26 in 27 je razviden statistično zelo visoko značilen vpliv temperature ter interakcije škroba in temperature na sproščanje etil heksanoata in metil etil propanoata. Vrsta škroba pa ima statistično visoko značilen vpliv na sproščanje teh dveh spojin.

Pri temperaturi 30 °C je najslabši zadrževalec etil heksanoata in metil etil propanoata škrob AMILOGEL HP, pri 60 °C pa AMILOGEL K. Najboljši zadrževalec teh dveh spojin pri 30 °C je AMILOGEL G, pri 60 °C pa AMILOGEL GG.

Preglednica 26: Vpliv vrste škroba in temperature na sproščanje etil heksanoata

škrob	temperatura sproščanja hlapnih komponent (LSM)		P-vrednost
	30 °C	60 °C	
VODA	60415324 ^{xabcd}	17956048 ^{yc}	$P_S=0,0081$
AMILOGEL P	51955582 ^{xbcd}	42074421 ^{xab}	$P_T<0,0001$
AMILOGEL K	57232328 ^{xabcd}	44385810 ^{ya}	$P_{S*T}<0,0001$
AMILOGEL PDP	58144183 ^{xabcd}	37637827 ^{xabc}	
AMILOGEL G	46695260 ^{xd}	39373069 ^{xabc}	
AMILOGEL GG	64984520 ^{xab}	28530844 ^{yd}	
AMILOGEL CAR	49072248 ^{xcd}	36917508 ^{xbc}	
HELIODEX KR	61397112 ^{xabc}	42128026 ^{yab}	
AMILOGEL MVK	63966106 ^{xab}	38857997 ^{yabc}	
AMILOGEL HP	66677034 ^{xa}	35627652 ^{ybc}	
AMILOGEL OK	55863952 ^{xabcd}	36121360 ^{ybc}	
AMILOGEL HPW	53783823 ^{xabcd}	34598258 ^{ycd}	

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

Preglednica 27: Vpliv vrste škroba in temperature na sproščanje metil etil propanoata

škrob	temperatura sproščanja hlapnih komponent (LSM)		P-vrednost
	30 °C	60 °C	
VODA	19931375 ^{xabcd}	6087305 ^{yd}	$P_S=0,0082$
AMILOGEL P	17173766 ^{xbcd}	14233473 ^{xab}	$P_T<0,0001$
AMILOGEL K	18991989 ^{xabcd}	14970858 ^{xa}	$P_{S*T}<0,0001$
AMILOGEL PDP	19186153 ^{xabcd}	12751890 ^{xab}	
AMILOGEL G	15524692 ^{xd}	13217019 ^{xab}	
AMILOGEL GG	21560342 ^{xab}	9555956 ^{yc}	
AMILOGEL CAR	16335240 ^{xcd}	12384522 ^{xb}	
HELIODEX KR	20428433 ^{xabc}	14141367 ^{yab}	
AMILOGEL MVK	21288243 ^{xab}	13094648 ^{yab}	
AMILOGEL HP	22381569 ^{xa}	11987850 ^{yb}	
AMILOGEL OK	19169772 ^{xabcd}	12159008 ^{yb}	
AMILOGEL HPW	18208205 ^{xabcd}	11748360 ^{ybc}	

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

Iz preglednice 28 je razvidno, da vrsta škroba in temperatura vplivata statistično zelo visoko značilno na sproščanje heksil acetata, medtem ko ima interakcija vrste škroba in temperature statistično zelo značilen vpliv na sproščanje heksil acetata.

Pri 30 °C je najboljši zadrževalec heksil acetata AMILOGEL G, pri 60 °C pa AMILOGEL PDP. Najslabši zadrževalec te spojine pri 30 °C je škrob AMILOGEL HP, pri 60 °C pa HELIODEX KR.

Preglednica 28: Vpliv vrste škroba in temperature na sproščanje heksil acetata

škrob	temperatura sproščanja hlapnih komponent (LSM)		P-vrednost
	30 °C	60 °C	
VODA	38942784 ^{xab}	3377532 ^{yc}	$P_S < 0,0001$
AMILOGEL P	32302690 ^{xab}	26375818 ^{xab}	$P_T < 0,0001$
AMILOGEL K	36641083 ^{xab}	25772899 ^{xab}	$P_{S*T} = 0,0002$
AMILOGEL PDP	35274983 ^{xab}	9930073 ^{xc}	
AMILOGEL G	30255236 ^{xb}	32582628 ^{xa}	
AMILOGEL GG	40794713 ^{xab}	10502865 ^{yc}	
AMILOGEL CAR	30542663 ^{xb}	14743040 ^{ybc}	
HELIODEX KR	41000385 ^{xab}	35994702 ^{ya}	
AMILOGEL MVK	42647473 ^{xab}	33251856 ^{xa}	
AMILOGEL HP	45201273 ^{xa}	31024040 ^{ya}	
AMILOGEL OK	38567648 ^{xab}	30349217 ^{ya}	
AMILOGEL HPW	35304862 ^{xab}	28753651 ^{xa}	

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

V preglednici 29 vidimo, da imajo vrsta škroba, temperatura ter interakcija škroba in temperature statistično zelo visoko značilen vpliv na sproščanje fenil metil acetata.

Pri 30 °C je najslabši zadrževalec fenil metil acetata AMILOGEL OK, najboljši pa AMILOGEL P. Pri 60 °C pa je najslabši zadrževalec te spojine AMILOGEL HP, najboljši pa AMILOGEL GG.

Preglednica 29: Vpliv vrste škroba in temperature na sproščanje fenil metil acetata

škrob	temperatura sproščanja hlapnih komponent (LSM)		P-vrednost
	30 °C	60 °C	
	VODA	2256887 ^{xabc}	
AMILOGEL P	1877498 ^{xc}	9769670 ^{ydef}	$P_T < 0,0001$
AMILOGEL K	2520931 ^{xabc}	11354266 ^{ybcd}	$P_{S*T} < 0,0001$
AMILOGEL PDP	2368322 ^{xabc}	6889938 ^{xef}	
AMILOGEL G	2244076 ^{xabc}	13296179 ^{yabcd}	
AMILOGEL GG	2792744 ^{xabc}	6074855 ^{yf}	
AMILOGEL CAR	2186127 ^{xbc}	10969372 ^{ycde}	
HELIODEX KR	3030058 ^{xabc}	15205598 ^{yabc}	
AMILOGEL MVK	2885494 ^{xabc}	16779945 ^{ya}	
AMILOGEL HP	3244858 ^{xab}	17139961 ^{ya}	
AMILOGEL OK	3415825 ^{xa}	17077057 ^{ya}	
AMILOGEL HPW	3226228 ^{xab}	15686880 ^{yab}	

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

4.3 SENZORIČNE LASTNOSTI

Preglednica 30: Senzorične ocene vonja jagodne arome v različnih vrstah škroba z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri

škrob	n	\bar{x}	min	max	so	KV(%)
AMILOGEL P	10	3,9	0,5	7,0	2,42	62
AMILOGEL K	10	5,5	1,5	8,0	1,91	35
AMILOGEL PDP	10	5,3	2,5	7,0	1,55	29
AMILOGEL G	10	7,2	5,0	8,0	1,00	14
AMILOGEL GG	10	3,5	1,5	7,5	1,90	54
AMILOGEL CAR	10	3,4	1,0	6,5	1,80	54
HELIODEX KR	9	0,1	0,0	1,0	0,33	300
AMILOGEL MVK	10	5,3	2,5	7,0	1,53	29
AMILOGEL HP	10	6,6	4,5	7,0	0,86	13
AMILOGEL OK	10	5,1	2,0	6,5	1,38	27
AMILOGEL HPW	10	4,7	2,0	7,0	1,73	37

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

V preglednici 30 so prikazane ocene, ki so jih preskuševalci dodelili analiziranim škrobom, katerim je bila dodana jagodna aroma. Iz preglednice lahko razberemo, da je najvišjo oceno dobil škrob AMILOGEL G, posamezne ocene se gibljejo povprečno med 5 in 8, najnižjo oceno pa je dobil HELIODEX KR, in sicer 0,1. Največji koeficient variabilnosti je prav pri HELIODEX KR, in znaša 300 %. Najnižji KV pa je dobil škrob AMILOGEL G, in znaša 14 %. Pri vseh škrobih so zelo visoki KV, vendar je bilo to tudi za pričakovati, saj so si bili vonji zelo podobni, tako da jih je bilo težko rangirati.

Vpliv vrste škroba na vonj prikazuje preglednica 31. Vrsta škroba ima statistično zelo visoko značilen vpliv na vonj. Najbolj izrazit vonj po jagodni aromi ima škrob AMILOGEL G, najmanj izrazit pa HELIODEX KR.

Preglednica 31: Vpliv vrste škroba na vonj

škrob	LSM±SE
AMILOGEL P	3,9±0,5 ^{cde}
AMILOGEL K	5,5±0,5 ^{bc}
AMILOGEL PDP	5,3±0,5 ^{bc}
AMILOGEL G	7,2±0,5 ^a
AMILOGEL GG	3,5±0,5 ^{de}
AMILOGEL CAR	3,4±0,5 ^e
HELIODEX KR	0,1±0,5 ^f
AMILOGEL MVK	5,3±0,5 ^{bc}
AMILOGEL HP	6,6±0,5 ^{ab}
AMILOGEL OK	5,1±0,5 ^{bcd}
AMILOGEL HPW	4,7±0,5 ^{cde}
P-vrednost	<0,0001

^{a,b,c,d,e} povprečja, ki v oznaki nimajo enake nobene od črk, se statistično značilno razlikujejo (P<0,05), LSM – ocenjena srednja vrednost, SE – standardna napaka ocene.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Za proučevanje interakcij med aromatskimi komponentami jagodne arome in polisaharidi smo uporabili plinski kromatograf in MS detektor za detekcijo posameznih komponent. Ekstrakcija je potekala iz plinske faze nad vzorcem, torej po principu analize nadprostora. Za ekstrakcijo smo uporabili bipolarno ekstrakcijsko vlakno CarboxenTM/PDMS, ker je kombinacija nepolarnega PDMS in polarne komponente CarboxenTM. Ta način je primeren za izolacijo širokega kroga spojin z različno strukturo, hlapnostjo in polarnostjo. Pri analizi je bilo vključenih 10 hlapnih (aromatskih) komponent jagodne arome, ki smo jih vezali na različne vrste škrobov.

5.1.1 Vpliv vrste škroba na sproščanje hlapnih komponent jagodne arome

V raziskovalno nalogo smo vključili 8 vrst škroba: (AMILOGEL P, AMILOGEL K, AMILOGEL PDP, AMILOGEL G, AMILOGEL MVK, AMILOGEL HP, AMILOGEL OK, AMILOGEL HPW), karagenan (AMILOGEL CAR), guar gumo (AMILOGEL GG) in krompirjev dekstrin (HELIODEX KR), na katerih smo proučevali sposobnost zadrževanja 10 hlapnih komponent jagodne arome: etil butanoat, 2-metil etil butanoat, 3-metil etil butanoat, etil pentanoat, metil heksanoat, etil heksanoat, metil etil propanoat, heksil acetat, 3-heksenol in fenil metil acetat.

Eksperimentalno smo ugotovili, da se iz škrobov najbolj sprošča etil heksanoat, najmanj pa metil heksanoat. Pri raziskavah, ki jih je opravil Seuvre in sod. (2006) je bila prav tako najslabše zadržana aromatska spojina na ogljikovih hidratih etil heksanoat. Najbolje zadržana aromatska spojina pa je bila cis-3-heksenol. V našem primeru je bila ta spojina prav tako bolje zadržana kot etil heksanoat.

Guinard in sod. (1995) so proučevali sproščanje etil butanoata na karagenanu in škrobu in ugotovili, da je karagenan slabši zadrževalec te spojine kot škrob, kar lahko potrdimo tudi z našimi rezultati.

Pri ugotavljanju kateri škrobi najboljše in najslabše zadržujejo aromatske spojine smo ugotovili, da je najboljši zadrževalec AMILOGEL G, težje pa je bilo določiti najslabšega zadrževalca, saj je bil AMILOGEL PDP hkrati pri večini spojin najboljši in najslabši zadrževalec arom. Ostali škrobi pa bistveno niso izstopali. Ko govorimo o najboljšem zadrževalcu arom na škrobu, to pomeni, da se manj hlapnih spojin sprošča v plinsko fazo in več veže na škrob oziroma gel. Na osnovi analiz lahko sklepamo, da je zadrževanje aromatskih komponent kompleksni pojav, v katerem igra pomembno vlogo več faktorjev.

Goubet in sod. (1998) trdijo, da večja kot je molska masa boljše je zadrževanje hlapnih komponent. V naši nalogi smo uporabili koruzne, voščene koruzne in krompirjeve škrabe ter guar gumo in karagenan. Na osnovi razmerja amiloza/amilopektin lahko sklepamo na njihovo molsko maso, in sicer imajo največjo molsko maso voščeni koruzni škrobi, nato

krompirjevi in nazadnje koruzni škrobi. Naši rezultati lahko potrdijo, da je AMILOGEL G, ki ima večjo molsko maso boljši zadrževalec arom kot AMILOGEL PDP, ki ima manjšo molsko maso.

Arvisenet in sod. (2002b) pravijo, da je zadrževanje hlapnih komponent na škrobu odvisno tudi od afinitete določene hlapne spojine do amiloze ali amilopektina. Določene spojine se bolje vežejo na amilozo škroba, nekatere pa na amilopektin, zato je vezava odvisna tudi od razmerja amiloza/amilopektin v škrobu.

S statistično analizo smo ugotovili, da vrsta škroba statistično zelo visoko značilno vpliva na sproščanje aromatskih spojin jagodne arome (izjema je etil pentanoat). Goubet in sod. (1998) pravijo, da je zadrževanje oziroma sproščanje hlapnih spojin odvisno od molske mase škroba, od njegove strukture in fizikalnega stanja. Prav tako pa je odvisno od fizikalno-kemijskih lastnosti aromatskih komponent, in sicer: od njene molske mase, kemijskih skupin, polarnosti in temperature.

5.1.2 Vpliv vrste škroba in temperature na sproščanje hlapnih komponent jagodne arome

Zadrževanje 9 hlapnih komponent smo določali v vodi in na različnih vrstah škroba. Analizo smo izvajali pri dveh različnih temperaturah (30 °C in 60 °C).

Pri dveh obravnavanih temperaturah smo ugotovili, da se spojina etil heksanoat najbolj sprošča iz škrobov, najmanj pa spojina metil heksanoat. Pri analiziranju hlapnosti teh spojin v vodi pa smo ugotovili, da se nekatere spojine pri 60 °C bolje zadržujejo v vodi kot na škrobih: etil heksanoat, metil etil propanoat, heksil acetat in fenil metil acetat.

Med analiziranimi škrobi smo ugotovili, da najbolje zadržuje hlapne komponente pri 30 °C HELIODEX KR, najslabše pa AMILOGEL OK. Pri 60 °C najbolje zadržuje hlapne komponente AMILOGEL GG, najslabše pa AMILOGEL PDP. Škrobi, ki bolje zadržujejo hlapne komponente, so manj zaželeni v prehranskih izdelkih, saj to pomeni, da se sprošča manj jagodne arome iz živil, oziroma več aromatskih snovi se zadržuje v tekoči fazi in manj v plinski fazi, zato je senzorično slabši izdelek.

Pri 60 °C je bil koeficient variabilnosti večji v primerjavi s 30 °C. Največji koeficient variabilnosti je bil pri spojinah fenil metil acetat in heksil acetat. Ti dve spojini sta težje hlapni in težje prehajata v parno fazo v viali, kar je lahko razlog za večjo variabilnost. Drugi razlog za povečano variabilnost pri 60 °C pa je spremenjena sposobnost absorpcijskega vlakna pri 60 °C.

Ko določamo, kateri škrobi najbolje zadržujejo hlapne komponente, je pomembna tudi viskoznost škrobov, saj se škrobi med seboj razlikujejo po viskoznosti, ki vpliva na zadrževanje hlapnih spojin. Tisti škrobi, ki tvorijo bolj viskozne paste, bolje zadržujejo komponente. Vendar pa se viskoznost pri različnih temperaturah spreminja, zato je tudi temperatura ključni dejavnik pri zadrževanju hlapnih komponent.

S statistično analizo smo ugotovili, da je statistično zelo visoko značilen vpliv temperature, škroba ter njune interakcije na sproščanje spojin. Podobne ugotovitve omenjajo tudi drugi viri. Jouquand in sod. (2004) so prišli do ugotovitev, da se pri različnih temperaturah in vrstah škroba spojine različno vežejo na škrob, kar pa je odvisno od hidrofobnih in H-vezi.

5.1.3 Senzorične lastnosti

Za porabnike je senzorična ocena ključnega pomena, saj določa kakovost izdelka. V ta namen tudi proizvajalci skušajo narediti izdelek čimbolj sprejemljiv za porabnika. V naši nalogi smo zato poleg analiz opravljenih z metodo SPME-PC-MS, opravili tudi senzorično analizo, saj ima le ta končno oceno pri porabnikih.

Pri senzorični analizi smo ugotovili, da je najbolj izrazit vonj po jagodni aromi pri škrobu AMILOGEL G, ki je bil ocenjen s povprečno oceno 7,2 od možnih 8-ih točk, kar pomeni da ta škrob najslabše zadržuje hlapne spojine. Najmanj izrazit vonj po jagodni aromi pa je imel HELIODEX KR, ki je bil ocenjen samo z 0,1 točke, saj dejansko sploh ni imel vonj po jagodi, ampak nek tuj vonj. S senzoričnega vidika je torej nesprejemljiv za potrošnika.

V raziskavah, ki so jih opravili Yven in sod. (1998) naj bi bili rezultati opravljeni z metodo GC-MS primerljivi s senzorično analizo vzorcev. V našem primeru rezultati niso skladni, saj smo pri senzorični oceni uporabili manjšo koncentracijo jagodne arome. Pri rezultatih pa je lahko prišlo tudi do napak, zaradi uporabe ultra-turax-a, ki smo ga uporabili pri nekaterih vzorcih zaradi pregostega gela. Pri tem je prišlo do stika z kovino, ki ima lahko tudi vpliv na vezavo hlapnih spojin na škrob. Če primerjamo gel v trdnem stanju in homogeniziran gel, je razlika tudi v difuziji arome skozi matriks, kar ima lahko tudi vpliv na sam rezultat.

S statistično analizo smo ugotovili, da ima vrsta škroba statistično zelo visoko značilen vpliv na vonj. AMILOGEL G je voskasti koruzni škrob, HELIODEX KR pa je krompirjev škrob, zato smo tudi lahko pričakovali, da bodo različno delovali s hlapnimi spojinami.

5.2 SKLEPI

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

- Eksperimentalno smo ugotovili, da se iz škrobov najbolj sprošča etil heksanoat, najmanj pa metil heksanoat.
- Aromatske spojine jagodne arome se na različnih škrobih različno sproščajo ($P \leq 0,0001$), izjema je etil pentanoat na sproščanje katerega vrsta škroba nima vpliva.
- Najboljši zadrževalec arom je AMILOGEL G, najslabši pa AMILOGEL PDP.
- Hlapne aromatske spojine, kot so etil heksanoat, metil etil propanoat, heksil acetat in fenil metil acetat se pri 60 °C bolje zadržujejo v vodi kot na škrobih.
- Hlapne komponente pri 30 °C najbolje zadržuje HELIODEX KR, najslabše pa AMILOGEL OK. Pri 60 °C najbolje zadržuje hlapne komponente AMILOGEL GG, najslabše pa AMILOGEL PDP.
- Vrsta škroba pogojuje izraznost jagodne arome ($P \leq 0,0001$).
- Najbolj izrazit vonj po jagodni aromi ostane pri škrobu AMILOGEL G. Najmanj izrazit vonj po jagodni aromi je imel HELIODEX KR, ki ni imel vonja po jagodi ampak nek tuj vonj.

6 POVZETEK

Arome se dodajajo živilom z namenom izboljšanja vonja in okusa. Uporaba jagodne arome vezane na škrob, predstavlja za proizvajalce hrane določene tehnološke prednosti: razvoj novih izdelkov, izboljšanje kakovosti obstoječih izdelkov, kar pomeni predvsem spremembo strukture, teksture, okusa, vonja in videza izdelka.

Polisaharidi so naravni polimeri, ki so zaradi svojih specifičnih lastnosti že dolgo časa predmet znanstvenega raziskovanja. Najpomembnejša značilnost polisaharidov je njihova sposobnost spremeniti lastnosti vodnega medija in sicer z zgoščevanjem, emulgiranjem, stabilizacijo, nabrekanjem, nastankom gelske strukture. V živilstvu jih uporabljamo kot zgoščevalce in želirne snovi. Osnovni namen uporabe teh dodatkov je, da izboljšamo strukturo in kakovost živil, njihovo viskoznost in elastičnost.

V diplomskem delu smo želeli ugotoviti, kako različne vrste škrobov pri različnih temperaturah zadržujejo hlapne komponente jagodne arome. V raziskavo smo vključili 8 vrst škroba: (AMILOGEL P, AMILOGEL K, AMILOGEL PDP, AMILOGEL G, AMILOGEL MVK, AMILOGEL HP, AMILOGEL OK, AMILOGEL HPW), karagenan (AMILOGEL CAR), guar gumo (AMILOGEL GG) in krompirjev dekstrin (HELIODEX KR), na katerih smo proučevali sposobnost zadrževanja 10 hlapnih komponent jagodne arome: etil butanoat, 2-metil etil butanoat, 3-metil etil butanoat, etil pentanoat, metil heksanoat, etil heksanoat, metil etil propanoat, heksil acetat, 3-heksenol in fenil metil acetat. Želeli smo potrditi delovno hipotezo, ki smo jo postavili: različne vrste škroba pri temperaturah (30 °C in 60 °C) različno zadržujejo hlapne (aromatske) komponente jagodne arome.

Ugotovili smo, da se iz škrobov najbolj sprošča etil heksanoat, najmanj pa metil heksanoat. Pri ugotavljanju kateri škrob najbolj zadrži hlapne komponente smo prišli do zaključka, da je najboljši zadrževalec arom škrob AMILOGEL G, najslabši pa AMILOGEL PDP. Pri analiziranju škrobov pri različnih temperaturah, smo ugotovili, da hlapne komponente pri 30 °C najbolj zadrži HELIODEX KR, najslabše pa AMILOGEL OK. Pri 60 °C najbolj zadrži hlapne komponente AMILOGEL GG, najslabše pa AMILOGEL PDP. Pri senzorični analizi smo ugotovili, da najbolj izrazit vonj po jagodni aromi ostane pri škrobu AMILOGEL G, najmanj izrazit vonj pa je imel HELIODEX KR.

Na osnovi eksperimentalnih analiz smo lahko potrdili hipotezo, da različne vrste škroba pri temperaturah (30 °C in 60 °C) različno zadržujejo hlapne (aromatske) komponente jagodne arome.

7 VIRI

- Abramovič H. 2004. Gumiji mikrobnega izvora- dodatek v živilski industriji. *Kemija v šoli*, 16,4: 28-32
- Abramovič H., Klofutar C. 1998. Viscosities and apparent specific volumes of pectic acid and its lithium salt in aqueous solutions. *Food Hydrocolloids*, 12, 2: 167-173
- Adamič M. 1994. Zdravstveni vidiki uporabe dodatkov. V: Aditivi. 16. Bitenčevi živilski dnevi '94, Ljubljana, 9-10 jun. 1994. Raspor P. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 131-136
- Alves M.M., Antonov Y.A., Goncalves M.P. 1999. The effect of structural features of gelatin on its thermodynamic compatibility with locust bean gum in aqueous media. *Food Hydrocolloids*, 13,2: 157-166
- Arthur C.L., Pawliszyn J. 1990. Slid phase microextraction with termal desorption using fused silica optical fibres. *Analytical Chemistry*, 62: 2145-2148
- Arvisement G., Voilley A., Cayot N. 2002a. Retention of aroma compounds in starch matrces: Competitions between aroma compounds toward amylose and amylopectin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 25: 7345-7349
- Arvisement G., Bail P le., Voilley A., Cayot N. 2002. Influence of physicochemical interactions between amylose and aroma compounds on the retention of aroma in food-like matrices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 24: 7088-7093
- Autio K., Pessa E., Suortti T., Pontanen K. 1992. Characterization of acid- hydrolyzed starches for the confectionery. *Food Hydrocolloids*, 6,4: 371-377
- Baša H. 1999. Postopki za določanje hlapnih ogljikovodikov v zraku. Magistrsko delo. Ljubljana, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo: 30-35
- 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
- Boutboul A., Giampaoli P., Feigenbaum A., Ducruet V. 2000. Use of inverse gas chromatography with humidity control of the carrier gas to characterise aroma-starch interactions. *Food Chemistry*, 71,3: 387-392
- Boutboul A., Giampaoli P., Feigenbaum A., Ducruet V. 2002. Influence of the nature and treatment of starch on aroma retention. *Carbohydrate Polymers*, 47, 1: 73-82
- Caemsa carrageenan. 2002. O Porriño, (España), CAEMSA Compañia Española de Algas Marinas, S.A.
<http://www.ceamsa.com/CeamsaHome.asp> (10.2.2006): 1 str.

- Česen M. 1994. Tehnološke in ekonomske prednosti uporabe aditivov. V: Aditivi. 16. Bitenčevi živilski dnevi '94, Ljubljana, 9-10 jun. 1994. Raspor P. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 199-208
- Frank D.C., Owen C.M., Patterson J. 2004. Solid phase microextraction (SPME) combined with gas- chromatography and olfactometry-mass spectrometry for characterization of cheese aroma compounds. *Lebensmittel- Wissenschaft und- Technologie*, 37, 2: 139-154
- Frim A. 2003. Spremembe aromatičnih komponent med tehnološkimi postopki proizvodnje jabolčnega soka. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo:12-12
- Goubet I., Le Quere J.L., Voilley A.J. 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, 5: 1981-1990
- Guichard E. 2002. Interactions between flavor compounds and food ingredients and their influence on flavor perception. *Food Reviews International*, 18, 1: 49-70
- Guinard J.X., Marty C. 1995. Time-intensity measurement of flavor release from a model gel system: Effect of gelling agent type and concentration. *Journal of Food Science*, 60, 4:727-730
- 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
- Jaillas B., Bertrand V., Auger J. 1999. Cryo-trapping/SPME/GC analysis of cheese aroma. *Talanta*, 48: 747-753
- Javornik B. 2001. Funkcionalna hrana: rastlinska biotehnologija in genomika. V: Funkcionalna hrana. 21. Bitenčevi živilski dnevi 2001, Portorož, 8-9 nov. 2001. Žlender B., Gašperlin L.(ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 175-180
- Jouquand C., Ducruet V., Giampaoli P. 2004. Partition coefficients of aroma compounds in polysaccharide solutions by the phase ratio variation method. *Food Chemistry*, 85, 3: 467-474
- 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
- Kerin D. 1988. Preglednice sestavin v 100 g užitnega dela ali sokovih. V: Sadje v naši prehrani. Rejc T. (ur.). Ljubljana, Kmečki glas: 144 str

- Koron D. 1997. Jagode. Ljubljana, Kmečki glas: 17, 82
- Kosec T. 2001. Določanje hlapnih organskih komponent v vzorcih plina. Diplomsko delo. Ljubljana, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo: 10-12
- Langourieux S., Crouzet J. 1994. Study of aroma compounds-polysaccharides interactions by dynamic exponential dilution. *Lebensmittel- Wissenschaft & Technologie*, 27, 6: 544-549
- Mindrup R., Shirey R.E. 2001. Improved performance of SPME fibres and applications. Bellefonte, ZDA, Sigma-Aldrich Corporation.
<http://www.sigmaaldrich.com/Graphics/Supelco/objects/11000/10942.pdf>
(januar, 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
- Mozetič B. 1998. Encimska aktivnost jagod v stresnih pogojih. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 3,5
- NIST Chemistry WebBook- Standard Reference Database Number 69. 2005. Gaithersburg, ZDA, National Institute of Standards and Technology
[http://webbook.nist.gov/chemistry/\(23.3.2006\):10](http://webbook.nist.gov/chemistry/(23.3.2006):10) str
- Oraš Lemič Z. 2005. Škrobni izdelki za prehrabeno industrijo. Interno gradivo. Domžale, Helios, Kemična tovarna Domžale, d.o.o.: 3 str.
- Perez A.G., Rios J.J. Sauz 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
- Pristovšek I. 2006. Jagodna aroma. Interno gradivo. Celje, Etol.
<Igor.pristovsek@etol.si>: 1 str.
- Prosen H., Zupančič-Kralj L. 1999. Solid phase microextraction Trends in Analytical Chemistry, 18, 4: 272-282
- Rosenberg M., Kopelman I.J., Talmon Y. 1990. Factors affecting retention in spray-drying microencapsulation of volatiles materials. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38: 1288-1294

- 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, 3: 372-379
- Seuvre A.M., Philippe E., Rochard S., Viilley A. 2006. Retention of aroma compounds in food matrices of similar rheological behaviour and different compositions. *Food Chemistry*, 96, 1: 104-114
- Shirakawa M., Yamatoya K., Nishinari K. 1998. Tailoring of xyloglucan properties using an enzyme. *Food Hydrocolloids*, 12, 1: 25-28
- Tester R.F., Karkadas J. 2003. Carbohydrates. V: *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. Vol.2. 2nd ed. Caballero B., Trugo L.C., Finglas M.P. (eds.). Amsterdam, Academic Press: 862-875
- Thomas D.J., Atwell W.A. 1999. *Starches*. St.Paul, Minnesota. Eagan Press: 6, 26, 27, 31, 32, 34, 43 str.
- SAS/STAT Software. Version 8.01.1999. Cary, SAS Institute Inc: software
- Seymour G.B., Taylor J.E., Tucker G.A. 1993. *Biochemistry of fruit ripening*. London, Chapman & Hall: 454 str.
- Souci S.W., Fachmann W., Kraut H. 2000. *Food composition and nutrition tables*. 6th rev. ed. Boca Raton, CRC Press: 908-908
- Šturm K., Koron D., Štampar F. 2005. Vrednotenje notranje kakovosti jagod glede na tehnologijo pridelave in stopnjo zrelosti. *Revija za sadjarstvo, vinogradništvo in vinarstvo*, 16, 6: 3-5
- Van Ruth S.M., King C., Giannouli P. 2002. Influence of lipid fraction, emulsifier fraction, and mean particle diameter of oil-in-water emulsions on the release of 20 aroma compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 8: 2365-2371
- What is Starch? 2005. Norwich, (UK), John Innes Centre, (22.6.2005)
<http://www.jic.ac.uk/staff/cliff-hedley/whatisstarch.html> (11.2.2006): 1 str.
- Wittkowski R. 1993. *Fundamental aspects of capillary gas chromatography*. V: *Capillary gas chromatography in food control and research*. Wittkowski 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, 4: 1510-1514

Zamora A. 2005. Carbohydrates-chemical structure. Bethesda, (USA), ScientificPsychic.
<http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohydrates.html> (4.4.2006): 2 str.

Zupančič A., Žumer M. 2001. Viscoelastic properties of hydrophilic polymers in aqueous dispersions. Acta Chimica Slovenica, 48, 4: 469-486

8 ZAHVALA

Za strokovno pomoč pri izdelavi diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju doc. dr. Rajku Vidrihu s Katedre za tehnologijo rastlinskih živil na Biotehniški fakulteti.

Ravno tako se zahvaljujem za vse napotke pri diplomski nalogi dr. Emilu Zlatiču s Katedre za tehnologijo rastlinskih živil na Biotehniški fakulteti.

Za pomoč pri statistični obdelavi podatkov in urejanju diplomske naloge se najlepše zahvaljujem recenzentki 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 diplomski nalogi se zahvaljujem Lidiji Kovačič.

Iskreno se zahvaljujem celotni družini, predvsem pa staršema, ki sta mi tako moralno kot tudi finančno pomagala vsa leta mojega študija.

