

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Gregor FRIC

**VPLIV ANTOCIANOV IN SKUPNIH FENOLNIH SPOJIN NA BARVO
JAGODNEGA DŽEMA**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**INFLUENCE OF ANTHOCYANINS AND TOTAL PHENOLIC CONTENT ON
STRAWBERRY JAM COLOUR**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2014

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija živilske tehnologije. Delo je bilo opravljeno na Katedri za tehnologije, prehrano in vino Oddelka za živilstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Za mentorja je imenovan doc. dr. Tomaž Požrl in za recenzentko prof. dr. Helena Abramovič.

Mentor: doc. dr. Tomaž Požrl

Recenzentka: prof. dr. Helena Abramovič

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Gregor Fric

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn
DK UDK 664.858:634.75:547.56+547.973(043)=163.6
KG jagode / izdelki iz jagod / jagodni džemi / skladiščenje / fenolne spojine / antociani / barva
AV FRIC, Gregor
SA POŽRL, Tomaž (mentor)/ ABRAMOVIČ, Helena (recenzentka)
KZ SI – 1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo
LI 2014
IN VPLIV ANTOCIANOV IN SKUPNIH FENOLNIH SPOJIN NA BARVO JAGODNEGA DŽEMA
TD Diplomsko delo (Univerzitetni študij)
OP IX, 50 str., 9 pregl., 18 sl., 92 vir
IJ sl
JI sl/en
AI Barva jagodnih izdelkov je pomemben senzorični dejavnik, ki vpliva na sprejemljivost izdelka. Barva jagodnega džema je zelo značilna, istočasno pa občutljiva in nestabilna. Namen diplomske naloge je bil ugotoviti, kakšna sestava jagodnega džema in kateri pogoji skladiščenja jagodnega džema bi zagotovili najboljšo obstojnost barve in ohranjanje koncentracije fenolnih spojin v izdelku. Pripravili smo 7 različic jagodnega džema, ki so se razlikovale po sestavi in pogojih skladiščenja (osnovno različico, različice z večjo vsebnostjo pektina oz. sladkorja ter dodatkom naravnega barvila, različice skladiščene v dušikovi atmosferi, pri nižji temperaturi skladiščenja (4 °C namesto 20 °C) in na dnevni svetlobi). Vse različice jagodnega džema smo skladiščili 19 tednov. V različnih časovnih terminih smo na vzorcih instrumentalno izmerili barvo in spektrofotometrično določili vsebnost skupnih fenolnih spojin in skupnih antocianov. Rezultate smo statistično obdelali. Med skladiščenjem so vse različice postajale svetlejše (večja barvna vrednost L^*), manj rdeče (manjša barvna vrednost a^*) in bolj rumene (večja barvna vrednost b^*). Barva se je najmanj spreminjala med skladiščenjem na temperaturi 4 °C. V jagodnih džemih smo določili približno 300 mg GAE/100 g skupnih fenolnih spojin, vendar med različicami jagodnih džemov ni bilo statistično značilnih razlik. Vsebnost skupnih antocianov v vseh različicah džemov je bila takoj po pripravi značilno največja ($p < 0,001$). S časom je pri vseh različicah vsebnost skupnih antocianov konstantno in značilno padala, razen pri različici skladiščeni na nižji temperaturi, kjer se je vsebnost skupnih antocianov bistveno počasneje zmanjševala; na koncu skladiščenja je imela različica skladiščena na nižji temperaturi več kot trikratno vsebnost skupnih antocianov kot vse ostale različice. Najmočnejšo in statistično visoko značilno pozitivno povezavo smo dokazali med barvno vrednostjo a^* in vsebnostjo skupnih antocianov ($r=0,87$, $p < 0,0001$). Nižja temperatura skladiščenja je najbolj ohranjala osnovno barvo jagodnega džema in visoko vsebnost skupnih antocianov.

KEY WORD DOCUMENTATION

DN Dn
DC UDK UDK 664.858:634.75:547.56+547.973(043)=163.6
CX strawberries / strawberry products / strawberry jam / storage / phenolic compounds / anthocyanins / colour
AU FRIC Gregor
AA POŽRL, Tomaž (supervisor)/ ABRAMOVIČ, Helena (reviewer)
PP SI – 1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Food Science and Technology
PY 2014
TI INFLUENCE OF ANTHOCYANINS AND TOTAL PHENOLIC CONTENT ON STRAWBERRY JAM COLOUR
DT Graduation Thesis (University studies)
NO IX, 50 p., 9 tab., 18 fig., 92 ref.
LA sl
AL sl/en
AB The colour of strawberry products is an important sensory factor affecting the sale of the product. The colour of strawberry jam is quite typical, but also very sensitive and unstable. The purpose of the thesis was to determine what composition of strawberry jam and what storage conditions would ensure the best stability of its colour while keeping the concentration level of phenolic compounds of strawberry jam. We have prepared seven versions of strawberry jam which varied regarding the composition and storage conditions (a basic version, a version containing more pectin, one containing more sugar, and one with natural colour added, a version stored in nitrogen atmosphere, one stored at lower temperature (4°C instead of 20°C), and one stored at daylight). All seven versions of strawberry jam were stored for 19 weeks. At chosen time intervals we measured the colour of the samples and spectrophotometrically determined the content of total phenolic compounds and total anthocyanins. The results have been statistically processed. During the storage, all variants were turning lighter (higher colour value L^*), less red (lower colour value a^*), and more yellow (higher colour value b^*). The colour change was the least noticeable during the storage at the temperature of 4°C. In strawberry jams we determined approximately 300 mg GAE/100 g of total phenolic compounds, however, none of the different versions of strawberry jam was statistically typical different. The content of total anthocyanins of all versions of jam was typically the highest immediately after the preparation ($p < 0,001$). As the time passed, the content of total anthocyanins was decreasing constantly and typically in all versions, except in the one stored at a lower temperature, in which the decrease of the content of total anthocyanins was significantly slower; at the end of storage, the content of the total anthocyanins in the version stored at a lower temperature was more than three times higher than in all other versions. The strongest and statistically highly characteristic positive connection was proved to exist between the colour value a^* and the content of the total anthocyanins ($r=0,87$, $p < 0,0001$). The lower storage temperature was the best for preservation of the basic colour of strawberry jam and a high content of total anthocyanins.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORD DOCUMENTATION.....	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO SLIK	VII
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	IX
1 UVOD	1
1.1 NAMEN DELA	1
1.2 HIPOTEZE	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 JAGODE.....	2
2.2 MORFOLOŠKE ZNAČILNOSTI, PRIDELAVA IN HRANILNA SESTAVA JAGOD.....	2
2.3 FENOLNE SPOJINE.....	4
2.3.1 Pomen fenolnih spojin.....	5
2.3.2 Fenolne spojine v jagodah.....	7
2.3.3 Antociani	8
2.3.4 Antociani v jagodah.....	9
2.4 BARVA JAGOD IN JAGODNIH IZDELKOV.....	10
2.4.1 Vpliv različnih dodatkov na barvo jagodnih izdelkov	10
2.4.2 Vpliv pogojev skladiščenja na barvo jagodnih izdelkov	11
2.5 IZDELKI IZ JAGOD	12
2.5.1 Tehnološki proces priprave džemov in marmelad	13
2.5.2 Priprava sadja.....	14
2.5.3 Termična obdelava ali vkuhanje sadja.....	15
3 MATERIALI IN METODE	17
3.1 PRIPRAVA VZORCEV JAGODNEGA DŽEMA	17
3.1.1 Materiali	17
3.1.2 Postopek priprave jagodnega džema	17
3.2 METODE DELA	20
3.2.1 Merjenje barve jagodnega džema	20
3.2.2 Spektrofotometrično določanje skupnih fenolnih spojin	22
3.2.3 Spektrofotometrično določanje skupnih antocianov.....	24
3.2.4 Statistična analiza	25
4 REZULTATI.....	27
4.1 REZULTATI INSTRUMENTALNIH MERITEV BARVE	27
4.2 REZULTATI SPEKTROFOTOMETRIČNEGA DOLOČANJA SKUPNIH FENOLNIH SPOJIN	29
4.3 REZULTATI SPEKTROFOTOMETRIČNEGA DOLOČANJA SKUPNIH ANTOCIANOV	30
4.4 KORELACIJSKA ANALIZA	31
4.5 MULTIVARIATNA ANALIZA	32
5 RAZPRAVA IN SKLEPI.....	38
5.1 RAZPRAVA.....	38

5.2	SKLEPI.....	41
6	POVZETEK.....	42
7	VIRI	43

ZAHVALA

KAZALO SLIK

Slika 1: Enostavna struktura fenola (Boyer, 2002)	5
Slika 2: Biosinteza fenolnih spojin (Lee, 1993; Ibrahim, 1993; Stafford, 1993)	6
Slika 3: Strukturna formule nekaterih skupin fenolnih spojin (flavonoli in flavanoli) (Seeram in sod., 2006).....	8
Slika 4: Strukturna formula antocianidinov (Prior in Wu, 2006).....	9
Slika 5: Tehnološka shema proizvodnje džema (Zhao, 2012).....	14
Slika 6: Vzorci jagodnega džema v šeststranih kozarcih z oznakami	18
Slika 7: Naprave za pripravo jagodnega džema	18
Slika 8: Shema poskusa	20
Slika 9: Kromameter Minolta CR 400/41.....	21
Slika 10: Tridimenzionalna predstavitev L^* , a^* in b^* barvnih vrednosti (Echo Productions, 1999).....	21
Slika 11: Videz reakcijskih zmesi za preiskovane vzorce po tem, ko je potekla reakcija s Folin Ciocalteu jevim reagentom	22
Slika 12: Umeritvena krivulja za določanje skupnih fenolnih spojin.....	23
Slika 13: Umeritvena krivulja za določanje skupnih antocianov	25
Slika 14: Povezava med spremembo svetlosti (ΔL^*) in intenzivnosti barve (ΔC^*) vseh različic jagodnih džemov takoj po pripravi.....	33
Slika 15: Povezava med spremembo svetlosti (ΔL^*) in intenzivnosti barve (ΔC^*) vseh različic jagodnih džemov po 6 tednih skladiščenja	34
Slika 16: Povezava med spremembo svetlosti (ΔL^*) in intenzivnosti barve (ΔC^*) vseh različic jagodnih džemov po 12 tednih skladiščenja	35
Slika 17: Povezava med spremembo svetlosti (ΔL^*) in intenzivnosti barve (ΔC^*) vseh različic jagodnih džemov po 16 tednih skladiščenja	36
Slika 18: Povezava med spremembo svetlosti (ΔL^*) in intenzivnosti barve (ΔC^*) vseh različic jagodnih džemov po 19 tednih skladiščenja	37

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Kemijska sestava jagod (Souci in sod., 2000)	3
Preglednica 2: Pridelava jagod v posameznih letih v Sloveniji (SURS, 2014)	4
Preglednica 3: Opisi vseh različic vzorcev jagodnega džema	19
Preglednica 4: Vpliv skladiščenja (0-19 tednov) in različice (A-G) jagodnega džema na instrumentalno merjeno barvno vrednost L^*	27
Preglednica 5: Vpliv skladiščenja (0-19 tednov) in različice (A-G) jagodnega džema na instrumentalno merjeno barvno vrednost a^*	28
Preglednica 6: Vpliv skladiščenja (0-19 tednov) in različice (A-G) jagodnega džema na instrumentalno merjeno barvno vrednost b^*	29
Preglednica 7: Vpliv skladiščenja (0-19 tednov) in različice (A-G) jagodnega džema na vsebnost skupnih fenolov (mg GAE/100 g jagodnega džema)	30
Preglednica 8: Vpliv skladiščenja (0-19 tednov) in različice (A-G) jagodnega džema na vsebnost skupnih antocianov (Pg-3-gluc E mg/100 g jagodnega džema)	31
Preglednica 9: Tesnost povezave med instrumentalno izmerjenimi parametri barve in spektrofotometrično določenimi vsebnostmi skupnih fenolnih spojin (SF) in skupnih antocianov (SA) (Pearsonov korelacijski koeficient, r)	32

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ΔC^*	sprememba intenzivnosti barve
ΔL^*	sprememba svetlosti
GAE	ekvivalenti galne kisline
GLM	general linear model
LDL	lipoproteini nizke gostote
p	statistična značilnost razlik
p_C	statistična verjetnost vpliva časa skladiščenja
Pg-3-gluc E	ekvivalent pelargonidin-3-glukozida
p_R	statistična verjetnost vpliva različice
r	Pearsonov korelacijski koeficient
SA	skupni antociani
SEM	standardna napaka povprečja
SF	skupne fenolne spojine

1 UVOD

Potrošnik se med ogledom izdelka na trgovskih policah v povprečju v 8 sekundah odloči za nakup. Barva izdelkov iz predelanega sadja je ključni izključitveni dejavnik, zato se proizvajalci izdelkov iz jagod intenzivno ukvarjajo s problemom nestabilnosti ter tipa barve. Značilna barva je zelo pomembna za senzorične zaznave potrošnikov, saj vpliva tudi na sprejemljivost izdelkov pri okušanju. Jagode in izdelki iz jagod vsebujejo številne fenolne spojine, med katerimi imajo ključno vlogo pri barvi jagod antociani (vodotopni pigmenti, ki so prisotni v številnih rastlinah), ki pa spreminjajo barvo jagod v odvisnosti od številnih parametrov (genetskih, klimatskih in drugih). Poleg antocianov vplivajo na barvo tudi druge snovi, ki so prisotne v jagodah.

Jagode odlikujejo značilne senzorične lastnosti, ki sveže sadje in jagodne sadne izdelke uvrščajo med pomembne in prepoznavne. Jagodičje ima relativno veliko vsebnost antioksidantov, zato mu pripisujemo tudi številne blagodejne učinke na človeško zdravje in počutje.

Med predelavo jagod in skladiščenjem izdelkov prihaja do razpada in zmanjševanja koncentracije antocianov. Vrednost pH, temperatura, svetloba in prisotnost kisika so samo nekateri od dejavnikov, ki vplivajo na barvo jagodnih izdelkov. Tudi različni procesni parametri (dodatki različnih surovin, pogoji skladiščenja itn.) lahko spreminjajo barvo končnega izdelka. Bistvenih sprememb barve v izdelkih pa ne opazimo vedno takoj po zaključeni predelavi, ampak šele po določenem času skladiščenja, tako da je tudi časovna komponenta pomembna pri vrednotenju sprememb.

1.1 NAMEN DELA

Namen naloge je bil ugotoviti, kateri način priprave oz. kakšna sestava jagodnega džema in kateri pogoji skladiščenja jagodnega džema zagotavljajo najboljšo obstojnost barve in ohranjanje koncentracije fenolnih spojin v izdelku.

1.2 HIPOTEZE

Predvidevamo:

- o da se bo barva jagodnega džema spreminjala v odvisnosti od sestave, pogojev skladiščenja in časa skladiščenja,
- o da se bo vsebnost antocianov v jagodnem džemu spreminjala v odvisnosti od sestave, pogojev skladiščenja in časa skladiščenja,
- o da se bo vsebnost skupnih fenolov v jagodnem džemu spreminjala v odvisnosti od sestave, pogojev skladiščenja in časa skladiščenja,
- o da bo vsebnost antocianov in skupnih fenolov vplivala na spremembe barve jagodnega džema.

2 PREGLED OBJAV

2.1 JAGODE

Poznamo veliko vrst jagod, ki se razlikujejo po okusu, velikosti in teksturi. Večina komercialno gojenih jagod je kultivarjev hibrida vrtno jagode (*Fragaria ananassa*), razširjene pa so tudi gozdne jagode (*Fragaria vesca*). Z načrtnim gojenjem jagod so pričeli v 18. stoletju, ko so iz Južne Amerike v Evropo prinesli jagodnjake, katerih plodovi so bili bistveno večji od plodov pridelanih v Evropi. Posledica križanja s severnoameriško sorto so bili veliki, sočni in sladki sadeži, ki so postajali iz dneva v dan vse bolj priljubljeni. (Hummer in Hancock, 2009).

Jagode imajo zaradi svoje sestave številne pozitivne vplive na zdravje ljudi. So odličen vir antioksidantov, vitamina C in mangana ter pomemben vir vlaknin, joda, folatov, bakra, kalija, biotina, fosforja, magnezija, vitamina B6 in omega-3 maščobnih kislin (Wu in sod., 2006).

Predvsem na račun velike vsebnosti fenolnih spojin je redno uživanje jagod povezano s protivnetnimi učinki (znižanje C reaktivnega proteina CRP) (Ellis in sod., 2011). Nadalje, številne raziskave so pokazale, da prehrana bogata z jagodami vpliva na ožilje, tako, da zniža oksidacijo maščob v celičnih membranah krvnih žil. Slednje vpliva na znižanje ravni maščob v krvnem obtoku (celokupni holesterol, LDL ter znižanje aktivnosti angiotenzin I-konvertaze (ACE), to je encima, katerega prekomerna aktivnost veča tveganje za visok krvni tlak).

Redno uživanje jagod (2 do 3-krat na teden) zmanjšuje tudi tveganja povezana s sladkorno boleznijo tipa 2. Elagova kislina zavira aktivnost encima alfa-amilaza. Le ta je odgovoren za razgradnjo škroba in ob pomanjkanju encima ali nižji aktivnosti se v krvni obtok sprostijo manj enostavnih sladkorjev (Sesso in sod., 2007). Protirakave lastnosti jagod so najbolj raziskane v primeru raka dojke, materničnega vratu, debelega črevesja ter raka požiralnika. Jagode vsebujejo že omenjeno elagovo kislino, ki se je pokazala za ključno v znižanju tveganja za obolenje z rakom (Wedge in sod., 2004; Szajdek in Borowska, 2008).

2.2 MORFOLOŠKE ZNAČILNOSTI, PRIDELAVA IN HRANILNA SESTAVA JAGOD

Aromatične jagode so najbolj priljubljena vrsta jagodičja na svetu. Čeprav moderni načini gojenja in transporta omogočajo dostopnost svežih jagod skozi vse leto, pri nas rastejo predvsem od aprila do julija, ko je sadež najbolj okusen in primerno zrel.

Jagodnjak (*Fragaria*) je rod družine rožnic. Je večletni zelnati grmič, ki ga sestavljata podzemni organ - korenika s koreninami in nadzemni del - steblo, listi, živice in rodni organi. Plod jagodnjaka ni jagoda v botaničnem pomenu besede, temveč je birni plod, ki je sestavljen iz številnih posameznih plodičev, ki se razvijejo iz cvetišča in so posejane s

plodiči ali oreški (semenkami). Botanično so jagode tako plodovi plodovk, med katere spadajo tudi kumare, buče, paradižnik, ipd. (Hummer in Hancock, 2009).

Pretežni delež v jagodah predstavlja voda, preostanek sadeža pa sladkorji, v večini enostavni sladkorji, vlaknine, ter vitamini in minerali.

Preglednica 1: Kemijska sestava jagod (Souci in sod., 2000)

Sestavina	Količina (na 100 g svežih jagod)
Voda	89,5 g
Beljakovine	0,8 g
Maščobe	0,1 g
Ogljikovi hidrati	6,0 g
Energijska vrednost	27 kcal, 113 kJ
Škrob	0
Skupni sladkorji	6,0 g
Glukoza	2,6 g
Fruktoza	3,0 g
Saharoza	0,3 g
Vlaknina	1,1 g
Na	6 mg
K	160 mg
Ca	16 mg
Mg	10 mg
P	24 mg
Fe	0,4 mg
Cu	0,07 mg
Zn	0,1 mg
Cl	18 mg
Mn	0,3 mg
Karoten	8 µg
Vitamin E	0,2 mg
Tiamin	0,03 mg
Riboflavin	0,03 mg
Niacin	0,6 mg
Vitamin B 6	0,06 mg
Folna kislina	20 µg
Pantotenska kislina	0,34 mg
Biotin	1,1 µg
Vitamin C	77 mg

Leta 2012 je bila največja pridelovalka jagod ZDA (1.366.850 ton), sledijo pa ji Mehika (360.426 ton), Turčija (353.173 ton), Španija (289.900 ton) in Egipt (242.297 ton) (FAOSTAT, 2013).

Preglednica 2: Pridelava jagod v posameznih letih v Sloveniji (SURS, 2014)

Leto	2005	2007	2009	2011	2013
Površina (ha)	104	109	110	99	106
Pridelek (t)	2175	1762	2054	1993	2144
Pridelek na ha (t/ha)	20,9	16,2	18,7	20,1	20,2

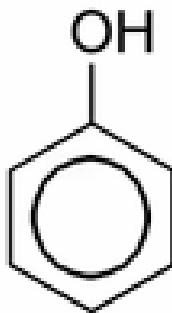
2.3 FENOLNE SPOJINE

Fenolne spojine so najobsežnejša skupina fitokemijskih spojin, ki vplivajo na senzorične, hranilne, antimikrobne, antioksidativne ter še številne druge lastnosti sadja in zelenjave. Vsakodnevno s hrano zaužijemo približno 1 g fenolnih spojin. Njihova vsebnost v rastlinah je odvisna od različnih dejavnikov: vrste sadja in zelenjave, kultivarja, okolja, skladiščenja, itn. (Aaby in sod., 2005; Sun in sod., 2002; Rababah in sod., 2005; Giampieri in sod., 2012).

Fenolne spojine definiramo kot spojine z aromatskim obročem, na katerega je vezana ena ali več hidroksilnih skupin. So pomemben del celičnih sten. Najdemo jih predvsem v vakuolah, v majhnih količinah pa so prisotne v medceličnini. Ne najdemo pa jih v citoplazmi. Obstajajo v topni in netopno vezani obliki. V obliki strukturnega materiala (lignina) opravljajo vlogo zagotavljanja trdnosti rastlinskega tkiva. So sestavina kutina ter suberina (z dolgimi verigami karboksilnih kislin) ter vplivajo na propustnost celične stene za pline in vodo (Heldt, 1997; Abram in Simčič, 1997; Robards in sod., 1999). Kot stresne metabolite jih omenja Swanson, (1993), saj lahko različni stresni dejavniki kot npr. svetloba, pomanjkanje vode, temperatura, kisik, poškodbe vplivajo na koncentracijo in sestavo fenolnih snovi v rastlinskih tkivih.

Fenolne spojine lahko razvrstimo na več načinov, uveljavlja pa se klasifikacija po številu C atomov (Abram in Simčič, 1997).

Strukturno jih lahko po številu hidroksilnih skupin, ki so vezane neposredno na aromatski obroč, razdelimo na enostavne fenole in polifenole, oziroma po naravni delitvi na neflavonoide (fenolne kisline, lignini, stilbeni) in flavonoide (antociani, flavanoli, flavonoli, flavoni, flavononi, izoflavoni in tanini) (Bravo, 1998; Stevenson in Hurst, 2007).



Slika 1: Enostavna struktura fenola (Boyer, 2002)

Robards in sod. (1999) fenolne spojine opredeljujejo kot sekundarne metabolite, ki so produkt šikimatne in fenilpropanoidne poti. Rastlinski metabolizem fenolnih spojin poteka v obliki reakcij petih različnih poti (Hradzina, 1994):

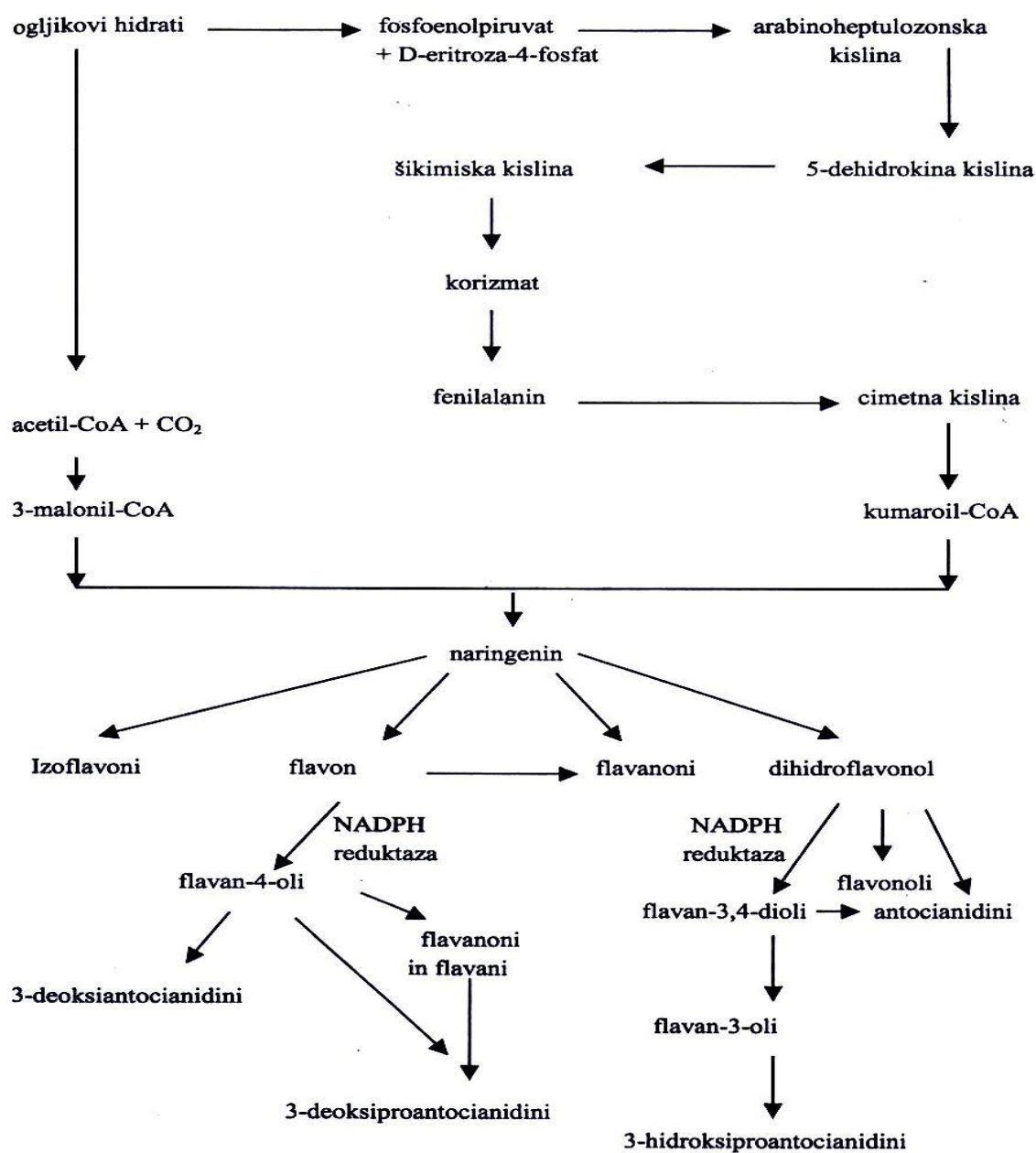
- o glikoliza (fosfoenolpiruvat),
- o pentoza fosfatna pot (eritroza-4-fosfat),
- o šikimatna pot (fenilalanin),
- o fenilpropanoidni metabolizem (aktivirani derivati cimetine kisline, lignin),
- o specifična flavonoidna pot.

Za fenolne spojine so značilne reaktivnost, tvorba intra- in intermolekularnih vodikovih vezi, sposobnost vezave kovinskih ionov in tvorba kelatnih spojin, oksidacija in druge kemijske lastnosti (Abram in Simčič, 1997).

2.3.1 Pomen fenolnih spojin

Fenolne spojine ščitijo rastlino pred mikroorganizmi ter raznimi škodljivci. Flavonoidi, stilbeni in kumarini so tako znani antibiotiki rastlin. Nadalje, fenolne spojine varujejo organizem pred stresnimi dejavniki okolja, kot so ioni težkih kovin, UV radiacija ter drugimi vrstami onesnaženja okolja (Heller, 1994).

Antioksidativne lastnosti fenolnih spojin preprečujejo nezaželene spremembe v živilih, povezane s kvarom zaradi oksidacije. Njihova prisotnost v živilu zmanjšuje potrebo po dodatku umetnih antioksidantov (Cheeson in sod., 1998; Lee, 1992). Živilska industrija jih uporablja še kot naravna barvila, vplivajo pa tudi na značilno aromo ter prehransko vrednost živila (Abram in Simčič, 1997; Robards in sod., 1999; Cheynier, 2005).



Slika 2: Biosinteza fenolnih spojin (Lee, 1993; Ibrahim, 1993; Stafford, 1993)

Osebe, ki se prehranjujejo z živili bogatimi s fenolnimi spojinami redkeje zbolijo za srčnimi ter rakavimi obolenji. Fenolne spojine po zaužitju v človeškem telesu zmanjšujejo vpliv reaktivnih kisikovih zvrsti (Chesson in sod., 1998). Hollman in Hertog (1998) navajata vpliv fenolnih spojin oziroma flavonoidov na inhibicijo razvoja rakavih obolenj in nižji pojav tveganje nastanka žilnih obolenj zaradi nižje oksidacije LDL. Hkraten, koristen vpliv na zdravje z antikarcinogenim, protivnetnim in antiangiogenim delovanjem navaja tudi Hernanz in sod. (2008). Čeprav so eksperimentalni rezultati večkrat obetavni, pa raziskave *in vivo* nemalokrat privedejo do zaključka, da sta intestinalna absorpcija fenolnih

spojin in koncentracija v plazmi prenizki, da bi lahko fenolne spojine uspešno delovale v ciljnim tkivu (Hof in sod., 1998; Wedge in sod., 2004).

Negativni učinek fenolnih spojin se izraža predvsem pri skladiščenju in predelavi živil, ki vsebujejo fenolne spojine. Fenolne spojine so podvržene spremembi barve, ker so dober substrat za oksidacijo, in ker reagirajo z drugimi sestavinami v hrani kot so reducirajoči sladkorji in kovine. Prav tako negativna je tvorba kompleksnih spojin med polifenoli in proteini. Do interakcije in tvorbe H-vezi pride med o-dihidroksifenoli in karboksilnimi skupinami iz proteinov. Te interakcije vplivajo na kakovost prehranskih proteinov, ki postanejo slabše prebavljivi, povzročajo pa tudi motnost in nastanek sedimenta pri skladiščenju nekaterih sokov (Lee, 1993).

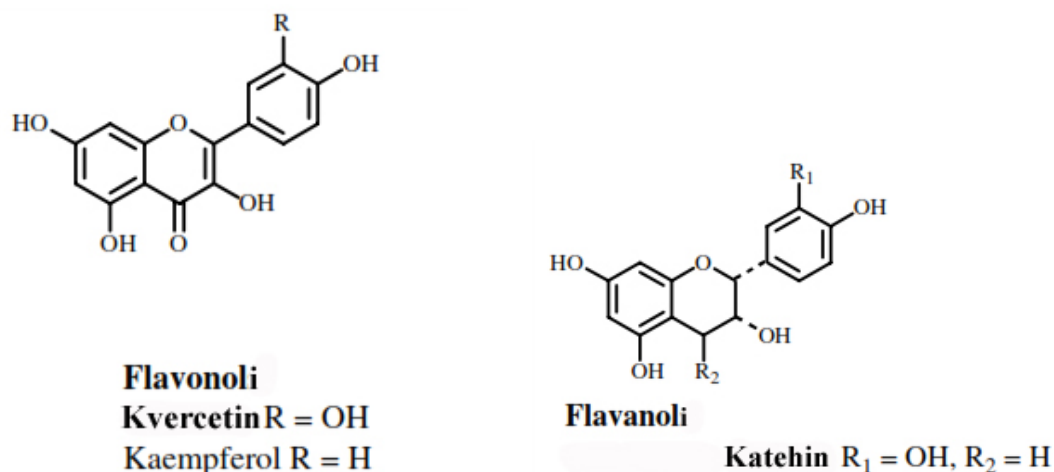
2.3.2 Fenolne spojine v jagodah

Jagode so zaradi pogostosti uživanja in dostopnosti jagodičevja pomemben vir aktivnih komponent v prehrani (Tulipani in sod., 2008). Wojdyło in sod. (2009) celo trdijo, da je v jagodah več fenolnih spojin kot v katerikoli drugi vrsti sadja.

Najpomembnejša in najboljšežnejša skupina fenolnih spojin so antociani, ki dajejo jagodnemu mesu značilno rdečo barvo (Aaby in sod., 2007). Poleg antocianov (zlasti cianidina in pelargonidina), vsebujejo jagode še flavonole (predvsem kampferole in kvercetine), flavanole (katehine, galokatehine, epikatehine, epigalokatehine), procianidine, hidroskibenzojske ter hidroksicimetne kisline (vključno s cimetovo, kumarno, kavno in ferulno kislino) in stilbene (vključno resveratrol).

Da Silva Pinto in sod. (2008) so v različnih kultivarjih določili od 250 do 320 mg skupnih fenolnih spojin v 100 g svežih jagod. Abby in sod. (2005) navajajo podobne vsebnosti skupnih fenolnih spojin v mesu jagod (230 mg do 340 mg na 100 g svežih jagod).

Fenolne spojine v jagodah in jagodnih izdelkih prispevajo k antioksidativni aktivnosti. Sveže jagode in tudi predelani jagodni izdelki imajo relativno visoko antioksidativno aktivnost v primerjavi z drugimi vrstami sadja (Bof in sod., 2012). Abby in sod. (2007) poročajo, da se vsebnost fenolnih snovi in antioksidativni potencial med tehnološkimi procesi predelave jagodičja spreminjajo različno v odvisnosti od številnih dejavnikov, kar pomeni, da lahko ostajajo enaki ali celo naraščajo.



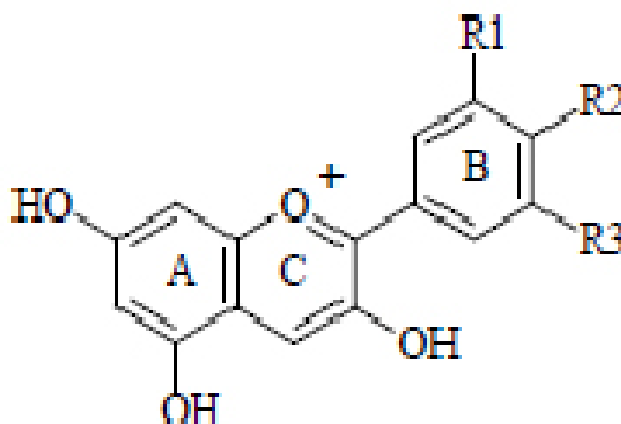
Slika 3: Strukturna formule nekaterih skupin fenolnih spojin (flavonoli in flavanoli) (Seeram in sod., 2006)

2.3.3 Antociani

Antociani so vodotopni pigmenti v sadju in zelenjavi. V rastlinskih celicah so prisotni v vakuolah v različnih oblikah. Kemijsko antociani spadajo v večjo skupino flavonoidov.

Antocianidini so osnovne oblike antocianov. Antocianidine (slika 4) sestavlja aromatski obroč A, vezan na heterociklični obroč C, ki vsebuje kisik, ki je prav tako vezan na tretji aromatski obroč B. So zelo nestabilni, zato se večinoma pojavljajo kot glikozidi, ki jih imenujemo antocianini oz. antociani. Molekule sladkorja so vezane na C obroč ali obroč A. Glukoza, galaktoza, arabinoza, ramnoza in ksiloza so najpogostejši sladkorji, ki so vezani na antocianidine. Do sedaj so odkrili več kot 500 različnih oblik antocianov in 23 antocianidinov. Najpogostejši antocianidini v hrani so pelargonidin, peonidin, cianidin, malvidin, petunidin in delphinidin, medtem ko je najbolj razširjen antocianin cianidin 3-glukozid (Manach in sod., 2004; Szajdek in Borowska, 2008; Castañeda – Ovando in sod., 2009).

Antociani se pojavljajo v rožnati, rdeči, modri ali vijolični barvi, odvisno od pH vrednosti. So zelo nestabilni in se hitro razgradijo. Njihova stabilnost ni odvisna samo od pH vrednosti ampak tudi od medija, temperature, koncentracije, kisika, svetlobe in encimov. Kopigmentacija je posebnost antocianov. Le ti ob prisotnosti drugih organskih spojin (flavonoidi, alkaloidi, amino kisline, proteini, nukleotidi, polisaharidi) ali kovinskih ionov tvorijo kompleksne molekule z intenzivnejšo barvo (McGhie in Walton, 2007; Castañeda – Ovando in sod., 2009).



Antocianidin	R1	R2	R3
Pelargonidin	H	OH	H
Cianidin	OH	OH	H
Delfinidin	OH	OH	OH
Peonidin	OCH ₃	OH	H
Petunidin	OCH ₃	OH	OH
Malvidin	OCH ₃	OH	OCH ₃

Slika 4: Strukturna formula antocianidinov (Prior in Wu, 2006)

2.3.4 Antociani v jagodah

Podatki o vsebnosti antocianov v jagodah med raziskavami variirajo. Clifford (2000) tako navaja med 150 mg/kg do 350 mg/kg antocianov, medtem ko Da Silva Pinto in sod. (2007) navajajo med 200 mg/kg do 600 mg/kg. Številni raziskovalci v svojih raziskavah primerjajo vsebnosti antocianov med različnimi kultivarji jagod. Tulipani in sod. (2008) so primerjali devet različnih kultivarjev jagod ter določili velike razlike v vsebnosti skupnih antocianov (od 99 mg/kg do 269 mg/kg svežega sadja).

Robinson in Robinson sta že leta 1931 odkrila, da je prevladujoči antocian v jagodah pelargonidin 3-glukozid, podobne rezultate pa so dobili tudi drugi avtorji (Espin in sod., 2000; Tulipani in sod., 2008). V večjih količinah je prisoten tudi cianidin 3-glukozid, pelargonidin 3-rutinozid in cianidin 3-rutinozid. V svežih jagodah predstavlja 77 – 90 % vseh antocianov pelargonidin 3-glukozid, 6 – 11 % je pelargonidin 3-rutinozida ter 3 – 10 % cianidin 3-glukozida (Lopes da Silva in sod., 2007).

Da je antocian pelargonidin 3-glukozid odgovoren za svetlo rdečo barvo jagod, cianidin 3-glukozid pa za vijolično, je poročal Wrolstad (1976). Rdeče antociane v jagodah pogosto spremljajo vijolični antocianin-flavanol kompleksi, ki so sestavljeni iz pelargonidin 3-glukozida in drugih fenolnih spojin, kar imenujemo kopigmentacija (Fossen in sod., 2004). Za odkritje več kot 25 antocianov v jagodah so zaslužni Lopes da Silva in sod. (2007).

Večina je sestavljena iz pelargonidina kot aglikona, nekateri pa so derivati cianidina. Najpogostejši sladkorji vezani na molekule antocianov v jagodah sta glukoza in rutinoza, v manjših deležih sta prisotni še ter arabinoza in ramnoza.

Najpomembnejši dejavnik pri razgradnji antocianov jagod je temperatura. Stabilnost barve končnega izdelka je odvisna od skupne vsebnosti barvil v jagodah. Antociani med obdelavo ter skladiščenjem reagirajo z drugimi fenolnimi spojinami in tvorijo barvne polimerne komponente. Le ti se ob različnih pogojih, kot je sprememba temperature, svetlobi, pH, prisotnosti kisika, askorbinske kisline razgradijo do fenolnih kislin in aldehydov (Kay in sod., 2009; Patras in sod., 2010; Cavalcanti in sod., 2011). Tiwari in sod. (2009) so v iskanju novih tehnik pasterizacij obdelali jagodni sok z ultrazvokom različnih frekvenc in preverjali stabilnost antocianov in askorbinske kisline. Ultrazvok je dobra alternativa toplotni obdelavi, saj je razgradnja antocianov ter askorbinske kisline intenzivnejša pri visokih temperaturah.

2.4 BARVA JAGOD IN JAGODNIH IZDELKOV

Barva ima poleg arome najpomembnejši vpliv na odločitev izbire potrošnika trdi Kirca in sod. (2007a, 2007b). Gössinger in sod. (2008) so ugotovili, da značilno barvo svežih jagod, za katero so zaslužni predvsem antociani, potrošniki prepoznajo tudi v jagodnih izdelkih in je kot taka pomembna za sprejemljivost izdelkov. Hernanz in sod. (2008) so ugotovili, da je barva jagod odvisna od genskih, klimatskih ter agronomskih dejavnikov. Spremembe barve po obiranju so povezane s spremembami antocianov. Barva jagod je odvisna od dejavnikov, ki vplivajo na stabilnost pigmentov. To so pH, encimi, svetloba, kisik in temperatura.

2.4.1 Vpliv različnih dodatkov na barvo jagodnih izdelkov

Veliko dela je bilo vloženo v raziskave vpliva dodatkov na obstojnost barve. Dodani antociani se uporabljajo za povečanje obstojnosti in dodatno obarvanje jagodnih izdelkov. Kot ugotavljajo Skrede in sod. (1992), dodan pelargonidin 3-glukozid zmanjša stopnjo razgradnje antocianov med procesom proizvodnje jagodnega sirupa, medtem ko sta Garzon in Wrolstad (2002) dodajala pelargonidine in potrdila daljšo obstojnost antocianov med skladiščenjem jagodnega soka. Dodatek fenolnih kislin jagodnemu soku ohranja intenzivnejšo barvo (Rein in Heinonen, 2004).

Zanimiv dodatek za povečanje obstojnosti barve so naravna barvila, kot npr. ekstrakt bezga in granatnih jabolk. Zafrilla in sod. (1998) so ugotavljali, da je sok granatnega jabolka učinkovit pri ohranjanju barve jagodnega džema. Dober vir antocianov je tudi črni koren (Mazza in Miniati, 1993). Pri nizkem pH ima tipičen svetlo rdeč odtenek identičen barvi jagod. Ustrezen je za obarvanje bonbonov, sadnih pijač ter želejev (Downham in Collins, 2000). Da je črni koren primeren dodatek za stabilnost barve med skladiščenjem, sta ugotavljata tudi Rein in Heinonen (2004), ko sta primerjala različne dodatke: ekstrakt rožmarina, črni koren in kožice grozdnih jagod. Kammerer in sod. (2007) so trdili, da je izguba barve predelanih jagod v povezavi z nizko vsebnostjo antocianov, medtem ko

uporaba dodanih pigmentov črnega korena in bezgovega soka močno izboljša negativne učinke razbarvanja jagod med skladiščenjem.

Dodatek askorbinske kisline deluje negativno pri ohranjanju barve jagodnih izdelkov, so ugotovili Skrede in sod. (1992). Askorbinska kislina pospeši razgradnjo antocianov v jagodnem soku, džemih in sirupih. Spremembo barve zaradi razgradnje askorbinske kisline ter polimerizacije antocianov z ostalimi fenolnimi spojinami so ugotavljali tudi Garcia – Viguera in sod. (1999).

Pektin uporabljajo v živilski industriji predvsem kot želirno sredstvo (El Nawawi in Heinkel, 1997). Pektin ima pomemben vpliv na spremembo barve jagodnih izdelkov, so ugotovili Lewis in sod. (1995). Dervisi in sod. (2001) so potrdili, da je barva jagodnega džema odvisna od koncentracije uporabljenega pektina oziroma od reakcije med pektinom in antociani. Vpliv uporabe različnih vrst ter koncentracij pektinov so raziskali Kopjar in sod. (2007, 2009). Antociani so v izdelkih različno obstojni, odvisno od vrste uporabljenega pektina. Ob dodatku pektinov z višjo stopnjo zaestrenja in pri večji koncentraciji pektina v malinovem džemu so se antociani hitreje razgradili. Stopnja zaestrenja pektinov neposredno vpliva na vsebnost antocianov. Višja kot je stopnja zaestrenja, nižja je vsebnost antocianov, so potrdili tudi Mazzaracchio in sod. (2004). Buchweitz in sod. (2013a in 2013b) trdijo, da dodajanje različnih dodatkov ne vpliva na stabilnost antocianov v jagodnih izdelkih, ter da pektini ne vplivajo na skupno vsebnost fenolnih spojin in antioksidativno kapaciteto fenolnih snovi med skladiščenjem jagodnih izdelkov.

2.4.2 Vpliv pogojev skladiščenja na barvo jagodnih izdelkov

Po proizvodnji, med logistiko in prodajo se džemi običajno skladiščijo pri sobni temperaturi. Zaradi relativno velike vsebnosti sladkorjev, nizkega pH, dodatne pasterizacije in pri nekaterih izdelkih dodatka konzervansov je trajnost džemov relativno dolga (6 do 12 mesecev), uporaba nizkih temperatur skladiščenja pa ni potrebna.

Ochoa in sod. (1999) trdijo ravno obratno, saj so dokazali, da je optimalna temperatura shranjevanja jagodnega džema 4 °C. García – Viguera in sod. (1998) so potrdili, da razgradnja barvil v džemu narašča s temperaturo skladiščenja. Tudi Haffner in sod. (2003) priporočajo skladiščenje jagodnih izdelkov pri nižji temperaturi in kot najustreznejšo temperaturo skladiščenja za obstoj barve navajajo 4 °C. Wicklund in sod. (2005) in Patras in sod. (2011) so v dveh neodvisnih študijah pri jagodnem džemu, ki so ga skladiščili pri 4 °C, izmerili večjo vrednost barvnih komponent a^* in b^* v primerjavi s skladiščenjem pri 20 °C.

Vpliv temperature skladiščenja (25 °C do 55 °C) jagodnega džema na vsebnost fenolnih spojin, antocianov in antioksidativni potencial so raziskali Rababah in sod. (2011). Sveže jagode vsebujejo najvišje vrednosti vseh treh parametrov. Pri čemer antioksidativni potencial ter vsebnost antocianov padata z naraščanjem temperature skladiščenja, vsebnost skupnih fenolnih spojin pa ostaja visoka tudi med skladiščenjem pri višjih temperaturah, medtem ko je sprememba barve oziroma razbarvanje intenzivno.

Kombinacije različnih dejavnikov, ki vplivajo na obstojnost izdelkov iz jagod so raziskovali Garcia – Viguera in sod. (1998), Garzon in Wrolstad (2002), Özkan in sod. (2002), Wicklund in sod. (2005), Sadilova in sod. (2009), Wojdyło in sod., (2009). Najbolj so obravnavli naslednje dejavnike: temperatura skladiščenja, dodatek askorbinske kisline, pH, razgradni produkti sladkorjev, kultivarji jagod ter struktura in koncentracija antocianov. Vsi jagodni izdelki imajo neobstojo barvo, različni procesi predelave (toplotna in mehanska obdelava, skladiščenje in drugi) pa spremembo barve in razgradnjo antocianov intenzivirajo.

Stabilnost barve jagodnega džema med skladiščenjem pri različnih temperaturah v odvisnosti od različnih kultivarjev jagod je raziskala Garcia-Viguera in sod. (1999). Visoka temperatura skladiščenja (37 °C) bistveno bolj škoduje končni barvi izdelka kot izbor kultivarja.

Jagodni džem z nizko vsebnostjo saharoze je podvržen hitrejšemu porjavenju izdelka kot posledica oksidacije fenolnih spojin in antocianov. Porjavenje je možno preprečiti z znižanjem proste vode kot posledice večje koncentracije sladkorjev, ki zniža vodno aktivnost (Sandulachi, 2011).

Holzwarth in sod. (2013) so poleg pomembnosti skladiščenja jagodnega džema pri nizki temperaturi skladiščenja izpostavili problem spreminjanja barve zaradi izpostavljenosti dnevni svetlobi.

Problem oksidativnih sprememb jagodnih izdelkov sta preučevala Blom in Enersen (1983). Potrdila sta, da je prisotnost kisika med proizvodnim procesom in skladiščenjem povezana z negativnimi spremembami jagodnih izdelkov vključno z barvo.

Tudi kakovost surovine ima pomembno vlogo pri zagotavljanju intenzivne barve jagodnih izdelkov. Optimalna zrelost je ključna za stabilnost izdelka, saj so Mazur in sod., (2014) potrdili, da optimalno zrele jagode vplivajo na večjo vsebnost antocianov in intenzivnost barve skladiščenega džema ter so bolj primerne za predelavo kot manj zrelo sadje.

Zanimivo primerjavo so izvedli Crecente-Campo in sod.(2012), ki so ugotovili, da so imele organsko pridelane jagode v primerjavi s konvencionalno pridelanimi večje vsebnosti antocianov ter askorbinske kisline, medtem ko za vsebnost skupnih fenolnih spojin tega niso potrdili. Džemi pripravljeni iz organsko pridelanih jagod so imeli intenzivnejšo barvo.

2.5 IZDELKI IZ JAGOD

V preteklosti je bilo konzerviranje sadja namenjeno predvsem premostitvi obdobja, ko svežega sadja v naravi ni bilo. Različni načini priprave in shranjevanja sadja in zelenjave so omogočili ljudem, da so v pozno jesenskih, zimskih in zgodnje pomladanskih dneh lahko zaužili različne snovi, kot so npr. vitamini, antioksidanti in druge snovi, ki so zelo pomembne tudi s prehranskega stališča. Poleg tega je konzerviranje pomenilo možnost

predelave viškov pridelka, ki bi sicer zaradi procesov kvarjenja propadel in tudi določeno raznolikost v prehrani ljudi.

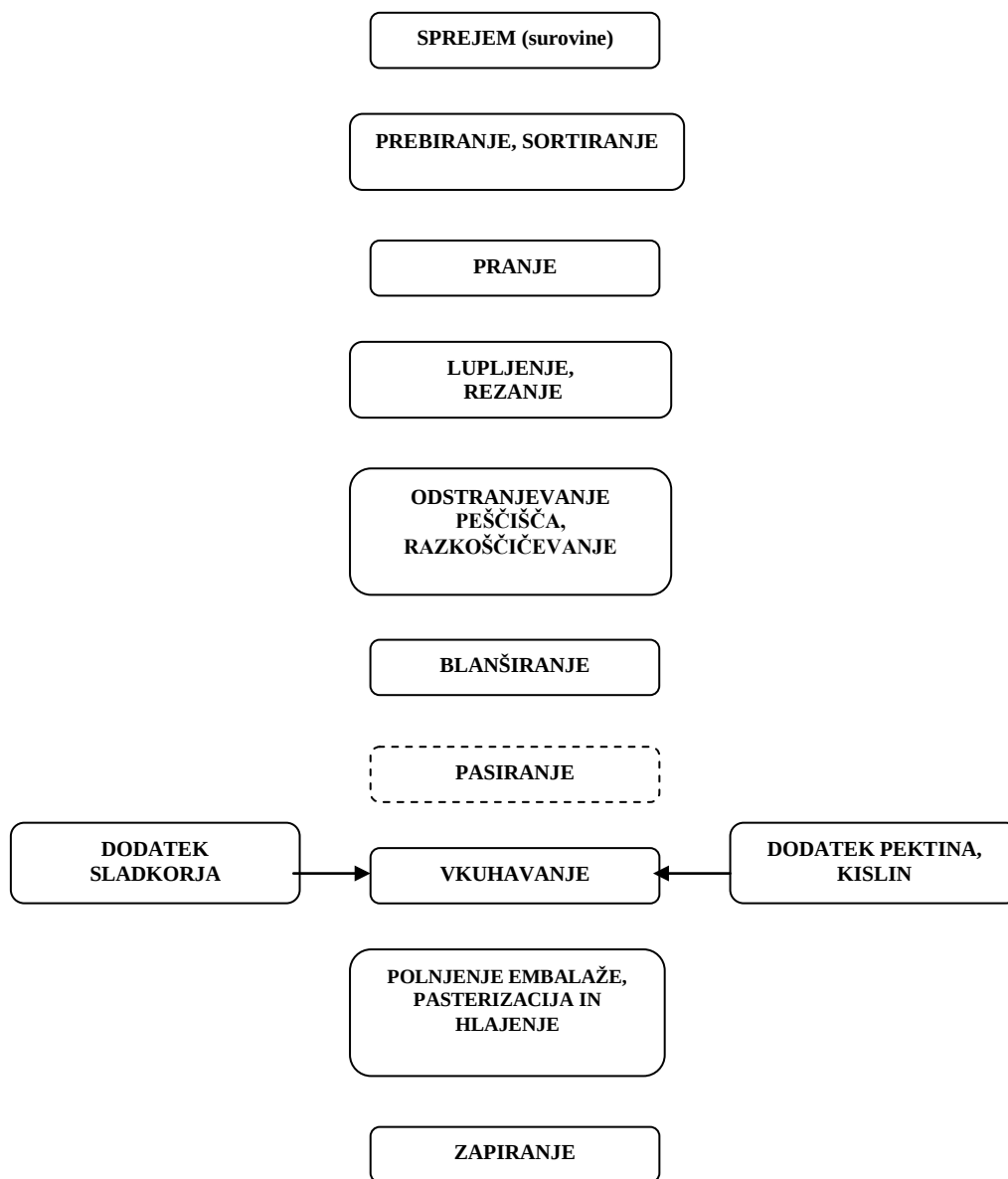
S povečevanjem preseljevanja ljudi v mestna središča, se je z odkupom in predelavo sadnih viškov ter proizvodnjo najrazličnejših izdelkov začela ukvarjati industrija. Danes je na voljo široka paleta različnih vrst predelanega sadja in zelenjave.

Predelano sadje v džeme in marmelade sodi v skupino sadja, konzerviranega s sladkorjem in toploto. Po Pravilniku o kakovosti sadnih džemov, želejev, marmelad in sladkane kostanjeve kaše (2004) razlikujemo več vrst želiranih proizvod iz različnih vrst sadja in sladkorja.

Pripravo marmelade ali džema so poznali že v antiki. Stari Grki in Rimljani so odkrili proces pri katerem sadje po kuhanju s sladkorjem in hlajenju dobi značilno želirano konsistenco. Ime marmelade izvira iz stare Grčije. Kutino, ki so jo najpogosteje kuhali v vinu in medu, pri čemer je zaradi tega po ohlajanju kuhano sadje želiralo, so imenovali melimelon ali medeni sadež. Želirane sadne izdelke so v rimskem cesarstvu uporabljali kot zdravilo za prebavo in slabši apetit. Prva marmelada (iz kutin), kar pomeni v sladkorju razkuhanu sadje, je v Anglijo prispela iz Portugalske v 15. stoletju in je kmalu postala priljubljena med tamkajšnjo aristokracijo, ki je verjela, da ima lastnosti afrodiziaka. Tudi k Nemcem, Francozom, Italijanom in ostalim evropskim narodom je marmelada prišla s Portugalske. Ime verjetno izvira iz portugalskega izraza za kutino – marmelo. Skozi zgodovino so marmeladi pripisovali različne zdravilne učinke (zdravljenje glavobola, urejanje prebavnih motenj in drugo). V Veliki Britaniji se je v 17. stoletju ime marmelada uveljavilo za želirane izdelke iz agrumov (predvsem pomaranč), ki so vsebovali koščke lupin. Širom Evrope pa izraz marmelada pomeni sladek, želiran izdelek iz sadja (Brown, 2011).

2.5.1 Tehnološki proces priprave džemov in marmelad

Konzerviranje sadja z dodatkom sladkorja je samo ena od različnih možnosti podaljševanja trajnosti izdelkom iz sadja. Ponavadi dodatku sladkorja sledi tudi termična obdelava. Na tak način lahko pridobimo izdelke z zelo dolgo uporabnostjo, ki jo omogoča skupni učinek ozmotskega tlaka in termične inaktivacije mikroorganizmov. Tehnološki proces obsega več faz (slika 5), ki pomembno vplivajo na obstojnost in kakovost končnega izdelka.



Slika 5: Tehnološka shema proizvodnje džema (Zhao, 2012)

2.5.2 Priprava sadja

Džemi ali marmelade se lahko izdelujejo iz praktično vseh vrst sadja in njihovih kombinacij. Surovina, ki vstopa v proizvodnjo, je lahko sveža, zmrznjena ali delno predelana. Faze prebiranja, sortiranja in pranja morajo zagotoviti ustrezno kakovost surovine, ustrezni tehnološki parametri pa morajo biti zagotovljeni že pri nabavi surovine.

Če je surovina sveže sadje, potem je potrebno sadje olupiti, narezati in odstraniti peščišče oz. plodove razkoščičiti. Za pripravo džemov, ki vsebujejo kose sadja, se ponavadi izbere sadje večjih dimenzij, tako, da jih lahko narežemo na koščke pravilne in enakomerne oblike. Do vkuhavanja jih lahko hranimo v 0,5 % raztopini citronske kisline, da ne potemnijo. Pri izdelkih iz pasiranega sadja najprej opravimo blanširanje pri 85 °C, nato pa sadje pasiramo skozi sita z različnimi dimenzijami lukenj. Pri domači predelavi se za pasiranje lahko uporabljajo razni kuhinjski aparati (Smith, 2003; Zhao, 2012).

2.5.3 Termična obdelava ali vkuhavanje sadja

Osnovni namen vkuhavanja sadja je inaktivacija mikroorganizmov in encimov, doseganje daljše trajnosti, značilne konsistence, vonja in okusa izdelka. Značilno konsistenco dosežemo z odparevanjem določene količine vode, dodatkom sladkorja in pektina. Med termično obdelavo prihaja do intenzivnih sprememb sestavin sadja in dodatkov, sploh pri domači predelavi, kjer je temperatura termične obdelave bistveno višja kot v industrijskih vakuumskih kotlih, kjer zaradi nižjega tlaka zmes vre že pri 40 do 60 °C. Zaradi nižje temperature so spremembe vonja, okusa in barve bistveno manjše, zaradi vakuumu in hitrejšega izparevanja je čas kuhanja krajši in intenziteta sprememb bistveno nižja, hlapne arome pa se kondenzirajo in vračajo v zmes (Smith, 2003; Zhao, 2012).

Spremembe sestavin so posledica zapletenih kemijskih reakcij, ki so med seboj povezane. Intenzivno mešanje marmelade v odprtem loncu pri domači predelavi omogoča dostop kisika oz. zraka do različnih komponent, ki oksidirajo in spreminjajo barvo in okus izdelka. Produkti procesov karamelizacije, ki poteka zaradi visoke vsebnosti sladkorjev, in v manjši meri Maillardove reakcije (vsebnost aminokislin je zelo nizka) so rjavi pigmenti melanoidini, ki ravno tako spreminjajo senzorične lastnosti izdelkov. Visoka temperatura in prisotnost kisika vplivata tudi na vsebnost vitaminov, ki se med termično obdelavo znižuje. Vakuumski uparjalniki odstranijo ostanke SO₂, ki se uporablja za konzerviranje sadnih polizdelkov (Zhao, 2012).

Dolžina termične obdelave oz. vkuhavanja je odvisna od vrste sadja, vrste in količine dodatkov (sladkor ali njegovi nadomestki, želirna sredstva), načina termične obdelave (vakuumski uparjalniki, odprti lonci...), pričakovane konsistence in drugih dejavnikov. V industrijskih razmerah se dodatki dozirajo v kotle, v katerih se zmes intenzivno meša v različnih fazah procesa. Pektinski pripravki se ponavadi zmešajo s sladkorjem in raztopijo. Del raztopine dodamo v prvi polovici vkuhavanja sadja, del pa v drugi polovici. Pri domači pripravi je zelo podobno. Ko dosežemo željeno sestavo in konsistenco, izdelek polnimo v kozarce in zapiramo. Pri vkuhavanju sadja v vakuumskih kotlih je potrebno izdelke po zapiranju ponovno pasterizirati, saj zaradi nizke temperature v kotlu učinek inaktivacije mikroorganizmov ni bil zadosten (DeGregorio in Cante, 1992; Brown, 2011, Zhao, 2012).

Poleg sladkorja imajo pri tvorbi značilne konsistence zelo pomembno vlogo želirna sredstva. V industrijskih razmerah je najpogosteje uporabljeno želirno sredstvo pektin, ki ga pridobivajo iz agrumov in jabolk. Pri domači predelavi se poleg pektina uporablja tudi želatina ali agar. Pektin je polimerna snov, ki jo uvrščamo med topne vlaknine in je že prisotna v sadju. V kombinaciji s sladkorji in kislinami ima polimera sposobnost tvorbe

tridimenzionalne mreže, ki veže vodo in vzpostavlja strukturo gela. Gretje sadne zmesi pospeši raztapljanje pektina, njegovo enakomerno razporeditev in kasnejše želiranje pri ohlajevanju. Doziranje pektina je odvisno predvsem od vrste sadja, saj nekatere vrste vsebujejo bistveno več pektina (jagodičje) kot druge. Uporaba pektina lahko bistveno skrajša čas termične obdelave, saj je primerna konsistenca dosežena relativno hitro (DeGregorio in Cante, 1991; Brown, 2011; Zhao, 2012).

3 MATERIALI IN METODE

Eksperimentalni del diplomske naloge smo opravljali na Katedri za tehnologije, prehrano in vino na Oddelku za živilstvo Biotehniške fakultete. Pripravili smo jagodne džeme različnih sestav, ki smo jih skladiščili pri različnih pogojih. Vzorce smo skladiščili v hladilniških celicah in termostatisirani omari 4 mesece (19 tednov). Diplomska naloga je del večje raziskave optimizacije proizvodnje in skladiščenja jagodnega džema.

3.1 PRIPRAVA VZORCEV JAGODNEGA DŽEMA

3.1.1 Materiali

Jagode (*Fragaria x ananasa* cv. Senga Sengana) podjetja Bosnaplod d.d., so bile vzgojene v Brčkem (BIH). V trgovini ter pred poskusom so bile skladiščene pri temperaturi $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Za izdelavo jagodnega džema smo uporabljali tudi beli kristalni sladkor (Mercator, Slovenija), pektin (Pectin SF Danisco, USA), citronsko kislino (Anhui BBKA Biochemical Co., Ltd, China), askorbinsko kislino (Shandgong Luwei Pharmaceutical Co. Ltd, China) in naravno rdeče barvilo (Višnjevo rdeče oz. Cherry red, Etol, Slovenija), ki je koncentrat hibiskusa in črnega korena.

3.1.2 Postopek priprave jagodnega džema

Jagode so bile v trgovini ter skladišču hranjene na temperaturi $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pred kuhanjem smo jagode odtajali s 3 min segrevanjem v mikrovalovni pečici. 800 g odtajanih jagod smo premestili v kuter (Stephan UMC 5 electronic, Hameln, Nemčija) ter izvedli sekljanje $1,5\text{ min}$ (20 s pri 300 min^{-1} , 20 s pri 600 min^{-1} , 20 s pri 900 min^{-1} , 30 s pri 1200 min^{-1}). Kuter, ki smo ga uporabili, je omogočal menjavo nožev oz. mešal in termično obdelavo vsebine pri atmosferskem tlaku ali podtlaku. Zmesi smo postopoma dodajali 285 g sladkorja, 3,5 g citronske kisline in 1,5 g askorbinske kisline. Nato smo zamenjali nastavek za mešanje. Najprej smo mešali 30 s pri 300 min^{-1} , v nadaljevanju termične obdelave pa 15 s pri enakih obratih vsako minuto toplotne obdelave. Pri različici F smo dodali 1 g naravnega barvila.

Pred začetkom toplotne obdelave smo s črpalko v kuterju ustvarili podtlak, tako da je zmes surovin zavrela pri $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ ter se pri taki temperaturi kuhala 13 min. Nato smo prenehali z vzdrževanjem podtlaka in kuhali še 10 min pri atmosferskem tlaku. Na koncu kuhanja smo dodali pektin (7 ali 14 g pri različici B) ter sladkor (15 g), ki smo ju vmešali z mešanjem dvakrat po 30 sekund pri 300 min^{-1} . Zmes je vrela še dodatno minuto. Suho snov smo izmerili z refraktometrom (Atago PAL – BX/RI, Tokyo, Japonska) in je pri vseh različicah razen pri različici C ($43\text{ }^{\circ}\text{Brix}$) znašala $38\text{ }^{\circ}\text{Brix}$. Jagodni džem smo napolnili v šeststrane kozarčke z volumnom 160 ml, jih zaprli ter džem pasterizirali v vodni kopeli pri $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 20 min.



Slika 6: Vzorci jagodnega džema v šeststranih kozarcih z oznakami



Slika 7: Naprave za pripravo jagodnega džema

Poskus smo zasnovali na tak način, da bi lahko preučili vpliv različnih dejavnikov sestave jagodnega džema in skladiščnih pogojev na ohranjanje barve džema in spremembe vsebnosti skupnih fenolnih snovi ter antocijanov v jagodnem džemu. Tako smo pripravili naslednje različice jagodnega džema:

- osnovna različica A (kontrola), ki je imela 38 % suhe snovi, dodanega 0,6 % pektina, skladiščili smo jo pri 20 °C v temnem prostoru,
- različica B, ki je imela 38 % suhe snovi, dodanega 1,2 % pektina, skladiščili smo jo pri 20 °C v temnem prostoru,
- različica C, ki je imela 43 % suhe snovi, dodanega 0,6 % pektina, skladiščili smo jo pri 20 °C v temnem prostoru,
- različica D, ki je imela 38 % suhe snovi, dodanega 0,6 % pektina, skladiščili smo jo pri 4 °C v temnem prostoru,
- različica E, ki je imela 38 % suhe snovi, dodanega 0,6 % pektina, skladiščili smo jo pri 20 °C v temnem prostoru, pri zapiranju kozarčkov smo z dodatkom tekočega dušika izpodrinili zrak iz praznega prostora nad džemom,
- različica F, ki je imela 38 % suhe snovi, dodanega 0,6 % pektina in dodanega 0,09 % naravnega barvila, skladiščili smo jo pri 20 °C v temnem prostoru,
- različica G, ki je imela 38 % suhe snovi, dodanega 0,6 % pektina, skladiščili smo jo pri 20 °C na dnevni svetlobi.

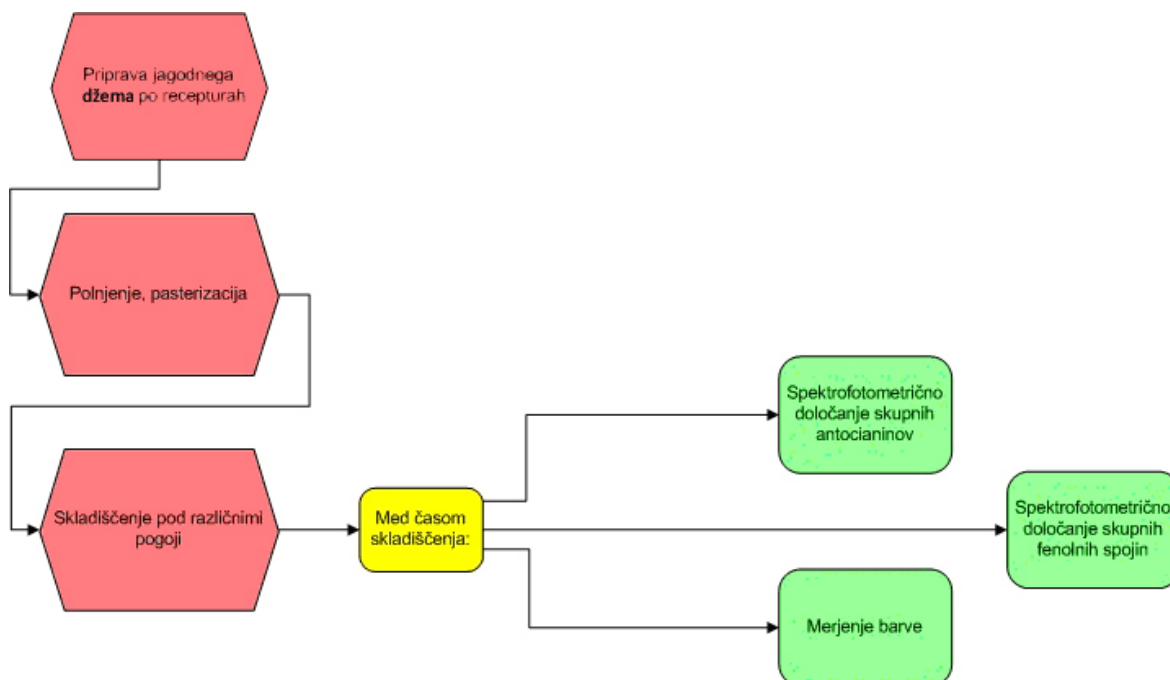
Vsako različico jagodnega džema smo pripravili v 6 ponovitvah.

Preglednica 3: Opisi vseh različic vzorcev jagodnega džema

Vzorec	Opis vzorca	Suha snov (%-w/w)	Pektin (%-w/w)	Dušik	Naravno barvilo (%-w/w)	Temperatura (°C)	Svetloba
A	Osnovna receptura (kontrola)	38	0,6	/	/	20	/
B	Dodan pektin	38	1,2	/	/	20	/
C	Dodan sladkor	43	0,6	/	/	20	/
D	Skladiščenje pri nižji temperaturi	38	0,6	/	/	4	/
E	Skladiščenje z dušikom	38	0,6	+	/	20	/
F	Dodano naravno barvilo	38	0,6	/	0,09	20	/
G	Skladiščenje pri dnevni svetlobi	38	0,6	/	/	20	+

3.2 METODE DELA

Med skladiščenjem jagodnega džema smo odvzeli vzorce v določenih časovnih intervalih. Vzorcem smo izmerili barvo s kromametrom ter spektrofotometrično določili vsebnost skupnih fenolnih spojin in skupnih antocianinov. Jagodne džeme smo vzorčili takoj po pripravi in po 6, 12, 16 in 19 tednih skladiščenja.



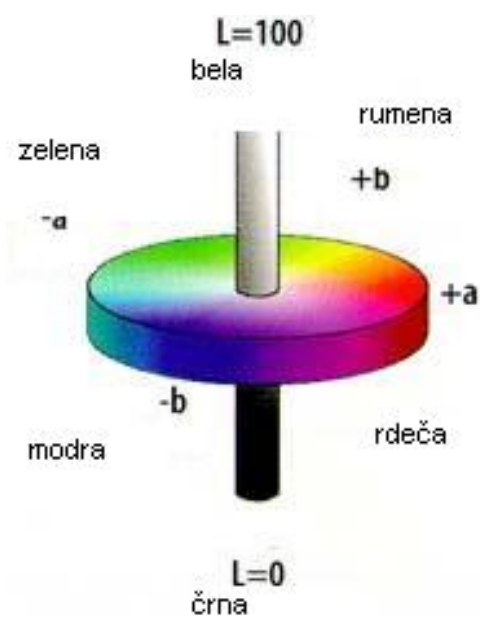
Slika 8: Shema poskusa

3.2.1 Merjenje barve jagodnega džema

Barvo vzorcev jagodnega džema smo izmerili s kromametrom Minolta CR – 400 Chroma metrom (Osaka, Japonska). Kromameter proizvede svetlobo ter z njo osvetli površino vzorca. Spekter svetlobe, ki se odbije od površine vzorca kromameter analizira in jo primerja z odbojem od bele površine, s katero instrument umerimo pred meritvijo (bel standard $L^* = 92,8$, $a^* = 0,3136$, $b^* = 0,3196$). Rezultat meritve podamo v obliki treh parametrov L^* , a^* , b^* , ki opišejo barvo površine. L^* vrednost pomeni svetlost vzorca ($+L^*$ svetlejši, $-L^*$ temnejši), parametra a^* in b^* definirata odtenek barve ($+a^*$ bolj rdeč, $-a^*$ bolj zelen, $+b^*$ bolj rumen, $-b^*$ bolj moder). Barvo jagodnega džema smo merili na vseh straneh šeststranega steklenega kozarca v treh paralelkah, vsak teden, 19 tednov zapored.



Slika 9: Kromameter Minolta CR 400/41



Slika 10: Tridimenzionalna predstavitev L^* , a^* in b^* barvnih vrednosti (Echo Productions, 1999)

3.2.2 Spektrofotometrično določanje skupnih fenolnih spojin

Določanje vsebnosti skupnih fenolnih spojin temelji na tvorbi modro obarvanega kompleksa s Folin-Ciocalteujevim reagentom. Omenjeni kompleks kvantitativno ovrednotimo z merjenjem absorbance.

Ekstrakcija

Ekstrakcija fenolnih spojin iz jagodnega džema je potekala tako, da smo v centrifugirko zatehtali 5 g džema, dodali 10 mL ohlajenega metanola ter dobljeno mešanico 90 min stresali na stresalniku pri sobni temperaturi. Sledilo je 10 min centrifugiranja pri 1700 g. Supernatant smo prenesli v 15 mL centrifugirko in ga do določanja vsebnosti skupnih fenolnih spojin shranili v zamrzovalniku. Ob vsakem časovnem intervalu smo izvedli eno ekstrakcijo za vsako različico jagodnega džema in to ponovili za vseh šest ponovitev.

Priprava vzorcev

V 5 mL centrifugirko smo odpipetirali 300 μ L 10 krat razredčenega metanolnega ekstrakta jagodnega džema (oz. 300 μ L metanola za slepi vzorec), dodali smo 250 μ L Folin Ciocalteu reagenta ter 1000 μ L raztopine Na_2CO_3 (10 % w/v) in 3450 μ L MiliQ ter vsebino centrifugirke dobro premešali. Po 60 min na sobni temperaturi smo vzorce prefiltrirali skozi 0,45 μ m filter ter jim izmerili absorbanco pri 700 nm proti slepemu vzorcu. Koncentracijo skupnih fenolnih spojin smo odčitali iz umeritvene krivulje in jo izrazili kot mg galne kisline /100 g jagodnega džema.



Slika 11: Videz reakcijskih zmesi za preiskovane vzorce po tem, ko je potekla reakcija s Folin Ciocalteujevim reagentom

Priprava umeritvene krivulje za določanje skupnih fenolnih spojin

Umeritveno krivuljo za določanje skupnih fenolnih spojin smo pripravili iz raztopin znanih koncentracij galne kisline. Pripravili smo raztopine galne kisline s koncentracijo od 1 – 20

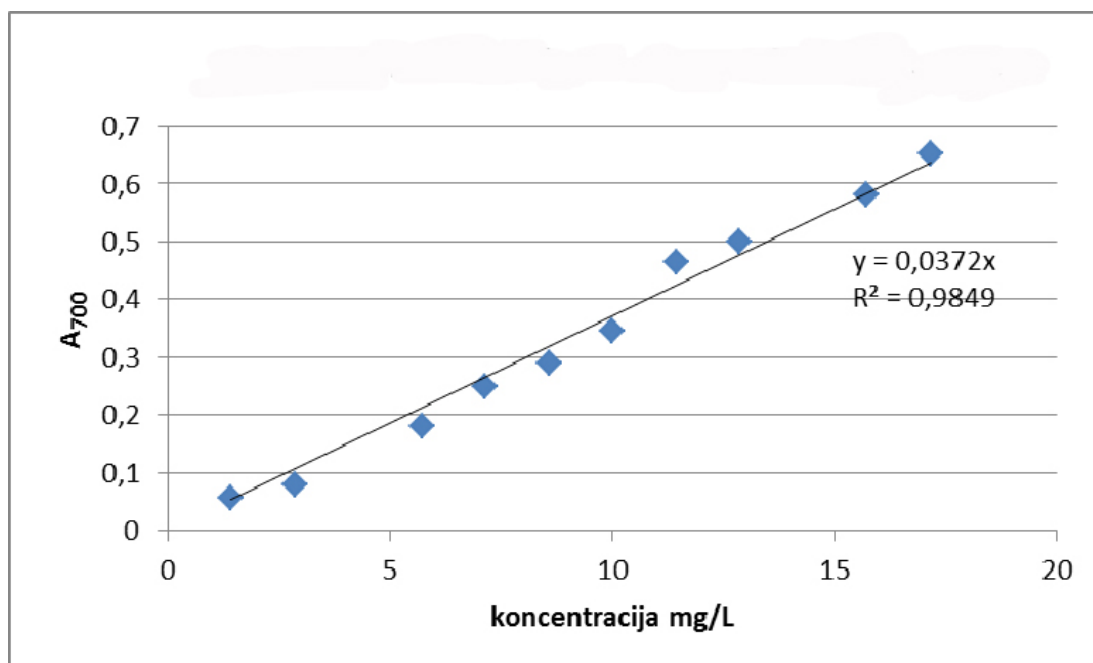
mg/L. Nato smo pripravili vzorce po enakem postopku kot realne vzorce, le da smo namesto metanolnega ekstrakta jagodnega džema dodali raztopino galne kisline znane koncentracije. Izmerili smo absorbanco pri 700 nm in izdelali umeritveno krivuljo.

Oprema in pribor:

- o čaše,
- o bučke,
- o brizge,
- o centrifugirke,
- o kivete (1,5 mL, Ratiolab),
- o filtri (Chromofil CA 45/25, Macherey-Nagel, 0,45 μm)
- o ura-štoparica,
- o avtomatske pipete (Transferpette 10 μL – 10 mL),
- o nastavki za avtomatske pipete (Ratiolab),
- o stresalnik (IKA HS 260 basic, Steufen),
- o centrifuga (Centrifuge 5810, Eppendorf),
- o spektrofotometer (OGB 80 EDD-UNI)

Reagenti in kemikalije:

- o Folin-Ciocalteu reagent (Sigma,-Aldrich),
- o metanol (Merck),
- o 10 % raztopina Na_2CO_3 (Merck,
- o MiliQ (Milipore bidestilirana),
- o standard galna kislina (Sigma-Aldrich)



Slika 12: Umeritvena krivulja za določanje skupnih fenolnih spojin

3.2.3 Spektrofotometrično določanje skupnih antocianov

Antociani absorbirajo svetlobo vidnega spektra, zato lahko z merjenjem absorbance pri ustrezni valovni dolžini neposredno določimo njihovo koncentracijo v vzorcu.

Ekstrakcija

Ekstrakcija antocianov iz jagodnega džema je enaka postopku ekstrakcije fenolnih spojin in je potekala tako, da smo v centrifugirko zatehtali 5 g džema, dodali 10 mL ohlajenega metanola ter dobljeno mešanico 90 minut stresali na stresalniku pri sobni temperaturi. Sledilo je 10 min centrifugiranja pri 1700 g. Supernatant smo prenesli v 15 mL centrifugirko in ga do določanja vsebnosti antocianov shranili v zamrzovalniku. Ob vsakem časovnem intervalu smo izvedli eno ekstrakcijo za vsako različico jagodnega džema in to ponovili za vseh šest ponovitev.

Priprava vzorcev

V 1,5 ml kiveto smo odpipetirali 1000 μ L metanolnega ekstrakta jagodnega džema (oz. 1000 μ L metanola za slepi vzorec) in 500 μ L pripravljene raztopine (metanol, bidestilirana voda MiliQ in HCl v razmerju 70:30:1). Kiveto smo pokrili s parafilmom ter dobro premešali in izmerili absorbanco pri 500 nm proti slepemu vzorcu z metanolom. Koncentracijo skupnih antocianov smo odčitali iz umeritvene krivulje in jo izrazili kot pelargonidin-3-glukozid v mg/100 g jagodnega džema.

Priprava umeritvene krivulje za določanje skupnih antocianov

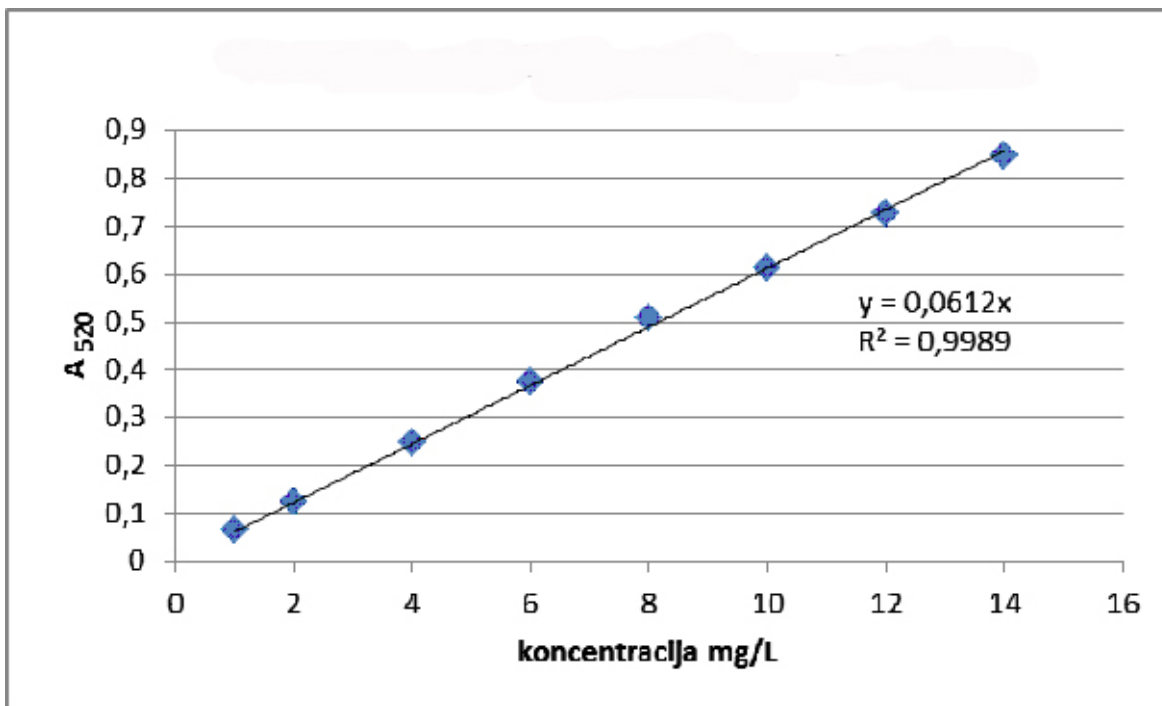
Umeritveno krivuljo za določanje skupnih antocianov smo pripravili iz raztopin znanih koncentracij pelargonidin-3-glukozida. Pripravili smo raztopine pelargonidin-3-glukozida s koncentracijo od 1 – 15 mg/L. Nato smo pripravili vzorce po enakem postopku kot realne vzorce, le da smo namesto metanolnega ekstrakta jagodnega džema dodali raztopino pelargonidin-3-glukozida znane koncentracije. Izmerili smo absorbanco pri 500 nm in izdelali umeritveno krivuljo.

Oprema in pribor:

- o čaše,
- o bučke,
- o brizge,
- o centrifugirke,
- o parafilm (Pechiney),
- o kivete (1,5 mL, Ratiolab),
- o filtri (Chromofil CA 45/25, Macherey-Nagel, 0,45 μ m)
- o ura-štoparica,
- o avtomatske pipete (Transferpette 10 μ L – 10 mL),
- o nastavki za avtomatske pipete (Ratiolab),
- o stresalnik (IKA HS 260 basic, Steufen),
- o centrifuga (Centrifuge 5810, Eppendorf),
- o spektrofotometer (OGB 80 EDD-UNI).

Reagenti in kemikalije:

- o HCl (37 %, Carlo Erba),
- o metanol (Merck),
- o MiliQ (Milipore bidestilirana),
- o standard pelargonidin-3-glukozid (Calistephin chloride, Extrasynthese).



Slika 13: Umeritvena krivulja za določanje skupnih antocianov

3.2.4 Statistična analiza

V poskusu zbrane podatke smo pripravili in uredili s programom EXCEL XP. Osnovne statistične parametre smo izračunali s postopkom MEANS, s postopkom UNIVARIATE pa smo podatke testirali na normalnost porazdelitve (SAS Software, 1999). Rezultati poskusa so bili analizirani po metodi najmanjših kvadratov s postopkom GLM (General Linear Model).

Za analizo vpliva različne recepture in časa skladiščenja na instrumentalno merjene parametre barve L^* , a^* in b^* jagodnih marmelad in vsebnost skupnih antocianov in skupnih fenolnih snovi smo uporabili statistični model, v katerega smo vključili fiksni vpliv recepture (R: A-G), časa skladiščenja (C: 9, 6, 12, 16 in 19 dni) in ponovitve (1-6) ter interakcijo recepture*časa skladiščenja: $y_{ijkl} = \mu + R_i + C_j + R^*C_{ij} + \text{Pon}_k + e_{ijk}$ 1

Pričakovane povprečne vrednosti za eksperimentalne skupine so bile izračunane s testom LSM in primerjane pri 5 % tveganju. Pearsonovi korelacijski koeficienti med parametri jagodnih marmelad so izračunani s postopkom CORR.

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

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

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

4 REZULTATI

V poglavju Rezultati so zbrane preglednice z rezultati instrumentalne analize merjenja barve in rezultati spektrofotometričnega določanja vsebnosti skupnih fenolnih spojin in skupnih antocianov v jagodnih džemih s pripadajočimi komentarji statistične obdelave.

4.1 REZULTATI INSTRUMENTALNIH MERITEV BARVE

V preglednicah 4, 5 in 6 so zbrani rezultati instrumentalnega merjenja barve jagodnih džemov, ki smo jih pridobili s kromametrom Minolta. Izmerili smo barvo 7 različic jagodnega džema, ki so se razlikovale po sestavi in pogojih skladiščenja. Barvo smo merili v različnih časovnih terminih skladiščenja. Rezultat meritve podamo v obliki treh parametrov L^* , a^* , b^* , ki opišejo barvo površine. L^* vrednost pomeni svetlost vzorca ($+L^*$ svetlejši, $-L^*$ temnejši). Parametra a^* in b^* definirata odtenek barve ($+a^*$ bolj rdeč, $-a^*$ bolj zelen, $+b^*$ bolj rumen, $-b^*$ bolj moder).

V preglednici 4 so zbrane barvne vrednosti L^* za vse različice jagodnega džema merjene takoj po pripravi in po 6, 12, 16 in 19 tednih skladiščenja. L^* vrednost vseh različic džemov so bile takoj po pripravi značilno najmanjše ($p < 0,001$), kar pomeni, da so bili vsi vzorci takoj ob pripravi najtemnejši. S časom so pri vseh različicah L^* vrednosti naraščale (džemi so postajali manj temni). L^* vrednosti so se pri vseh različicah spreminjale po enakem sistemu: izmerili smo statistično značilno različne vrednosti med časom 0, 6 in 12 tedni, kasneje razlik ni bilo več.

Preglednica 4: Vpliv skladiščenja (0-19 tednov) in različice (A-G) jagodnega džema na instrumentalno merjeno barvno vrednost L^*

	barvna vrednost L^*					
čas (teden)	0	6	12	16	19	
različica						$p_C(\text{SEM})$
A	24,53BAc	26,55Bb	27,73Aa	27,81Aa	27,77Aa	<0,001 (0,22)
B	24,50BAc	26,40Bb	27,54Aa	27,71Aa	27,62Aa	<0,001 (0,21)
C	23,55Dc	24,84Db	25,93Ba	26,13Ba	26,07Ba	<0,001 (0,21)
D	24,07BCc	24,48Db	24,37Ccb	24,54Cb	25,33Ca	<0,001 (0,29)
E	24,42BAc	26,34Bb	27,50Aa	27,65Aa	27,62Aa	<0,001 (0,21)
F	23,78DCc	25,48Cb	26,40Ba	26,52Ba	26,45Ba	<0,001 (0,25)
G	24,58Ad	26,94Ac	27,57Ab	27,73Aba	27,96Aa	<0,001 (0,28)
$p_R(\text{SEM})$	<0,001 (0,37)	<0,001 (0,31)	<0,001 (0,40)	<0,001 (0,34)	<0,001 (0,43)	

p_C , statistična verjetnost vpliva časa skladiščenja; SEM, standardna napaka povprečja; p_R , statistična verjetnost vpliva različice; vrednosti z različno črko znotraj vrstice (^{a,b,c,d,e}) se statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$; značilnost razlik med časom skladiščenja); vrednosti z različno črko znotraj stolpca (^{A,B,C,D}) se statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$; značilnost razlik med različicami)

Takoj po pripravi so se L^* vrednosti značilno razlikovale med različicami džema ($p < 0,001$). Najtemnejši sta bili različici z dodatkom sladkorja oz. naravnega barvila. Po 6 tednih skladiščenja so bile najmanjše vrednosti L^* izmerjene pri različici D in C, različica F je bila značilno svetlejša, še svetlejše so bile različice A, B in E, najsvetlejša pa je bila različica G. V nadaljevanju skladiščenja so se razlike zmanjševale, po 19 tednih pa so se značilno razlikovale od kontrole samo še različice z dodatkom sladkorja, dodatkom pektina in različica skladiščena na 4 °C, ki je bila značilno najtemnejša.

Takoj po pripravi so se a^* vrednosti značilno razlikovale le pri različici C in F (različici z dodatkom sladkorja oz. naravnega barvila), ki sta bili manj rdeči. Po 6 tednih skladiščenja so bile največje vrednosti a^* izmerjene pri različici D (najbolj rdeče), značilno manj rdeče so bile različice A, B, E in F, še manjše vrednosti a^* pa smo izmerili pri različicah C in G. Tudi pri daljšem skladiščenju je različica D ohranjala najbolj rdečo barvo, sledila ji je različica F, vse ostale različice pa so bile značilno manj rdeče.

Preglednica 5: Vpliv skladiščenja (0-19 tednov) in različice (A-G) jagodnega džema na instrumentalno merjeno barvno vrednost a^*

	barvna vrednost a^*					
čas (teden)	0	6	12	16	19	
različica						$p_c(\text{SEM})$
A	12,57Aa	10,21Bb	7,13DCc	5,95Cd	5,20Ce	<0,001 (0,21)
B	12,23BAa	10,17Bb	7,42DCc	6,24Cd	5,50Ce	<0,001 (0,23)
C	10,49Ca	9,20Cb	7,00Dc	5,80Cd	5,08Ce	<0,001 (0,23)
D	12,18BAb	13,03Aa	13,00Aa	12,19Ab	10,68Ac	<0,001 (0,38)
E	12,60Aa	10,40Bb	7,45Cc	6,20Cd	5,36Ce	<0,001 (0,28)
F	11,81Ba	10,19Bb	8,00Bc	6,87Bd	6,09Be	<0,001 (0,25)
G	12,36BAa	9,34Cb	7,03DCc	5,98Cd	5,24Ce	<0,001 (0,29)
$p_R(\text{SEM})$	<0,001 (0,52)	<0,001 (0,39)	<0,001 (0,35)	<0,001 (0,35)	<0,001 (0,45)	

p_c , statistična verjetnost vpliva časa skladiščenja; SEM, standardna napaka povprečja; p_R , statistična verjetnost vpliva različice; vrednosti z različno črko znotraj vrstice (^{a,b,c,d,e}) se statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$; značilnost razlik med časom skladiščenja); vrednosti z različno črko znotraj stolpca (^{A,B,C,D}) se statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$; značilnost razlik med različicami)

V preglednici 6 so zbrane barvne vrednosti b^* za vse različice jagodnega džema merjene takoj po pripravi in po 6, 12, 16 in 19 tednih skladiščenja. b^* vrednost vseh različic džemov so bile takoj po pripravi značilno najmanjše ($p < 0,001$), kar pomeni, da so bili vsi vzorci takoj ob pripravi najmanj rumeni oz. najbolj plavi. S časom so pri vseh različicah b^* vrednosti značilno naraščale (džemi so postajali bolj rumeni). Pri različicah A, B, E so se pri vsakem merjenju vrednosti b^* statistično značilno razlikovale od vrednosti predhodnega merjenja. Pri različici C in F so vrednosti b^* začele naraščati po 6 tednih skladiščenja, pri različici D in G pa se po 6 tednih vrednosti b^* niso več spreminjale.

Takoj po pripravi so se b^* vrednosti značilno razlikovale le pri različici C in F (različici z dodatkom sladkorja oz. naravnega barvila), ki sta bili manj rumeni oz. bolj plavi. Ves čas skladiščenja sta bili različici C in F značilno najmanj rumeni v primerjavi z ostalimi različicami. Po 12 tednih skladiščenja je bila vrednost b^* različice D različna od različic A, B, E in G, kar je veljalo tudi za džeme po 16 in 19 tednih skladiščenja.

Trdimo lahko, da so se pri različici D vse tri barvne vrednosti najmanj spreminjale med skladiščenjem, kar pomeni, da skladiščenje na temperaturi 4 °C najbolj ohranjalo prvotno barvo jagodnega džema.

Preglednica 6: Vpliv skladiščenja (0-19 tednov) in različice (A-G) jagodnega džema na instrumentalno merjeno barvno vrednost b^*

	barvna vrednost a^*					
čas (teden)	0	6	12	16	19	
različica						$p_c(\text{SEM})$
A	6,05Ae	6,36Ad	7,12Ac	7,47Ab	7,90Aa	<0,001 (0,16)
B	5,74Ae	6,14Ad	6,97BAc	7,36Ab	7,74BAa	<0,001 (0,20)
C	4,80Bd	4,88Bd	5,51Cc	5,87Cb	6,25Da	<0,001 (0,15)
D	5,67Ac	6,14Ab	6,60Ba	6,71Ba	6,84Ca	<0,001 (0,25)
E	5,94Ae	6,24Ad	7,00Ac	7,36Ab	7,69BAa	<0,001 (0,14)
F	5,10Bd	5,20Bd	5,74Cc	5,97Cb	6,26Da	<0,001 (0,18)
G	5,89Ac	6,45Ab	7,29Aa	7,45Aa	7,32BCa	<0,001 (0,18)
$p_R(\text{SEM})$	<0,001 (0,37)	<0,001 (0,29)	<0,001 (0,32)	<0,001 (0,30)	<0,001 (0,42)	

p_c , statistična verjetnost vpliva časa skladiščenja; SEM, standardna napaka povprečja; p_R , statistična verjetnost vpliva različice; vrednosti z različno črko znotraj vrstice (^{a,b,c,d,e}) se statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$; značilnost razlik med časom skladiščenja); vrednosti z različno črko znotraj stolpca (^{A,B,C,D}) se statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$; značilnost razlik med različicami)

4.2 REZULTATI SPEKTROFOTOMETRIČNEGA DOLOČANJA SKUPNIH FENOLNIH SPOJIN

V preglednici 7 so zbrani rezultati spektrofotometričnega določanja skupnih fenolnih spojin v jagodnih džemih. Določili smo skupne fenolne spojine v 7 različicah jagodnega džema, ki so se razlikovale po sestavi in pogojih skladiščenja. Skupne fenolne spojine smo določili v različnih časovnih terminih skladiščenja. Rezultati ne kažejo statistično značilnih razlik med različicami jagodnega džema niti med različnim časom skladiščenja (tako po pripravi in po 6, 12, 16 in 19 tednih skladiščenja).

Preglednica 7: Vpliv skladiščenja (0-19 tednov) in različice (A-G) jagodnega džema na vsebnost skupnih fenolov (mg GAE/100 g jagodnega džema)

	vsebnost skupnih fenolov (mg GAE/100 g jagodnega džema)					
čas (teden)	0	6	12	16	19	
različica						$p_C(\text{SEM})$
A	303,15Ab	336,22Ab	347,17Aba	380,69Aa	333,10Ab	0,005 (28,81)
B	266,33Aa	318,67Aa	336,40Aa	348,43BAa	345,27Aa	0,694 (103,60)
C	322,14Aba	277,43BAb	338,92Aba	349,15BAa	310,67Aba	0,085 (43,46)
D	340,12Aa	296,82Aa	309,52Aa	318,94Ba	294,15Aa	0,768 (58,41)
E	331,42Aa	319,64Aa	361,67Aa	372,03Aa	365,31Aa	0,171 (40,12)
F	275,75Aa	220,08Ba	281,11Aa	379,10Aa	371,99Aa	0,280 (127,82)
G	337,64Aa	333,94Aa	339,06Aa	367,99BAa	398,67Aa	0,432 (48,35)
$p_R(\text{SEM})$	0,602 (83,93)	0,034 (61,43)	0,90 (81,41)	0,125 (39,97)	0,373 (44,77)	

p_C , statistična verjetnost vpliva časa skladiščenja; SEM, standardna napaka povprečja; p_R , statistična verjetnost vpliva različice; vrednosti z različno črko znotraj vrstice (^{a,b,c,d,e}) se statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$; značilnost razlik med časom skladiščenja); vrednosti z različno črko znotraj stolpca (^{A,B,C,D}) se statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$; značilnost razlik med različicami)

4.3 REZULTATI SPEKTROFOTOMETRIČNEGA DOLOČANJA SKUPNIH ANTOCIANOV

V preglednici 8 so zbrani rezultati spektrofotometričnega določanja skupnih antocianov v jagodnih džemih. Določili smo skupne antociane v 7 različicah jagodnega džema, ki so se razlikovale po sestavi in pogojih skladiščenja. Skupne antociane smo določili v različnih časovnih terminih skladiščenja (takoj po pripravi in po 6, 12, 16 in 19 tednih skladiščenja).

Vsebnost skupnih antocianov v vseh različicah džemov je bila takoj po pripravi značilno največja. S časom je pri vseh različicah vsebnost skupnih antocianov konstantno in značilno padala in sicer po enakem sistemu: določili smo statistično značilno različne vrednosti med časom 0, 6 in 12 tedni, kasneje razlik ni bilo več. Le pri različici D smo zaznali počasnejše zmanjševanje vsebnosti skupnih antocianov.

Takoj po pripravi se je vsebnost skupnih antocianov značilno razlikovala od ostalih le pri različici C (različica z dodatkom sladkorja). Po 6 tednih skladiščenja je bilo značilno več skupnih antocianov le v različici D (skladiščenje pri 4 °C). Tak trend se je nadaljeval skozi ves čas skladiščenja, le da so se s podaljševanjem časa skladiščenja pokazale statistično značilne razlike tudi med drugimi različicami jagodnega džema. Po 12 tednih je različica F vsebovala manj skupnih fenolov kot različica D in več od vseh ostali. Po 16 tednih je ponovno izstopala samo različica D, po 19 tednih skladiščenja pa je največ skupnih antocianov vsebovala različica D, značilno manj A, C in F, najmanj pa različice B, E in G.

Preglednica 8: Vpliv skladiščenja (0-19 tednov) in različice (A-G) jagodnega džema na vsebnost skupnih antocianov (Pg-3-gluc E mg/100 g jagodnega džema)

	vsebnost skupnih antocianov (Pg-3-gluc E mg/100 g jagodnega džema)					
čas (teden)	0	6	12	16	19	
različica						$p_c(\text{SEM})$
A	23,08Aa	8,55Bb	3,85Cc	3,16Bc	3,98Bc	<0,001 (1,79)
B	23,02Aa	7,58Bb	4,47Cc	3,35Bc	3,06Dc	<0,001 (1,47)
C	19,26Ba	8,04Bb	4,36Cc	3,69Bc	3,66Cc	<0,001 (1,26)
D	22,49Aa	17,27Ab	16,61Ab	14,32Acb	12,70Ac	<0,001 (2,12)
E	23,32Aa	7,86Bb	4,40Cc	3,71Bc	3,07Dc	<0,001 (1,26)
F	22,80Aa	8,93Bb	6,01Bcb	3,77Bc	3,73CBc	<0,001 (1,90)
G	22,14Aa	6,78Bb	3,64Cc	2,86Bc	2,98Dc	<0,001 (1,60)
$p_R(\text{SEM})$	0,010 (01,84)	<0,001 (1,84)	<0,001 (1,13)	<0,001 (1,17)	<0,001 (0,11)	

p_c , statistična verjetnost vpliva časa skladiščenja; SEM, standardna napaka povprečja; p_R , statistična verjetnost vpliva različice; vrednosti z različno črko znotraj vrstice (^{a,b,c,d,e}) se statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$; značilnost razlik med časom skladiščenja); vrednosti z različno črko znotraj stolpca (^{A,B,C,D}) se statistično značilno razlikujejo ($p \leq 0,05$; značilnost razlik med različicami)

4.4 KORELACIJSKA ANALIZA

S korelacijsko analizo instrumentalno izmerjenih parametrov barve in spektrofotometrično določenimi vsebnostmi skupnih fenolnih spojin in skupnih antocianov smo ugotovili, da so povezave med večino parametrov močne in statistično značilne. Najmočnejša je pozitivna korelacija med barvno vrednostjo a^* in vsebnostjo skupnih antocianov ($r=0,87$, $p < 0,0001$). Poleg tega smo potrdili močni in statistično značilni povezanosti med barvno vrednostjo L^* in med barvno vrednostjo b^* ($r=0,78$, $p < 0,0001$) ter med barvno vrednostjo b^* in vsebnostjo skupnih antocianov ($r=0,72$, $p < 0,0001$).

Močne in statistično značilne so tudi negativne povezave med barvno vrednostjo L^* in vsebnostjo skupnih antocianov ($r=-0,84$, $p < 0,0001$), med vsebnostjo skupnih antocianov in vsebnostjo skupnih fenolnih spojin ($r=-0,81$, $p < 0,0001$), med barvno vrednostjo L^* in med barvno vrednostjo a^* ($r=-0,77$, $p < 0,0001$) ter med barvno vrednostjo a^* in med vsebnostjo skupnih fenolnih spojin ($r=-0,77$, $p < 0,0001$).

Srednje močni sta le negativni povezavi med barvno vrednostjo a^* in b^* ($r=-0,44$) in barvno vrednostjo b^* in vsebnostjo skupnih antocianov ($r=-0,48$, $p < 0,0001$) ter pozitivna povezava med barvno vrednostjo L^* in vsebnostjo skupnih fenolnih spojin ($r=0,31$, $p < 0,0001$).

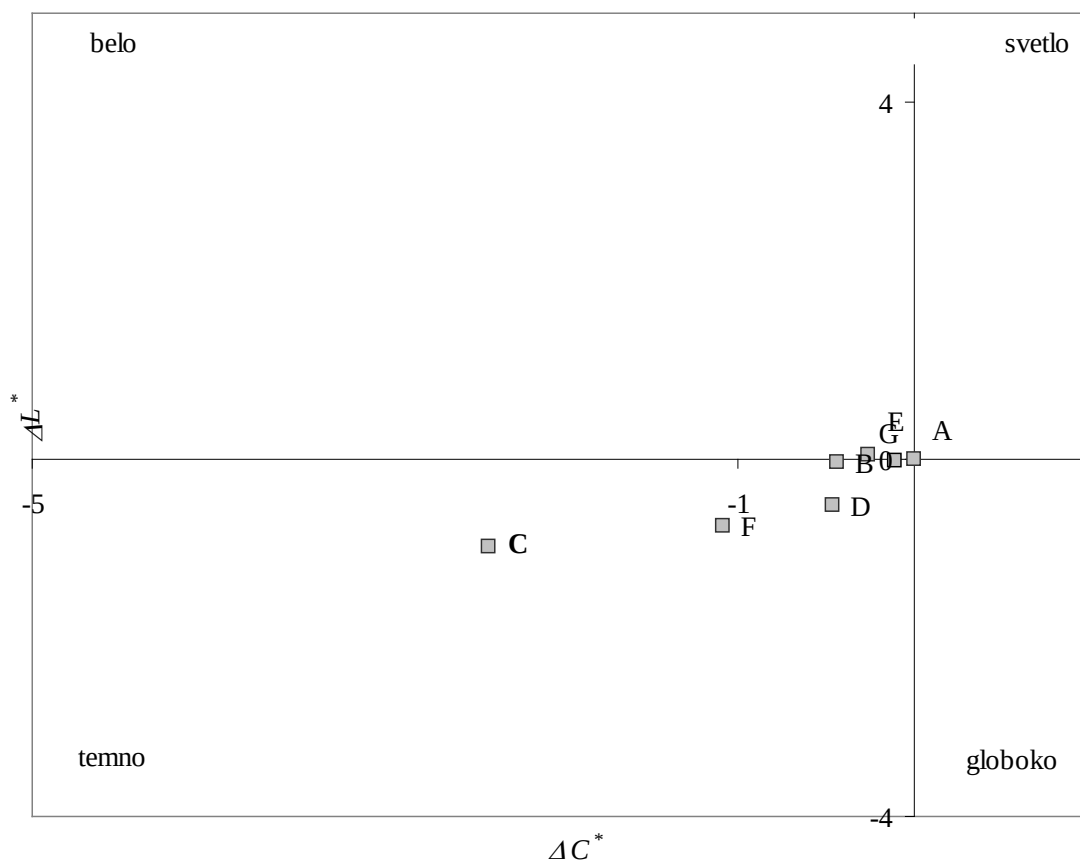
Preglednica 9: Tesnost povezave med instrumentalno izmerjenimi parametri barve in spektrofotometrično določenimi vsebnostmi skupnih fenolnih spojin (SF) in skupnih antocianov (SA) (Pearsonov korelacijski koeficient, r)

parameter	a^*	b^*	SA	SF
L^*	-0,77***	0,78***	-0,84***	0,31***
a^*	1,00	-0,44	0,87***	-0,74***
b^*		1,00	-0,48***	0,72***
SA			1,00	-0,81***

4.5 MULTIVARIATNA ANALIZA

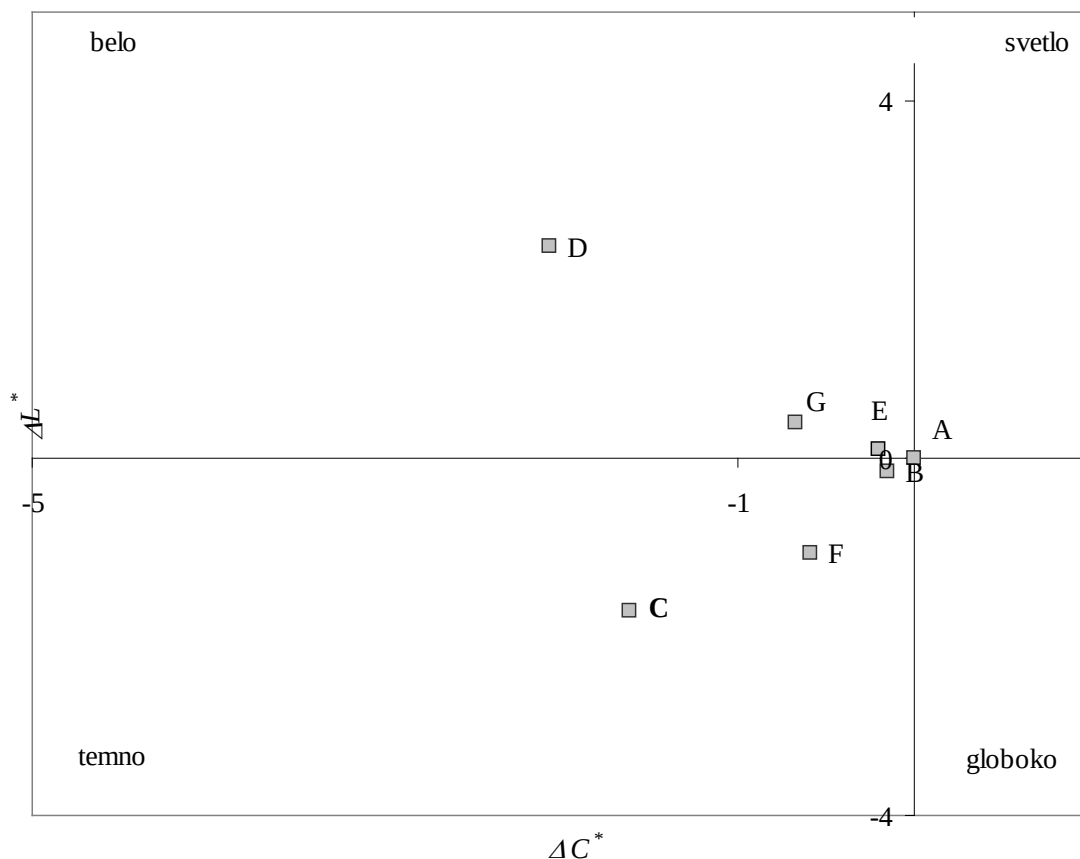
Z multivariatno analizo smo določili, kako se posamezne različice jagodnih džemov razlikujejo od različice A (kontrola) glede na izračunane parametre spremembe svetlosti (ΔL^*) in intenzivnosti barve (ΔC^*) jagodnih džemov oz. kakšna je povezava med izračunanimi parametri, ki smo jih izračunali iz instrumentalno izmerjenih podatkov o barvi.

Na sliki 14 smo prikazali povezavo med spremembo svetlosti (ΔL^*) in intenzivnosti barve (ΔC^*) takoj po pripravi 7 različic jagodnega džema. Ugotovili smo, da so bile vse različice zelo podobne, razen dveh (različica C in F), ki sta se že v osnovni recepturi močno razlikovali od kontrole (različica A); vsebovali sta namreč večji delež sladkorja oz. dodatek naravnega barvila.



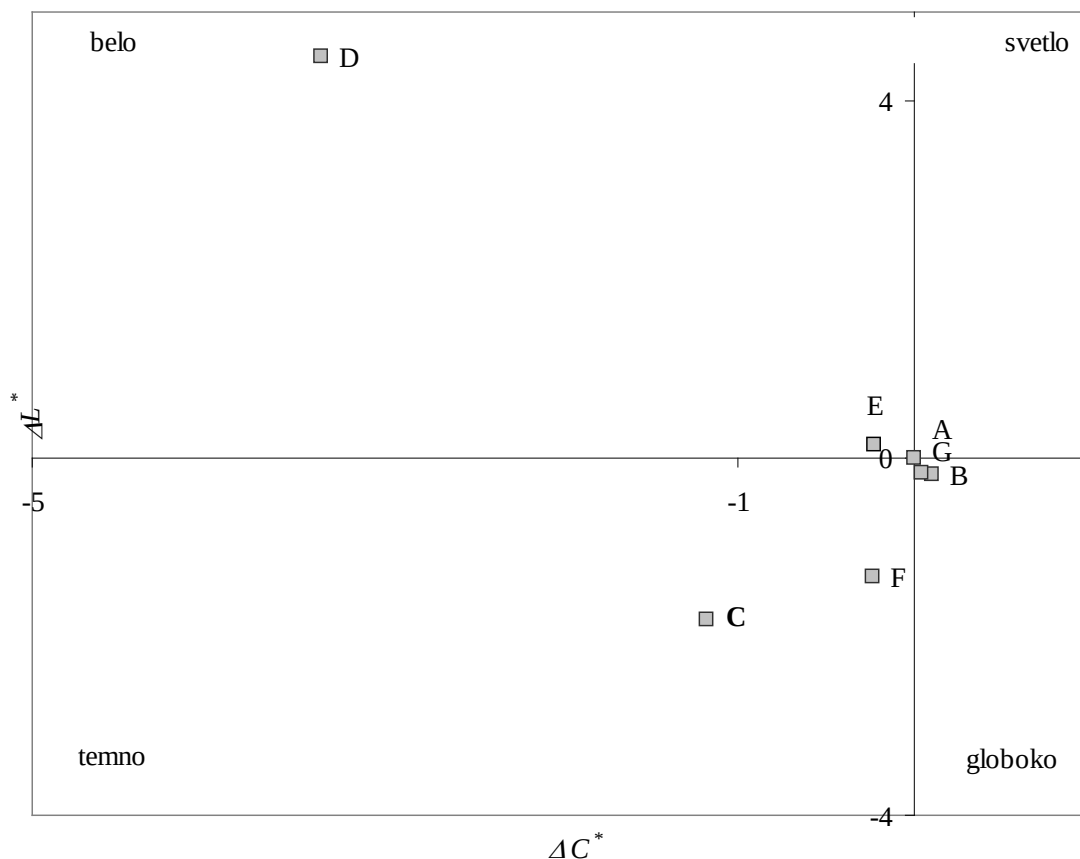
Slika 14: Povezava med spremembo svetlosti (ΔL^*) in intenzivnosti barve (ΔC^*) vseh različic jagodnih džemov takoj po pripravi

Na sliki 15 smo prikazali povezavo med spremembo svetlosti (ΔL^*) in intenzivnosti barve (ΔC^*) po 6 tednih skladiščenja 7 različic jagodnega džema. Ugotovili smo, da so bile razlike že bistveno večje, saj se je poleg različice C tudi različica D (skladiščenje na 4 °C) močno razlikovali od kontrole (različice A). Ostale različice so bile podobne oz. bolj povezane.



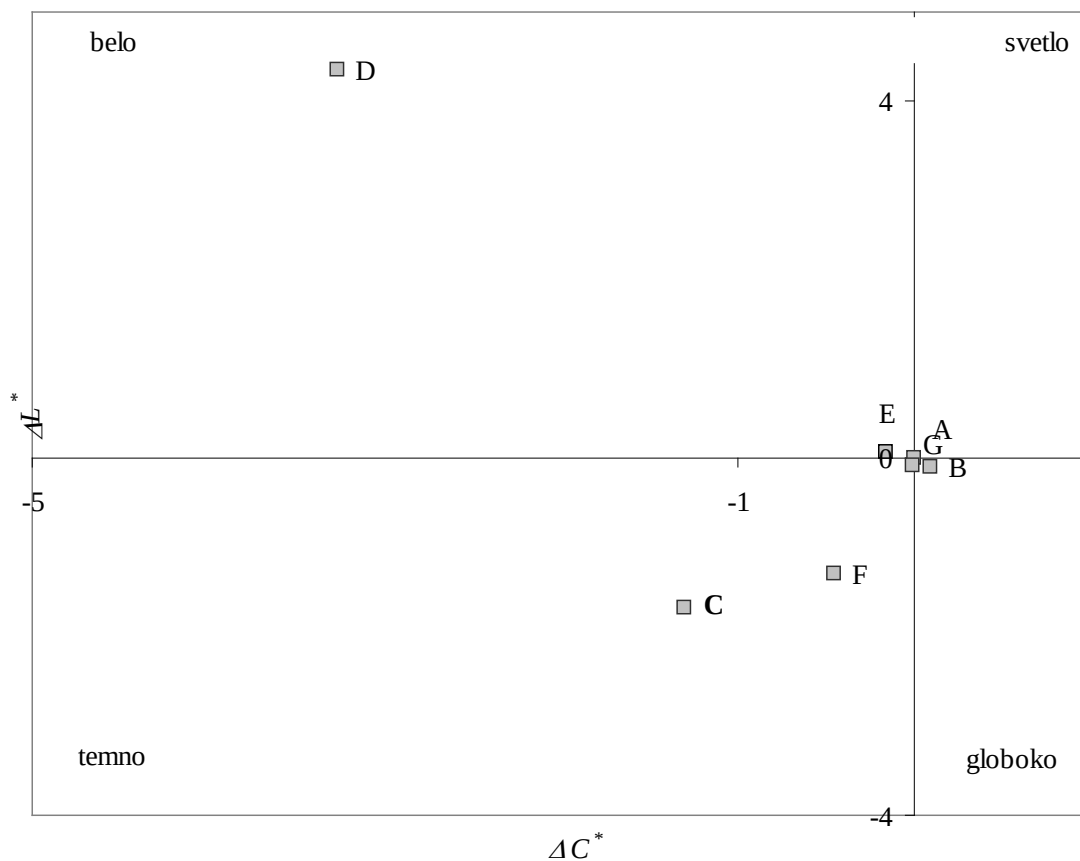
Slika 15: Povezava med spremembo svetlosti (ΔL^*) in intenzivnosti barve (ΔC^*) vseh različic jagodnih džemov po 6 tednih skladiščenja

Na sliki 16 smo prikazali povezavo med spremembo svetlosti (ΔL^*) in intenzivnosti barve (ΔC^*) po 12 tednih skladiščenja 7 različic jagodnega džema. Ugotovili smo, da je nizka temperatura skladiščenja jagodnih džemov najbolj vplivala na povezavo, saj so se s časom skladiščenja še povečevale razlike med različico D in različico A. Ostale različice so bile zelo podobne kontroli oz. bolj povezane, le različica C je ohranjala konstantno razliko.



Slika 16: Povezava med spremembo svetlosti (ΔL^*) in intenzivnosti barve (ΔC^*) vseh različic jagodnih džemov po 12 tednih skladiščenja

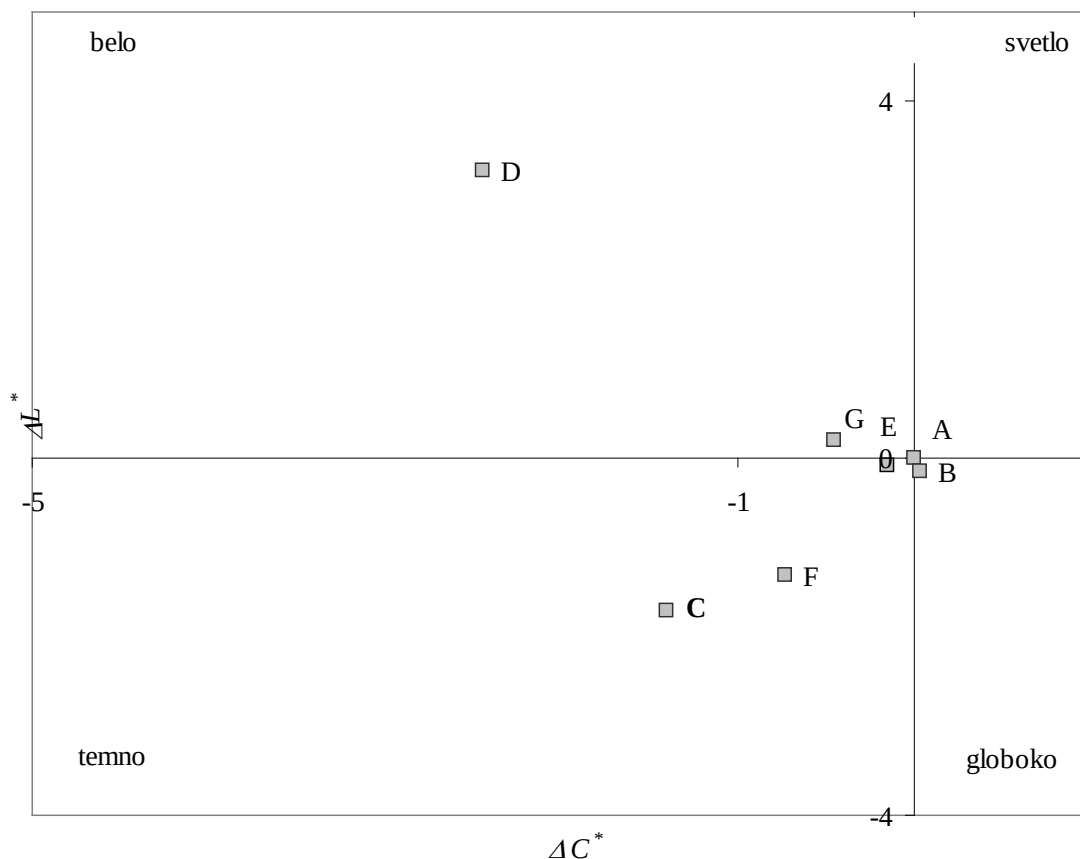
Na sliki 17 smo prikazali povezavo med spremembo svetlosti (ΔL^*) in intenzivnosti barve (ΔC^*) po 16 tednih skladiščenja 7 različic jagodnega džema. Opazili smo podobne trende kot po 12 tednih skladiščenja, kjer smo največje razlike določili med različico D in različico A, ostale različice pa so bile zelo podobne kontroli oz. bolj povezane, le različica C je ohranjala konstantno razliko.



Slika 17: Povezava med spremembo svetlosti (ΔL^*) in intenzivnosti barve (ΔC^*) vseh različic jagodnih džemov po 16 tednih skladiščenja

Na sliki 18 smo prikazali povezavo med spremembo svetlosti (ΔL^*) in intenzivnosti barve (ΔC^*) po 19 tednih skladiščenja 7 različic jagodnega džema. Opazili smo, da se je razlika med različico D in različico A nekoliko zmanjšala, različici C in F pa sta se razlikovali podobno kot takoj po pripravi jagodnih džemov. Ostale različice so bile zelo podobne kontroli oz. bolj povezane.

19 TEDEN



Slika 18: Povezava med spremembo svetlosti (ΔL^*) in intenzivnosti barve (ΔC^*) vseh različic jagodnih džemov po 19 tednih skladiščenja

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Med tehnološkimi procesi predelave živil rastlinskega izvora prihaja do številnih sprememb v kemijski sestavi in senzoričnih lastnostih surovine oz. izdelkov. Večina sprememb je potrebnih in pričakovanih, nekaterim spremembam pa bi se proizvajalci radi izognili. Negativne spremembe izdelkov se med časom skladiščenja lahko še intenzivirajo. Poleg lastnosti surovine (kakovost, optimalna zrelost...) in tehnoloških parametrov (temperatura toplotne obdelave, čas toplotne obdelave...) lahko na lastnosti izdelka vpliva tudi sestava osnovnih surovin in pogoji skladiščenja.

Jagode so zelo priljubljen sadež, ki pa ga kljub globalizaciji svetovnega trga lahko uživamo samo v nekaterih obdobjih. Zato živilska industrija jagode predeluje v številne izdelke, med katerimi je tudi jagodni džem. V praksi je pri predelavi jagod zelo težko ohraniti nespremenjeno barvo jagod; barva jagod in jagodnih izdelkov je zelo značilna, istočasno pa občutljiva in nestabilna. Zaradi tega prihaja med procesom predelave in skladiščenjem jagodnih izdelkov do intenzivnega spreminjanja barve v neznatne, rjavkaste, nepriljubljene odtenke, ki potrošnika odvrčajo od nakupa spremenjenih izdelkov. Številni raziskovalci (Kammerer, 2007; Hernanz in sod., 2008; Patras in sod., 2010; Cavalcanti, 2011; Reber in sod., 2011) so raziskovali mehanizme sprememb barve jagodnih izdelkov in potencialne načine preprečevanja sprememb.

Namen naloge je bil ugotoviti, kateri način priprave oz. kakšna sestava jagodnega džema in kateri pogoji skladiščenja jagodnega džema zagotavljajo najboljšo obstojnost barve. Barva jagod in jagodnih izdelkov je posledica značilne kemijske sestave in specifičnih naravnih barvil-antocianov. Antociani spadajo med fenolne spojine, ki so pomembni sekundarni rastlinski metaboliti. Zato je obstojnost in ohranjanje koncentracije skupnih fenolnih spojin in antocianov povezano z obstojnostjo barve v jagodnem džemu. Bistvenih sprememb barve v izdelkih pa ne opazimo vedno takoj po zaključeni predelavi, ampak šele po določenem času skladiščenja, tako da je potrebno zagotoviti obstojnost barve tudi med daljšim obdobjem skladiščenja.

Z izbiro parametrov poskusa smo želeli zajeti čim več dejavnikov, ki vplivajo na senzorične spremembe oz. spremembe barve izdelkov iz jagod in na vsebnost skupnih fenolnih spojin ter skupnih antocianov. Zato smo pripravili 7 različic jagodnega džema, ki bi jih lahko razdelili v dve skupini: različice jagodnega džema s spremenjeno sestavo in različice z različnimi režimi skladiščenja. Poleg kontrolne različice s standardno sestavo (A) smo pripravili še različico z večjim dodatkom pektina (B), z večjim dodatkom sladkorja (C) in z dodatkom naravnega barvila (F). Različice z enako sestavo kot kontrolna različica smo skladiščili pri nižji temperaturi skladiščenja (D), z vzpostavitvijo dušikove atmosfere v kozarčkih jagodnega džema (E) in izpostavljen dnevi svetlobi (G). Vse pripravljene različice smo skladiščili 4 mesece (19 tednov), med skladiščenjem jemali

vzorke in opravili meritve ter analize. Rezultati so zbrani v poglavju Rezultati. Vsako različico jagodnega džema smo pripravili v 6 ponovitvah.

Med skladiščenjem jagodnih džemov smo opazili intenzivne spremembe barve. Ovrednotili smo jih z instrumentalnimi meritvami in izrazili z barvnimi vrednostmi L^* , a^* , b^* . Razlike med posameznimi različicami jagodnih džemov so bile izražene v vseh treh barvnih vrednostih že takoj po pripravi, saj sestava vseh džemov ni bila enaka. Tu sta posebej izstopala džema z večjo vsebnostjo sladkorja (C) in z dodanim naravnim barvilom (F), ki sta bila glede vrednost L^* najtemnejša, glede na vrednost a^* najmanj rdeča (dodatek sladkorja zmanjša koncentracijo rdečih barvil, dodatek barvila pa spremeni odtenek barve), glede na vrednost b^* pa najmanj rumena oz. najbolj modra (sprememba odtenka barve). Holzwarth in sod. (2014) poročajo o podobnih spremembah barv jagodnega džema zaradi različne sestave in pogojev skladiščenja.

Med skladiščenjem se je barva različic džema spreminjala po različnih sistemih. Generalno gledano so vse različice postajale svetlejšje (večja barvna vrednost L^*), manj rdeče (manjša barvna vrednost a^*) in bolj rumene (večja barvna vrednost b^*). Intenziteta sprememb je bila povezana s sestavo jagodnih džemov in pogoji skladiščenja. Z multivariatno analizo, kjer smo razlike med posameznimi različicami ovrednotili s spremembo svetlosti (ΔL^*) in intenzivnosti barve (ΔC^*), smo ugotovili, da so bile generalno razlike med različicami najmanjše takoj po pripravi. Kot smo že zapisali, sta se nekoliko razlikovali le različica z več sladkorja (C) in dodatkom barvila (F), ki pa sta bili tudi v nadaljevanju skladiščenja nekoliko različni od kontrolnega džema (A). Že po šestih tednih skladiščenja pa smo določili bistveno različno barvo različice džema, ki je bila skladiščena na nižji temperaturi 4 °C (D). Različica D je izstopala ves čas skladiščenja (tudi po 12, 16 in 19 tednih), saj so bile vse ostale različice (B, E, G in v zadnjih tednih skladiščenja tudi F) zelo podobne kontrolni različici, kar pomeni, da so se spreminjale podobno kot osnovna različica džema.

Trdimo lahko, da so se pri različici D vse tri barvne vrednosti oz. da se je barva najmanj spreminjala med skladiščenjem, kar pomeni, da je skladiščenje na temperaturi 4 °C najbolj ohranjalo prvotno barvo jagodnega džema. Pri vseh ostalih različicah so bile spremembe barve bistveno intenzivnejše. Podobne rezultate so v svojih raziskavah potrdili tudi Wicklund in sod. (2005), Patras in sod. (2011), Mazur in sod. (2014) in drugi.

Na podlagi pridobljenih rezultatov lahko hipotezo, ki pravi, da se bo barva jagodnega džema spreminjala v odvisnosti od sestave, pogojev skladiščenja in časa skladiščenja, potrdimo.

Vsebnost skupnih fenolnih spojin je ena od najbolj klasičnih analiz živil, še posebej živil rastlinskega izvora. Fenolne spojine imajo v rastlinskih tkivih veliko pomembnih nalog, v živilih pa so povezane predvsem s parametri kakovosti. Raziskave sprememb skupnih fenolnih spojin v jagodnih izdelkih (Amakura in sod., 2000; Abby in sod., 2007; Rababah in sod., 2011) so pokazale, da na procese vplivajo številni dejavniki. Rezultati niso enoznačni, saj se vsebnost skupnih fenolnih spojin med tehnološkimi procesi predelave jagodičja spreminjajo različno, kar pomeni, da se njihova vsebnost ohranja oz. ostaja enaka ali celo narašča.

Rezultati našega poskusa so podobni rezultatom omenjenih raziskav, saj pri določenih vsebnostih skupnih fenolnih spojin ni bilo statistično značilnih razlik med različicami jagodnih džemov. Ravno tako nismo potrdili statistično značilnih razlik, ki bi nastale v jagodnih džemih med obdobjem skladiščenja. Absolutne vrednosti skupnih fenolnih spojin v jagodnih džemih (primerjava je zaradi deleža sladkorja v džemih približna) so bile okrog 300 mg GAE/100 g, kar je primerljivo z rezultati Tulipani in sod. (2008), ki so v različnih kultivarjih jagod določili do 310 mg GAE na 100 g svežih jagod.

Na podlagi pridobljenih rezultatov lahko hipotezo, ki pravi, da se bo vsebnost skupnih fenolnih spojin v jagodnem džemu spreminjala v odvisnosti od sestave, pogojev skladiščenja in časa skladiščenja, zavrnilo.

Antociani so vodotopni pigmenti v sadju in zelenjavi in so odgovorni za rdeča, vijolična, modra obarvanja različnih rastlin in tudi jagod. Med predelavo jagod in skladiščenjem izdelkov prihaja do razpada in zmanjševanja vsebnosti antocianov zaradi različnih dejavnikov, saj so nestabilni in se hitro razgradijo (Patras in sod., 2010; Cavalcanti in sod. 2011; Holzwarth in sod., 2013).

V literaturi (Holzwarth in sod., 2013) smo zasledili, da so avtorji določili v jagodnih džemih vsebnost skupnih antocianov približno 20 mg Pg-3-gluc E na 100 g izdelka; vsebnost skupnih antocianov se je med 20 tedenskim skladiščenjem pri različnih pogojih znižala na 2-10 mg Pg-3-gluc E /100 g izdelka. Zelo primerljive vrednosti smo izmerili tudi v našem poskusu, kjer smo določili od 19-22 mg Pg-3-gluc E /100 g jagodnega džema takoj po pripravi in 3-12 mg Pg-3-gluc E /100 g izdelka po 19 tednih skladiščenja.

Vsebnost skupnih antocianov v vseh različicah džemov je bila takoj po pripravi značilno največja ($p < 0,001$). S časom je pri vseh različicah vsebnost skupnih antocianov konstantno in značilno padala. Zanimivo je, da se je vsebnost skupnih antocianov skoraj pri vseh različicah jagodnih džemov podobno spreminjala in dosegla najnižje vrednosti le po 12 tednih skladiščenja; kasneje se vrednosti niso več spreminjale. Različica z dodanim naravnim barvilom je imela po 12 tednih skladiščenja približno 50 % skupnih antocianov več, vendar se je že po 16 tednih skladiščenja vsebnost izenačila z ostalimi.

Patras in sod. (2010), Cavalcanti in sod. (2011), Holzwarth in sod. (2013) so samo nekateri od avtorjev, ki so dokazali, da višje temperature skladiščenja jagodnih izdelkov negativno vplivajo na obstojnost antocianov in da je višja temperatura skladiščenja najpomembnejši dejavnik za razpad antocianov. Holzwarth in sod. (2013) na primer priporočajo ravno skladiščenje na 4 °C za optimalno ohranjanje rastlinskih pigmentov v živilskih izdelkih. Rezultati naše raziskave potrjujejo ugotovitve ostalih raziskovalcev, saj smo pri različici jagodnega džema skladiščeni na nižji temperaturi (4 °C v primerjavi s temperaturo skladiščenja vseh ostalih različic jagodnega džema, ki je bila 20 °C) določili bistveno počasnejše zmanjševanje vsebnosti skupnih antocianov; na koncu skladiščenja je imela omenjena različica več kot trikratno vsebnost skupnih antocianov v primerjavi z vsemi ostalimi različicami.

Na vsebnost skupnih antocianov je vplivala tudi osnovna sestava jagodnih džemov, saj smo pri različici z dodatkom sladkorja določili značilno najmanjšo vsebnost skupnih

antocianov. Zanimivo je, da v različici z dodanim naravnim barvilom nismo določili značilne razlike v vsebnosti skupnih antocianov. Na podlagi pridobljenih rezultatov lahko postavimo hipotezo, ki pravi, da se bo vsebnost skupnih antocianov v jagodnem džemu spreminjala v odvisnosti od sestave, pogojev skladiščenja in časa skladiščenja.

Že pred časom (Wrolstad, 1976) je bilo znano, da so antociani odgovorni za rdečo barvo jagod, kasneje pa so številni avtorji to še potrdili (Espin in sod., 2000; Tulipani in sod., 2008). Tudi naša raziskava je pokazala, da je rdeča barva jagodnega džema povezana z vsebnostjo skupnih antocianov. Najmočnejšo in statistično visoko značilno pozitivno povezavo smo dokazali med barvno vrednostjo a^* (ki opisuje rdeče odtenke barve) in vsebnostjo skupnih antocianov ($r=0,87$, $p < 0,0001$), kar pomeni, da so bili rdeči odtenki jagodnih džemov manj intenzivni kadar se je vsebnost skupnih antocianov zmanjševala.

Tudi druge močne korelacije med barvnimi vrednostmi in vsebnostjo skupnih antocianov kažejo, da je barva jagodnih džemov odvisna prvenstveno od vsebnosti skupnih antocianov. Povezave med barvnimi vrednostmi in skupnimi fenolnimi spojinami pa pomenijo, da poleg antocianov na barvo jagodnega džema vplivajo tudi druge snovi.

Na podlagi pridobljenih rezultatov lahko hipotezo, ki pravi, da bo vsebnost antocianov in skupnih fenolov vplivala na spremembe barve jagodnega džema, potrdimo.

5.2 SKLEPI

Na podlagi pridobljenih rezultatov in meritev lahko oblikujemo naslednje sklepe:

- o na barvo jagodnega džema značilno ($p < 0,001$) vplivajo sestava oz. pogoji skladiščenja in čas skladiščenja. Najboljšo obstojnost barve smo potrdili pri jagodnem džemu, ki je bil skladiščen pri 4 °C;
- o na vsebnost skupnih antocianov v jagodnem džemu značilno vplivajo sestava oz. pogoji skladiščenja in čas skladiščenja. Najboljšo obstojnost oz. največje vsebnosti skupnih antocianov smo določili v jagodnem džemu, ki je bil skladiščen pri 4 °C;
- o vpliva sestave oz. pogojev skladiščenja in časa skladiščenja na vsebnost skupnih fenolnih spojin v jagodnem džemu nismo potrdili;
- o edini parameter, ki je bil učinkovit pri ohranjanju barve in skupnih antocianov v jagodnem džemu med daljšim skladiščenjem, je bila nizka temperatura skladiščenja;
- o barva jagodnih džemov je povezana z vsebnostjo skupnih antocianov; najintenzivneje je z vsebnostjo skupnih antocianov povezana barvna vrednost a^* ($r=0,87$, $p < 0,0001$), ki opisuje rdeče odtenke barve. Tudi med vsebnostjo skupnih fenolnih spojin v jagodnih džemih in barvnimi vrednostmi obstaja močna korelacija.

6 POVZETEK

Barva izdelkov iz predelanega sadja je ključni izključitveni element potrošnika. Značilna barva vpliva tudi na senzorično zaznavo potrošnika. Jagode in izdelki iz jagod vsebujejo številne fenolne spojine, med katerimi imajo ključno vlogo pri barvi jagod antociani. Poleg tega so jagode pomemben vir antioksidantov. Pripisujejo jim številne blagodejne učinke na človeško zdravje in počutje. Med predelavo jagod in skladiščenjem izdelkov prihaja do razpada in zmanjševanja koncentracije antocianov. Na spremembe vplivajo različni procesni parametri (dodatki različnih surovin, pogoji skladiščenja in drugo), ki lahko spreminjajo barvo končnega izdelka.

Namen diplomske naloge je bil ugotoviti, kakšna sestava jagodnega džema in kateri pogoji skladiščenja jagodnega džema bi zagotovili najboljšo obstojnost barve in ohranjanje koncentracije fenolnih spojin v izdelku.

Vzorci jagodnega džema smo pripravili po uveljavljenem tehnološkem postopku, napolnili v šestkotne kozarce ter skladiščili. Pripravili smo 7 različic vzorcev jagodnega džema, ki so se razlikovali po sestavi in pogojih skladiščenja (osnovno različico, različice z večjo vsebnostjo pektina oz. sladkorja ter dodatkom naravnega barvila, različice skladiščene v dušikovi atmosferi, pri nižji temperaturi skladiščenja (4 °C namesto 20 °C) in na dnevni svetlobi). Jagodne džeme smo vzorčili takoj po pripravi in po 6, 12, 16 in 19 tednih skladiščenja. Vsem vzorcem smo instrumentalno izmerili barvo in določili vsebnost skupnih antocianov ter skupnih fenolnih spojin. Barvo smo izmerili s kromametrom direktno na površini kozarca z izdelkom. Vsebnost skupnih fenolnih spojin in vsebnost skupnih antocianov v jagodnem džemu smo po ekstrakciji določili spektrofotometrično. Rezultate analiz smo statistično obdelali.

Med skladiščenjem so vse različice jagodnega džema postajale svetlejše (večja barvna vrednost L^*), manj rdeče (manjša barvna vrednost a^*) in bolj rumene (večja barvna vrednost b^*). Barva se je najmanj spreminjala med skladiščenjem na temperaturi 4 °C. V jagodnih džemih smo določili približno 300 mg GAE/100 g skupnih fenolnih spojin, vendar med različicami jagodnih džemov ni bilo statistično značilnih razlik. Vsebnost skupnih antocianov v vseh različicah džemov je bila takoj po pripravi značilno največja ($p < 0,001$). S časom je pri vseh različicah vsebnost skupnih antocianov konstantno in značilno padala, razen pri različici skladiščeni na nižji temperaturi, kjer se je vsebnost skupnih antocianov bistveno počasneje zmanjševala; na koncu skladiščenja je imela različica skladiščena na nižji temperaturi več kot trikratno vsebnost skupnih antocianov kot vse ostale različice. Najmočnejšo in statistično visoko značilno pozitivno povezavo smo dokazali med barvno vrednostjo a^* in vsebnostjo skupnih antocianov ($r=0,87$, $p < 0,0001$). Nižja temperatura skladiščenja je najbolj ohranjala osnovno barvo jagodnega džema in visoko vsebnost skupnih antocianov.

7 VIRI

- Aaby K., Skrede G., Wrolstad R.E. 2005. Phenolic composition and antioxidant activities in flesh and achenes of strawberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 4032-4040.
- Aaby K., Wrolstad R.E., Ekeberg D., Skrede G. 2007. Polyphenol composition and antioxidant activity in strawberry purees: Impact of achene level and storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 5156 – 5166.
- Abram V., Simčič M. 1997. Fenolne spojine kot antioksidanti. *Farmacevtski vestnik*, 48: 573 – 589.
- Amakura Y., Umino Y., Tsuji S., Tonogai Y. 2000. Influence of jam processing on the radical scavenging activity and phenolic content in berries. *Journal of Food and Agricultural Chemistry*, 48: 6292-6297
- Blom H., Enersen G. 1983. What happens with colour in jam processing? *NINF – Informasjon*, 7: 369 – 377.
- Bof C. M. J., Fontana R. C., Piemolini-Barreto L.T., Sandri I. G. 2012. Effect of freezing and processing technologies on the antioxidant capacity of fruit pulp and jelly. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55, 1: 107 – 114.
- Boyer R. F. 2002. *Concepts in biochemistry*. 2nd ed. New York, J. Wiley & Sons: 626 str.
- Bravo L. 1998. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition Reviews*, 56: 317-333.
- Brown A. 2011. *Understanding food: Principles and preparation*. 4th ed. Wadsworth, Cengage Learning: 318-321.
- Buchweitz M., Speth M., Kammerer D. R., Carle R. 2013a. Impact of pectin type on the storage stability of blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) anthocyanins in pectic model solutions. *Food Chemistry*, 139: 1168-1178.
- Buchweitz M., Speth M., Kammerer D. R., Carle R. 2013b. Stabilisation of strawberry anthocyanins by different pectins. *Food Chemistry*, 141: 2998-3006.
- Castañeda – Ovando A., Pacheco – Hernández M. L., Páez – Hernández M. E., Rodríguez J. A., Gálan – Vidal C.A. 2009. Chemical studies of anthocyanins: a review. *Food Chemistry*, 113: 859 – 871.

- Cavalcanti R. N., Santos D. T., Meireles M. A. A. 2011. Non-thermal stabilization mechanisms of anthocyanins in model and food systems - an overview. *Food Research International*, 44: 499-509.
- Cheyrier V. 2005. Polyphenols in foods are more complex than often other thought. *American Journal of Clinical Nutrition*, 81: 223S – 229S.
- Chesson A., Russel W. R., Provan G. J. 1998. Metabolites of the polypropaniod pathway-common origin, common properties? V: *Polyphenols in Food. First Workshop*, Aberdeen, Scotland. 16 to 19 April 1997. COST 916, Bioactive plant cell wall components in nutrition and health. Amado R. (ed.). Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities: 17 – 23.
- Clifford M. N. 2000. Anthocyanins: nature, occurrence and dietary burden. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80: 1063 – 1072.
- Crecente-Campo J., Nunes-Damaceno M., Romero-Rodriguez M.A., Vazquez-Oderiz M.L. 2012. Color, anthocyanin pigment, ascorbic acid and total phenolic compound determination in organic versus conventional strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch., cv Selva). *Journal of Food Composition and Analysis*, 28: 23-30.
- Da Silva Pinto M., Lajolo F. M., Genovese M. I. 2008. Bioactive compounds and quantification of total ellagic acid in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Food Chemistry*, 107: 1629 – 1635.
- DeGregorio M.L., Cante C.J. 1992. Fruit preserves and jellies. V: *Encyclopedia of food science and technology*. Vol.2. Hui Y.H. (ed.). New York, John Wiley&Sons, Inc.: 1273-1278.
- Dervisi P., Lamb J., Zabetakis I. 2001. High pressure processing in jam manufacture: Effects on textural and colour properties. *Food Chemistry*, 73, 1: 85-91.
- Downham A., Collins P. 2000. Colouring our foods in the last and next millenium. *International Journal of Food Science & Tehnology*, 35, 1: 5 – 22.
- El Nawawi S. A., Heinkel Y. A. 1997. Factors affecting gelation of high ester citrus pectin. *Process Biochemistry*, 32: 381 – 385.
- Echo Productions. 1999. CIE L* a* b* color system. Zurich, Echo Productions: 1 str. www.colorsystm.com (november 2006).
- Ellis C.L., Edirisinghe I., Kappagoda T. 2011. Attenuation of meal-induced inflammatory and thrombotic responses in overweight men and women after 6-week daily strawberry (*Fragaria*) intake: a randomized placebo-controlled trial. *Journal of Atherosclerosis and Thrombosis*, 18, 4: 318-327.

Espin J.C., Soler – Rivas C., Wichers H. J., Garcia – Viguera C. 2000. Anthocyanin – based natural colorants: A new source of antiradical activity for foodstuff. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 1588 – 1592.

FAOSTAT. 2013. Top production: strawberries: 2012. Rome, FAO, Faostat, Agricultural data: 1 str.

<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> (maj 2013)

Fossen T., Rayyan S., Andersen Ø. M. 2004. Dimeric anthocyanins from strawberry (*Fragaria ananasa*) consisting of pelargonidin 3 – glucoside covalently linked to four flavan – 3 – ols. *Phytochemistry*, 65: 1421 – 1428.

Garcia – Viguera C., Zafrilla P., Artes F., Romero F., Abellan P., Tomas – Barberan F. A. 1998. Colour and anthocyanin stability of red raspberry jam. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 78, 4: 565 – 573.

Garcia – Viguera C., Zafrilla P., Romero F., Abellan P., Artes F., Tomas – Barberan F.A. 1999. Colour stability of strawberry jam as affected by cultivar and storage temperature. *Journal of Food Science*, 64: 243 – 247.

Garzon G.A., Wrolstadt R.E. 2002. Comparison of the stability of pelargonidin – based anthocyanins in strawberry juice and concentrate. *Journal of Food Science*, 67, 4: 1288 – 1299.

Giampieri F., Tulipani S., Alvarez-Suarez J. M., Quiles J. L., Mezzetti B., Battino M. 2012. The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*, 28: 9-19.

Gössinger M., Ayer F., Radocha N., Hofler M., Boner A., Groll E., Nosko E., Bauer R., Berghofer E. 2008. Consumer's color acceptance of strawberry nectars from puree. *Journal of Sensory Studies*, 24: 78 – 92.

Haffner K., Finstad M. B., Rosenfeld H. J., Skrede G. 2003. Colour of raspberry jam as influenced by cultivar, temperature and light during storage. *Acta Horticulturae*, 628: 829 – 834.

Heldt H. W. 1997. *Plant biochemistry & molecular biology*. 1st ed. New York, Oxford University Press: 352 – 414.

Heller W. 1994. Topics in the biosynthesis of plant phenols. *Acta Horticulturae*, 381: 46 – 73.

Hernanz D., Recamales F. A., Melendez – Martinez A., Gonzalez – Miret M. L., Heredia F. J. 2008. Multivariate statistical analysis of the color – anthocyanin relationship in different soilless – grown strawberry genotypes. *Food Chemistry*, 56: 2735 – 2741.

- Hof K., Wiseman S.A., Boer H., Weststrate N.L.J., Tybirk L. 1998. Bioavailability of antioxidant activity of tea polyphenols in humans. V: *Polyphenols in Food. First Workshop, Aberdeen, Scotland. 16 to 19 April 1997. COST 916, Bioactive plant cell wall components in nutrition and health.* Amado R. (ed.). Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities: 115 – 116.
- Hollman P. C. H., Hertog M. G. L. 1998. Epidemiological evidence on potential health Effects of flavonoids. V: *Polyphenols in Food. First Workshop, Aberdeen, Scotland. 16 to 19 April 1997. COST 916, Bioactive plant cell wall components in nutrition and health.* Amado R. (ed.). Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities: 137 – 138.
- Holzwarth M., Korhummel S., Siekmann T., Carle R., Kammerer D. R. 2013. Influence of different pectins, process and storage conditions on anthocyanin and colour retention in strawberry jams and spreads. *LWT - Food Science and Technology*, 52: 131-138.
- Hradzina G. 1994. Compartmentation in phenolic metabolism. *Acta Horticulturae*, 381: 86 – 96.
- Hummer K.E., Hancock J. 2009. Strawberry genomics: botanical history, cultivation, traditional breeding, and new technologies. V: *Genetics and genomics of Rosacea.* Foltá K.M., Gardiner S.E. (eds.). New York, Springer: 413-435.
- Ibrahim R. K. 1993. Enzymatic conjugation of flavonoids. V: *Polyphenolic phenomena.* Sealbert A. (ed.) Paris, INRA Editions: 81 – 85.
- Kay C.D., Kroon P.A., Cassidy A. 2009. The bioactivity of dietary anthocyanins is likely to be mediated by their degradation products. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 53: 92-101.
- Kammerer D. R., Schillmoller S., Maier O., Schieber A., Carle R. 2007. Colour stability of canned strawberries using black carrot and elderberry juice concentrates as natural colourants. *European Food Research and Technology*, 224: 667 – 679.
- Kirca A., Özkan M., Cemeroğlu B. 2007a. Effect of temperature, solid content and pH on the stability of black carrot anthocyanins. *Food Chemistry*, 101: 212 – 218.
- Kirca A., Özkan M., Cemeroğlu B. 2007b. Storage stability of strawberry jam color enhanced with black carrot juice concentrate. *Journal of Food Processing and Preservation* 31: 531 – 545.
- Kopjar M., Piližota V., Nedić – Tiban N., Šubarić D., Babić J., Ačkar Đ. 2007. Effect of different pectin addition and its concentration on colour and textural properties of raspberry jam. *Deutsche Lebensmittel – Rundschau*, 103: 164 – 168.

- Kopjar M., Piližota V., Nedić – Tiban N., Šubarić D., Babić J., Ačkar Đ. Sajdl M. 2009. Strawberry jams: influence of different pectins on colour and textural properties. *Czech Journal of Food Science*, 27, 1: 20 – 28.
- Lee C. Y. 1992. Phenolic compounds. V: *Encyclopedia of food science and technology*. Vol. 3. Hui Y. H. (ed.). New York, Wiley & Sons, Inc.: 2055 – 2061.
- Lewis C. E., Walker J. R. L., Lancaster J. E. 1995. Effect of polysaccharides on the colour of anthocyanins. *Food Chemistry*, 54: 315 – 319.
- Lopes da Silva F., Escibano – Bailon M. T., Alonso J. J. P., Rivas – Gonzalo J. C., Santos – Buelga C. 2007. Anthocyanin pigments in strawberry. *LWT – Food Science and Technology*, 40:, 374 – 382.
- Manach C., Scalbert A., Morand C., Rémésy C., Jiménez L. 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79: 727 – 447.
- Mazur S.P., Nes A., Wold A.-B., Remberg S.F., Martinsen B.K., Aaby K. 2014. Effects of ripeness and cultivar on chemical composition of strawberry fruits and their suitability for jam production as a stable product at different storage temperatures. *Food Chemistry*, 146: 412 – 422.
- Mazza G., Miniati E. 1993. *Anthocyanins in fruits, vegetables and grains*. Boca Raton, CRC Press: 362 str.
- Mazzaracchio P., Pifferi P., Kindt M., Munyaneza A., Barbiroli G. 2004. Interactions between anthocyanins and organic food molecules in model system. *International Journal of Food Science and Technology*, 39: 53 – 59.
- McGhie T. K., Walton M. C. 2007. The bioavailability and absorption of anthocyanins: towards a better understanding. *Molecular Nutrition and Food Research*, 51: 702 – 713.
- Moore V.J. 1988. Effect of packaging and display variables on retail display of frozen lamb chops. *Meat Science*, 22: 313–320.
- Ochoa M. R., Kessler A. G., Vullioud M. B., Lozano J. E. 1999. Physical and chemical characteristic of raspberry pulp: storage effect on composition and color. *LWT - Food Science and Technology*, 32: 149 – 154.
- Özkan M., Yemenicioğlu A., Asefi N., Cemeroğlu B. 2002. Degradation kinetics of anthocyanins from sour cherry, pomegranate and strawberry juice by hydrogen peroxide. *Journal of Food Science*, 67, 2: 525 – 529.
- Patras A., Brunton N. P., O'Donnell C., Tiwari B. K. 2010. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods, mechanisms and kinetics of degradation. *Trends in Food Science and Technology*, 21: 3 - 11.

- Patras A., Brunton N.P., Tiwari B.K., Butler F. 2011. Stability and degradation kinetics of bioactive compounds and colour in strawberry jam during storage. *Food and Bioprocess Technology*, 4, 7: 1245-1252.
- Pravilnik o kakovosti sadnih džemov, želejev, marmelad in sladkane kostanjeve kaše. 2004. Uradni list Republike Slovenije, 14, 31: 3750-3752.
- Prior R. L., Wu X. 2006. Anthocyanins: structural characteristics that result in unique metabolic patterns and biological activities. *Free Radical Research*, 40: 1014 – 1028.
- Rababah T.M., Ereifej K.I., Howard L. 2005. Effect of ascorbic acid and dehydration on concentrations of total phenolics, antioxidant capacity, anthocyanins, and color in fruits. *Journal of Agricultural Food and Chemistry*. 53: 4444-4447.
- Rababah T.M., Al-u'datt M.H., Al-Mahasneh M.A., Feng H., Alothman A.M., Almajwal A., Yang W., Kilani I., Alhamad M.N., Ereifej K., Abu-Darwish M. 2011. Effect of storage on the physicochemical properties, total phenolic, anthocyanin, and antioxidant capacity of strawberry jam. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 9, 2: 101-105.
- Reber J.D, Eggett D.L., Parker T.L. 2011. Antioxidant capacity interactions and a chemical/structural model of phenolic compounds found in strawberries. *International Journal of Food, Sciences and Nutrition*, 62, 5: 445-452.
- Rein M. J., Heinonen R. 2004. Stability and enhancement of berry juice color. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 10: 3106 – 3114.
- Robards K., Penzler D.P., Tucker G., Swatsitang P., Glover W. 1999. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry*, 66: 405 – 410.
- Robinson G.M., Robinson M. A. 1931. Survey of anthocyanins I. *Biochemical Journal*, 25: 1687 – 1705.
- Sadilova E., Stintzing F. C., Kammerer D. R., Carle R. 2009. Matrix dependent impact of sugar and ascorbic acid addition on color and anthocyanin stability of black carrot, elderberry and strawberry single strength and from concentrate juices upon thermal treatment. *Food Research International*, 42: 1023-1033.
- Sandulachi E. 2011. Stability and quality of strawberry jam low-sucrose. *Annals Food Science and Technology*, 12, 2: 97 – 101.
- SAS Software. 1999. Version 8.01. Cary, SAS Institute Inc.: Software
- Seeram N.P., Lee R., Scheuller H. S., Heber D. 2006. Identification of phenolic compounds in strawberries by liquid chromatography electrospray ionization mass spectroscopy. *Food Chemistry*, 97: 1 – 11.

- Sesso H.D, Gaziano J.M, Jenkins D.J.A. 2007. Strawberry intake, lipids, C-reactive protein, and the risk of cardiovascular disease in women. *Journal of the American College of Nutrition*, 26: 303 - 310.
- Skrede G., Wrolstad R.E., Lea P., Enersen G. 1992. Color stability of strawberry and blackcurrant syrups. *Journal of Food Science*, 57, 1: 172 – 177.
- Smith D.A. 2003. Jams and preserves: Methods of manufacture. V: *Encyclopedia of food science and nutrition*. Vol.6. 2nd ed. Caballero B., Trugo L.C., Finglas P.M. (eds.). Amsterdam, Academic Press: 3409-3419.
- Souci W. S., Fachmann W., Kraut H. 2000. Food composition and nutrition tables. 6th ed. Stuttgart, Medpharm: 757 – 758.
- Stafford H. A. 1993. Proanthocyanidin and flavan-3-ol biosynthesis: comparison with the anthocyanidin pathway and future needs. V: *Polyphenolic phenomena*. Sealbert A. (ed.). Paris, INRA: 73 – 80.
- Stevenson D.E., Hurst R.D. 2007. Polyphenolic phytochemicals-just antioxidants or much more? *Cellular and Molecular Life Sciences*, 64, 22: 2900-2916.
- SURS. 2014. Pridelava jagod v posameznih letih v Sloveniji. Ljubljana, Statistični urad Republike Slovenije: 1 str.
<http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/Saveshow.asp>.
- Sun J., Chu Y.F., Wu X., Liu R.H. 2002. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 7449-7454.
- Swanson B. G. 1993. Tannins and polyphenols. V: *Encyclopaedia of food science, food technology and nutrition*. Vol. 7. Macrae R., Robinson R. K., Sadler M. J. (eds.). London, Academic Press: 4513 – 4517.
- Szajdek A., Borowska E. J. 2008. Bioactive compounds and health – promoting properties of berry fruits: a review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 63: 147 – 156.
- Tiwari B.K., O'Donnell C.P., Patras N.B.A., Cullen P.J. 2009. Stability of anthocyanins and ascorbic acid in sonicated strawberry juice during storage. *European Food Research and Technology*, 228: 717-724
- Tulipani S., Mezzetti B., Capocasa F., Bompadre S., Beekwilder J., Ric De Vos C. H., Capanoglu E., Bovy A., Battino M. 2008. Antioxidant, phenolic compounds, and nutritional quality of different strawberry genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 696 – 704.
- Wedge D.E., Meepagala K.M., Magee J.B.. 2004. Anticarcinogenic activity of strawberry, blueberry, and raspberry extracts to breast and cervical cancer cells. *Journal of Medicinal Food*, 4, 1: 49-51.

- Wicklund T., Rosenfeld H. J., Martinsen B.K., Sundfor M. W., Lea P., Bruun T., Blomhoff R., Haffner K. 2005. Antioxidant capacity and colour of strawberry jam as influenced by cultivar and storage conditions. *LWT – Food Science and Technology*, 38: 387 – 391.
- Wojdyło A., Figiel A., Oszmianski J. 2009. Effect of drying methods with the application of vacuum microwaves on the bioactive compounds, color, and antioxidant activity of strawberry fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57: 1337 – 1343.
- Wrolstad R. E. 1976. Colour and pigment analysis in fruit products. Station Bulletin 624. Corvallis, Corvallis Station, Oregon State University: 1-17.
- Wu X., Beecher G.R., Holden J.M., Haytowitz D.B., Gebhardt S.E., Prior R.L. 2006. Concentrations of anthocyanins in common foods in the United States and estimation of normal consumption. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 11:4069-4075.
- Zafrilla P., Valero A., Garcia – Viguera C. 1998. Stabilization of strawberry jam colour with natural colorants. *Food Science and Technology International*, 4: 99 – 105.
- Zhao Y. 2012. Jams, jellies, and other jelly products. V: Specialty foods: Processing technology, quality, and safety. Zhao Y. (ed.). Boca Raton, CRC Press: 136-155.

ZAHVALA

Prvenstvena zahvala gre doc.dr. Tomažu Požrlu, ki je imel veliko energije in volje, ter me vodil in bodril ves čas priprave, zbiranja, sestavljanja, popravljanja naloge, vse do časovno zelo napornega zaključka. Tudi neplanirane službene poti, odsotnosti in skrajni rok ga niso ustavili v strokovni pomoči do končnega cilja-zagovora, zato sem mu in bom ostal neizmerno hvaležen.

Hvaležen sem tudi dr. Špeli Može Bornšek, ki je strokovno nadzirala potek in pripravo izvajanja meritev, ter univ. dipl. inž. Mirti Kadivec za prijetno vzdušje in nesebično pomoč pri pripravi vzorcev, številnih meritvah in zbiranju potrebnih podatkov. Naloga ne bi bila zaključena brez pomoči prof.dr. Leje Demšar in zelo sem ji hvaležen za hitro in natančno ter strokovno obdelavo obširnih podatkov.

Hvala tudi recenzentki prof. dr. Heleni Abramovič, ki je v izredno kratkem roku naredila obilico dela in mi s koristnimi napotki omogočila zaključek v predvidenem roku.

Hvala tudi vsem vpletenim v postopke prijave, dokumentiranja in zagovora diplomske naloge. Dokazali ste, da vam je do študentov veliko in, da vam kombinacija človeškega in strokovnega pristopa ni tuja