

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Jerneja MRAK

PRIPRAVA AJDOVEGA SLADA

MAGISTRSKO DELO

Magistrski študij – 2. stopnja Živilstvo

Ljubljana, 2014

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Jerneja MRAK

PRIPRAVA AJDOVEGA SLADA

MAGISTRSKO DELO
Magistrski študij – 2. stopnja Živilstvo

PREPARATION OF BUCKWHEAT MALT

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

Ljubljana, 2014

Magistrsko delo je zaključek magistrskega študijskega programa druge stopnje Živilstvo.

Praktični del je bil opravljen na Katedri za tehnologije, prehrano in vino in na Katedri za biokemijo in kemijo živil, Oddelka za živilstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Komisija za študij 1. in 2. stopnje je za mentorja magistrskega dela imenovala doc. dr. Tomaža Požrla, za somentorico doc. dr. Natašo Šegatin in za recenzentko prof. dr. Heleno Abramovič.

Mentor: doc. dr. Tomaž Požrl

Somentorica: doc. dr. Nataša Šegatin

Recenzentka: prof. dr. Helena Abramovič

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

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

Jerneja Mrak

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du2
DK	UDK 663.43: 633.12: 543.2/.9 (043) = 163.6
KG	pivo/ ajda/ encimska aktivnost/ zaslajevanje/ ajdov slad/ kakovost slada/ vsebnost vode/ kongresna metoda
AV	MRAK, Jerneja, dipl. inž. živ. in preh. (UN)
SA	POŽRL, Tomaž (mentor)/ŠEGATIN, Nataša (somentorica)/ABRAMOVIČ, Helena (recenzentka)
KZ	SI – 1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo
LI	2014
IN	PRIPRAVA AJDOVEGA SLADA
TD	Magistrsko delo (Magistrski študij – 2. stopnja Živilstvo)
OP	X, 69 str., 8 pregl., 23 sl., 72 vir.
IJ	sl
JI	sl/en

AI V magistrski nalogi smo raziskovali lastnosti in obnašanje ajde med zaslajevanjem. Ajda je potencialna surovina za proizvodnjo brezglutenskega piva. Za nalogo smo izbrali različni sorti ajde in spreminjali različne parametre pomembne za pridobivanje ajdovega slada. Lastnosti ajdovega slada smo primerjali s parametri kakovosti ječmenovega slada. V predposkusu smo navadno ajdo sorte Darja in ajdo sorte Pyra namakali pri temperaturi 10 in 20 °C 8 ur ter kalili pri temperaturi 10 in 20 °C 48 ur. Pri glavnem poskusu smo za namakanje ajde uporabili vodo temperature 20 °C, za kaljenje slada pa temperaturo 20 °C, saj smo pri takih pogojih dosegli boljše vpijanje vode in intenzivnejšo rast kalčka. Vzorce ajdovega slada smo odvzeli po 24, 48, 72 in 96 urah kaljenja. Slad smo posušili pri 50 °C, 60 °C, 80 °C in 105 °C. Na vzorcih smo naredili senzorične analize slada in kongresne sladice, mehanske analize slada (določanje dolžine kalčka, določanje odstotka vzkaljenih zrn in kaljivosti) ter opravili kemijsko- tehnološke analize ajdovega slada (določanje vode v sušenih vzorcih ajde, kongresno metodo- vsebnost ekstrakta, čas zasladitve drozge, čas filtriranja, pH kongresne sladice, gostoto ter viskoznost kongresne sladice). Rezultati analiz so pokazali, da se vsi analizirani parametri spreminjajo glede na čas kaljenja. Za ključni dejavnik se je pokazala temperatura sušenja, saj smo pri temperaturi sušenja 50 °C in 60 °C dosegli najboljše rezultate (največjo vsebnost ekstrakta v sladu, najkrajše čase zasladitve in filtracije). Pri ajdi smo največje deleže ekstrakta v sladu dobili pri temperaturi sušenja 60 °C (pri ajdi sorte Darja ($65,0 \pm 0,5$) % in pri ajdi sorte Pyra ($62,2 \pm 0,5$) %). Vrednosti viskoznosti ajdove kongresne sladice so pokazale, da je optimalni čas kaljenja 72 ur ali 3 dni, saj je bila viskoznost kongresne sladice pri tem času kaljenja ajde najmanjša (pri ajdi sorte Darja 1,760 cP in pri ajdi sorte Pyra 1,627 cP). Opazili smo tudi majhne razlike med sortama ajde Darja in Pyra. Optimalni pogoji za pripravo ajdovega slada so: 8-urno namakanje ajde pri 20 °C, kaljenje med 72 in 96 urami pri 20 °C in sušenje med 50 °C in 60 °C.

KEY WORD DOCUMENTATION

DN Du2
 DC UDC 663.43: 633.12: 543.2/.9 (043) = 163.6
 CX beer/ buckwheat/ enzyme activity/ malting/ buckwheat malt/ malt quality/ moisture content/ congress mashing/
 AU MRAK, Jerneja
 AA POŽRL, Tomaž (supervisor)/ŠEGATIN, Nataša (co-advisor)/ABRAMOVIČ, Helena (reviewer)
 PP SI – 1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
 PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Food Science and Technology
 PY 2014
 TI PREPARATION OF BUCKWHEAT MALT
 DT M. Sc. Thesis (Master Study Programmes: Field Food Science and Technology)
 NO X, 69 p., 8 tab., 23 fig., 72 ref.
 LA sl
 AL sl/en
 AB In the master's thesis we examined the characteristics and behaviour of buckwheat during malting. Buckwheat is a potential raw material for the production of gluten- free beer. For research purposes we selected two different buckwheat types and we changed various parameters, important for buckwheat malt production. We compared the characteristics of buckwheat malt with the quality parameters of barley malt. In pre-tests we used two cultivars of common buckwheat "Darja" and "Pyra" that were soaked in water at 10 °C and 20 °C for 8 hours and then germinated at 10 °C and 20 °C for 48 hours. For the main test we soaked with water at 20 °C and germinated at 20 °C. At these conditions we achieved better water absorption and intensive growth of the kernel. Samples of buckwheat malt were taken after 24, 48, 72 and 96 hours of germination. Malt was kilned at 50 °C, 60 °C, 80 °C and 105 °C. We made sensory analyses of malt and congress wort, mechanical analysis of malt (determination of germ length, percentage of germinated seeds and germination capacity) and chemical-technological analysis of buckwheat malt (determination of moisture in dried samples of buckwheat malt, congress method – extract content, time of saccharification, filtering time, pH of congress wort, density and viscosity of congress wort). The time of germination influenced all analysed parameters. The most important technological factor was the kilning temperature, because the best results were obtained at kilning temperatures of 50 °C and 60 °C (the highest extract content in buckwheat malt, the shortest time of saccharification and filtering). The highest extract in buckwheat malt was obtained at 60 °C kilning temperature (for "Darja" (65,0 ± 0,5)%, for "Pyra" (62,2 ± 0,5)%). The values of congress wort viscosity have shown, that the optimal time of germination is 72 hours. The lowest viscosity was obtained after three days of buckwheat germination (1,760 cP for "Darja" and 1,627 cP for "Pyra"). We also noticed small differences between the buckwheat cultivars Darya and Pyra. Optimal conditions for the buckwheat malt preparation are: 8-hour soaking at 20 °C, 72 to 96 hours germination at 20 °C and kilning between 50 °C and 60 °C.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORD DOCUMENTATION.....	IV
KAZALO PREGLEDNIC.....	VIII
KAZALO SLIK.....	IX
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	X
1 UVOD	1
1.1 NAMEN NALOGE	2
1.2 DELOVNE HIPOTEZE.....	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 AJDA	3
2.2 VSEBNOST HRANILNIH SNOVI V AJDI IN NJIHOV VPLIV NA ZDRAVJE.....	4
2.3 AJDA KOT SUROVINA ZA PIVO	6
2.4 PROCES PROIZVODNJE PIVA	7
2.5 PROCES PROIZVODNJE SLADA	8
2.6 PROIZVODNJA SLADA.....	9
2.7 NAMAKANJE	11
2.8 KALJENJE	12
2.8.1 Čas kaljenja.....	13
2.8.2 Vsebnost vode med kaljenjem	13
2.8.3 Temperatura kaljenja	13
2.8.4 Encimi pri kaljenju.....	14
2.8.4.1 Citolitični encimi	15
2.8.4.2 Amilolitični encimi.....	15
2.8.4.2.1 β -amilaza	16
2.8.4.2.2 α -amilaza	16
2.8.4.3 Proteolitični encimi	17
2.8.4.4 Ostali encimi.....	17
2.9 SUŠENJE ZELENEGA SLADA	18
2.10 SKLADIŠČENJE SLADA	19
2.11 LASTNOSTI SLADA	20
2.11.1 Senzorične lastnosti slada	20
2.11.1.1 Čistost slada.....	20
2.11.1.2 Barva slada	20
2.11.1.3 Vonj slada.....	20
2.11.1.4 Okus slada	21
2.11.2 Mehanske analize.....	21
2.11.2.1 Hektolitrška masa	21
2.11.2.2 Masa 1000 zrn	21
2.11.2.3 Sortiranje velikosti zrn.....	21

2.11.2.4 Steklavost in prhkost	21
2.11.2.5 Kaljivost in dolžina kalčka	22
2.11.3 Kemijsko tehnološke analize slada.....	22
2.11.3.1 Vsebnost vode	22
2.11.3.2 Kongresna metoda	22
2.11.3.3 Vsebnost ekstrakta	23
2.11.3.4 Čas zasladitve	23
2.11.3.5 pH sladice	24
2.11.3.6 Čas filtriranja	24
2.11.3.7 Izgled sladice	24
2.11.3.8 Barva, vonj in okus sladice.....	24
2.11.3.9 Viskoznost sladice	25
2.12 IZGUBE PRI ZASLAJEVANJU	25
3 MATERIAL IN METODE.....	27
3.1 NAČRT DELA IN MATERIAL	27
3.1.1 Namakanje vzorcev	27
3.1.2 Kaljenje vzorcev	27
3.1.3 Sušenje vzorcev	28
3.1.4 Predposkus	29
3.1.5 Glavni poskus.....	30
3.2 METODE DELA	32
3.2.1 Senzorične analize	32
3.2.2 Mehanske analize.....	32
3.2.2.1 Določanje dolžine kalčka in odstotka kaljivosti	32
3.2.3 Kemijsko-tehnološke analize	32
3.2.3.1 Določanje vsebnosti vode v ajdovem sladu.....	32
3.2.3.2 Določanje masnega deleža ekstrakta v ajdovem sladu po kongresni metodi	33
3.2.3.3 Merjenje časa zasladitve drozge	35
3.2.3.4 Merjenje časa filtriranja kongresne sladice	36
3.2.3.5 Merjenje pH kongresne sladice	36
3.2.3.6 Merjenje gostote kongresne sladice.....	37
3.2.3.7 Določanje viskoznosti kongresne sladice	38
3.3 STATISTIČNA ANALIZA	39
4 REZULTATI Z RAZPRAVO	40
4.1 PREDPOSKUS	40
4.1.1 Namakanje	40
4.1.2 Diagram sušenja namočene ajde.....	43
4.1.3 Kaljenje	44
4.2 GLAVNI POSKUS	45
4.2.1 Senzorične analize slada.....	45
4.2.2 Mehanske analize slada.....	46

4.2.2.1 Rast kalčka, odstotek vzkaljenih zrn in kaljivost ajde.....	46
4.2.3 Kemijsko tehnološke analize slada.....	49
4.2.3.1 Določanje vsebnosti vode v sušenih vzorcih ajde	49
4.2.3.2 Kongresna metoda	50
4.2.3.2.1 Vonj in bistrost kongresne sladice.....	51
4.2.3.2.2 Masni delež ekstrakta v sladu	52
4.2.3.2.3 Čas zasladitve	53
4.2.3.2.4 Čas filtriranja	55
4.2.3.2.5 Merjenje pH.....	55
4.2.3.2.6 Merjenje viskoznosti.....	56
5 SKLEPI	61
6 POVZETEK.....	62
7 VIRI	64
ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Pridelek ajde v tonah (FAOSTAT, 2013).....	4
Preglednica 2: Oznake vzorcev pri različnih pogojih kaljenja in sušenja	29
Preglednica 3: Spreminjanje mase ajde sorte Darja med namakanjem pri dveh različnih temperaturah	40
Preglednica 4: Povprečne dolžine kalčkov ajde sorte Darja pri dveh različnih temperaturah in v različnih časovnih presledkih	44
Preglednica 5: Vsebnost vode v ajdovem sladu pri različnih pogojih sušenja.....	49
Preglednica 6: Deleži posameznih frakcij glede na velikost sita pri mletju ajdovega slada	50
Preglednica 7: pH vrednosti v kongresni sladici	56
Preglednica 8: Vrednosti ekstrakta in viskoznosti v kongresni sladici ajdovega slada.....	58

KAZALO SLIK

Slika 1: Proizvodnja slada (Kreisz, 2009: 148)	10
Slika 2: Sprostitev giberelina in rast kalčka (Kreisz, 2009: 136)	14
Slika 3: Kaljenje v termostatirani komori.....	28
Slika 4: Shema predposkusa	30
Slika 5: Shema glavnega poskusa.....	31
Slika 6: Merjenje dolžine kalčkov pri ajdi sorte Darja.....	32
Slika 7: Kongresna aparatura Glasbläseerei	34
Slika 8: Filtriranje kongresne sladice	36
Slika 9: Merjenje viskoznosti	39
Slika 10: Diagram namakanja ajde sorte Pyra pri temperaturi 10 °C	42
Slika 11: Diagram namakanja ajde sorte Pyra pri temperaturi 20 °C	42
Slika 12: Diagram sušenja ajde sorte Darja pri temperaturi 60 °C in času 20 ur	44
Slika 13: Spremljanje deleža vzkaljenih in nevzkaljenih zrn pri temperaturi kaljenja 10 in 20 °C pri ajdi sorte Darja po 48 urah	45
Slika 14: Spremljanje odstotka vzkaljenih zrn ajde v času kaljenja.....	46
Slika 15: Spremljanje povprečne dolžine kalčka ajde v času kaljenja	47
Slika 16: Primerjava razmerja med dolžino kalčka in dolžino zrna pri ajdi sorte Darja po 24 urah kaljenja	48
Slika 17: Primerjava razmerja med dolžino kalčka in dolžino zrna pri ajdi sorte Pyra po 24 urah kaljenja	48
Slika 18: Senzorično ocenjevanje vonja in bistrosti kongresne sladice	51
Slika 19: Delež ekstrakta v ajdovem sladu pri sorti Darja	53
Slika 20: Delež ekstrakta v ajdovem sladu pri sorti Pyra	53
Slika 21: Primerjava zasladiitve kongresne sladice pri ajdi sorte Darja po 5 in 50 minutah	54
Slika 22: Viskoznost kongresnih sladice z 8,6 % deležem ekstrakta v odvisnosti od časa kaljenja in vrste sušenja pri ajdi sorte Darja in primerjava s sladico iz dobro in slabo razgrajenega ječmenovega slada	60
Slika 23: Viskoznost kongresnih sladice z 8,6 % deležem ekstrakta v odvisnosti od časa kaljenja in vrste sušenja pri ajdi sorte Pyra in primerjava s sladico iz dobro in slabo razgrajenega ječmenovega slada	60

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

η	viskoznost kongresne sladice (cP)
$[\eta]$	limitna viskoznost raztopine (L/g)
η_0	viskoznost vode pri 20 °C (1,0019 cP)
η_{sp}/γ	reducirana viskoznost kongresne sladice (L/g)
ρ_0	gostota vode pri 20 °C (0,998203 g/cm ³)
$\rho_{sladice}$	gostota kongresne sladice pri 20 °C (g/cm ³)
γ	masna koncentracija ekstrakta v kongresni sladici (g/L)
B1	tiamin
B2	riboflavin
B3	niacin
B6	piridoksin
C18:2	linolna kislina
C18:3	linolenska kislina
C20:1	eikozanojska kislina
E	masni delež ekstrakta, izračunano na zračno suh slad (%)
EBC	European Brewery Convention
E_{ss}	masni delež ekstrakta, izračunan na sušino (%)
e	ekstrakt oz. suha snov v kongresni sladici (°Bx)
H_3O^+	oksonijev kation
k'	empirična konstanta
m_{vode}	masa vode (g)
m_{vzorca}	masa vzorca (g)
sušenje a	sušenje slada pri temperaturi 50 °C in času 24 ur
sušenje b	sušenje slada pri temperaturi 60 °C in času 22 ur
sušenje c	sušenje slada pri temperaturi 80 °C in času 18 ur
sušenje d	sušenje slada pri temperaturi 105 °C in času 8 ur
T_1	temperatura 10 °C
T_2	temperatura 20 °C
t_0	pretočni čas vode pri 20 °C (s)
$t_{sladice}$	pretočni čas kongresne sladice pri 20 °C (s)
UV	ultravijolično valovanje
w	masni delež vode v sladu (%)
$w_{sladice}$	masni delež ekstrakta v kongresni sladici (°Bx)
w_{vode}	masni delež vode (%)

1 UVOD

Žita so skozi zgodovino postala pomemben del našega jedilnika. Tista, ki jih uživamo danes, so bila vzgojena iz različnih trav. Ljudje v današnjem času vseskozi strmimo k izboljšavam. Danes je velik trend uživanje in razvoj funkcionalne hrane in pijače, ki jih pridobimo iz žit. Veliko raziskav in novih odkritij je povezanih s tovrstno hrano.

Ajda (*Fagopyrum esculentum*) spada v red Polygonales in družino Polygonaceae. Pri nas poznamo dve vrsti ajde, navadno in tatarsko ajdo. Navadna ajda (*Fagopyrum esculentum* Moench) se široko uporablja v prehrani več držav, njeno gojenje in žlahtnenje pa sta dokaj zanemarjena predvsem zaradi nizkega pridelka. Tatarska ajda (*Fagopyrum tataricum* Gaertn) velja za bolj samoprašno vrsto, je bolj prilagojena na zmrzal, vendar pa je nekoliko bolj grenkega okusa od navadne ajde (Zeller, 2001).

Ajda izvira iz Kitajske, od koder se je postopoma razširila na vse kontinente. Dišeča in cvetoča ajdova polja so s časoma postala sestavni del značilne podobe slovenske pokrajine, po ajdovih jedeh pa je Slovenija znana daleč po svetu. Nekoč je ajda veljala za hrano revnih kmetov, saj kruh iz nje ni bil tako rahel kot pšenični. Vseboval pa je kakovostne beljakovine, ki so ljudi nasitile, tudi če si mesa niso mogli privoščiti. Danes se potrošniki zopet bolj zanimajo za ajdo, saj so se naveličali uživanja industrijsko pripravljene hrane in raje posegajo po tradicionalnih živilih.

Ajdova zrna poleg značilnega okusa vsebujejo snovi, ki so izredno skladne sestave (Kreft, 1995; Kreft in Škrabanja, 1999; Vadnal, 2002; Bonafaccia in sod., 2003) in predstavljajo vir zdrave prehrane. Z nekaterih vidikov pa so celo bolj kakovostne sestave kot ostale žitarice in tudi kot ječmenovo zrno. Ker jo lahko uživajo vse skupine ljudi, je postala tudi zanimiva kot surovina pri varjenju piva (Tajnshek, 1980).

Pivo je pijača z večtisočletno tradicijo, ki so jo poznali že Sumeri. Takrat je bila tehnologija izdelave drugačna in pijača je imela drugačen okus. V Evropo so pivo prinesli Germani in tako se je udomačilo tudi na Slovenskem. Varjenje piva je bilo že od nekdaj prava umetnost. Postopek varjenja piva ostaja v osnovi enak že tisočletja, s tehnološkim napredkom in novimi surovinami pa se je le tehnologija nekoliko spremenila (Hornsey, 2004).

Zaradi svoje sestave je ajda potencialna surovina za proizvodnjo brezglutenskega piva. Priprava ajdovega slada, kar je osnova za proizvodnjo piva, je relativno malo poznana, zato je bil to naš izziv za raziskovalno nalogo.

1.1 NAMEN NALOGE

Ajda je priljubljena zaradi značilnega okusa, dobro je tudi znan njen pomen v zdravi prehrani. Poleg ostalih koristnih lastnosti, smo jo začeli v zdravo prehrano vpeljevati tudi zaradi tega, ker spada med neglutenska živila. Glavni namen našega dela je bil ugotoviti lastnosti in obnašanje ajde med zasajevanjem. Za nalogo smo izbrali različne sorte ajde in spreminjali različne parametre pomembne za pridobivanje ajdovega slada z namenom, da pridobimo slad, ki ohrani čim več pozitivnih lastnosti ajdovega zrna in omogoči pridobivanje piva čim boljše kvalitete.

1.2 DELOVNE HIPOTEZE

- Intenziteta sprememb sestave ajde bo med procesom zasajevanja direktno odvisna od različnih parametrov poskusa.
- Osnovne tehnološke lastnosti ajdovega slada bodo podobne tehnološkim lastnostim ječmenovega slada.
- Izbor sorte ajde vpliva na postopek priprave ajdovega slada.

2 PREGLED OBJAV

2.1 AJDA

Ajda (*Fagopyrum esculentum*) je dvokaličnica, ki jo uvrščamo v družino dresnovk (*Polygonaceae*). Ne spada med žita, čeprav jo pogosto zaradi načina pridelave in uporabe uvrščamo prav med slednja. Podobna je ječmenu zaradi škrobnatega endosperma in neškrobnate aleuronske plasti. Pri nas poznamo poleg navadne ajde (*Fagopyrum esculentum* Moench) tudi tatarsko ajdo (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.). Na svetu je še mnogo drugih naravnih vrst rodu *Fagopyrum*, ki pa jih ne pridelujejo. Bližji sorodniki ajde so rabarbara, kislica in številne dresni, daljna sorodnika pa amarant in špinača (Kreft, 1995).

Navadna ajda je enoletna rastlina, ki se razmnožuje s plodovi, pravimo jim tudi semena. So triroba, navadno dolga od 4-7 milimetrov. Sestavljajo jih kalček s kličnima listoma in endosperm z zunanjo plastjo celic. Te imenujemo alevronska plast oziroma semenska ovojnica, obdaja pa jih luska oziroma perikarp. V kalčku s kličnima listoma in v alevronski plasti so beljakovine dobrih hranilnih vrednosti ter nekaj maščob, vlaknino, mineralnih snovi in fitinske kisline. Celice endosperma vsebujejo veliko majhnih škrobnatih zrn. Nad alevronsko plastjo je tanka testa s tanini, klorofilom, flavonoidi in minerali. Svežost ajde lahko ugotovimo na podlagi njene barve. Če so zrna ajde sveža, so tanini svetli, površina oluščene zrna pa je svetlo zelena. Pri daljšem skladiščenju ajde pa postanejo tanini zaradi reakcije s kisikom iz zraka rdečkastorjavi in prekrijejo zelenkasto barvo klorofila. Luska, ki jo med postopkom predelave zrn odstranijo, vsebuje vlaknino ter nekaj taninov, flavonoidov in mineralov (Kreft, 1995; Kocjan Ačko, 1999).

Pri nas sta najbolj razširjeni sorti ajde »Siva« in »Darja«, ki so ju dobili z žlahtnitvijo starih domačih sort ajde. Sorta »Darja« je bolj odporna proti suši zato jo bolj priporočajo za nižinske predele v okolici Ljubljane, na Gorenjskem, Štajerskem in v Prekmurju. »Siva« dobro uspeva na Dolenjskem (Kreft, 2003).

Tatarska ajda, ki ji pravijo tudi nora, grenka ali zelena ajda, pri nas raste predvsem kot plevel. Kot samostojen posevek so jo sejali na Poljskem za pridobivanje rutina. Danes je razširjena ponekod v Nepal, Butanu, na Kitajskem in v Indiji, kjer se njena pridelava celo povečuje. Zaradi grenkega okusa jo redkeje srečamo kot navadno ajdo, čeprav je bolj odporna na neugodne vremenske razmere (Kreft, 1995; Fabjan in sod., 2003).

Ajda izvira iz Kitajske, natančneje iz province Yunnan, kjer je bila odkrita divje rastoča ajda, ki se od gojene razlikuje po močnem osipanju semen. Od tod se je postopoma razširila na vse kontinente. V Sloveniji se jo prvič omenja leta 1426, verjetno pa je k nam prišla že nekaj let prej. Do sredine dvajsetega stoletja so jo pogosto sejali, kasneje pa so jo izpodrinile druge krmne rastline, zlasti koruza. Zadnja leta je za ajdo spet čedalje večje

zanimanje, tudi zaradi tega, ker je zelo primerna za ekološko pridelovanje (Ravnik, 1991; Kreft, 1995; Kreft in Škrabanja, 1999; Vadnal, 2002; Bonafaccia in sod., 2003).

V preglednici 1 so navedeni podatki o pridelku ajde v Sloveniji, EU, Aziji in celotnem svetu (FAOSTAT, 2013).

Preglednica 1: Priderek ajde v tonah (FAOSTAT, 2013)

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Slovenija	497	761	733	944	1370	1245	1340
EU-27	159 753	236 968	198 262	218 621	246 343	224 926	242 336
Azija	544 302	768 436	687 821	653 136	562 774	800 286	791 320
Svet	1 932 962	2 368 518	2 218 439	1 792 166	1 449 651	2 298 752	2 261 550

V prehrani uporabljamo ajdovo kašo in moko, ki dajeta jedem značilen vonj in okus. Priprava ajdovih jedi je del naše kulturne dediščine. Ajdove jedi so razširjene tudi v drugih delih sveta. Na Kitajskem iz ajde pridelujejo številne jedi, med drugim tudi kis, medtem ko na Japonskem ajdovo žganje. Radi uporabljajo tudi ajdove kalčke. Poleg uporabe v humani prehrani, se iz ajde lahko pridobiva rutin. Je farmakološka aktivna učinkovina, ki jo uvrščamo med naravno visoko aktivne flavonoide in antioksidante. Pogosta je tudi priprava čajnega poparka. Suhe rastline lahko zmeljemo v zeleno ajdovo moko, ki se kot dodatek k jedem uporablja predvsem na Japonskem. Poznamo tudi ajdov med, vzglavnike iz luščin in mesne izdelke z dodatki ajdove kaše (Kreft, 1995; Kreft in sod., 2007; Hagels, 1999; Kreft in sod., 2005).

2.2 VSEBNOST HRANILNIH SNOVI V AJDI IN NJIHOV VPLIV NA ZDRAVJE

Najnovejše raziskave kažejo, da lahko iz ajde pripravimo številne nove izdelke. Ta živila niso namenjena samo za določeno skupino uporabnikov, pač pa čedalje bolj postaja ajda tudi del redne, vsakdanje prehrane (Kreft in sod., 2000).

Ajda je vir zdrave prehrane, pri nekaterih prehranskih dejavnikih ima boljše lastnosti kot pšenica. Med vsemi rastlinskimi živilami ima najbolj skladno sestavo hranil, čeprav jih po količini ne vsebuje največ (Tajnshek, 1980).

Cela, oluščena zrna vsebujejo okoli 55 % škroba, 12 % proteinov, 4 % lipidov, 2 % topnih ogljikovih hidratov, 7 % vlaknin, 2 % pepela in 18 % ostalih spojin. Po mletju in sejanju dobimo različne frakcije moka, katerih sestava odraža vsebnost različnih delov semena. Bela moka vsebuje predvsem endosperm, v katerem je največ škroba in manj otrobov. Ti vsebujejo semensko ovojnico, alevronsko plast in del kličnih listov. Predstavljajo bogat vir beljakovin, vlaknin, lipidov z nenasičenimi maščobnimi kislinami, topnih ogljikovih hidratov, mineralov in flavonoidov (Kreft, 1995; Steadman in sod., 2001). V otrobih je tudi relativno velik delež taninov in fitinske kisline, ki skupaj z vlaknino lahko zmanjšajo biološko uporabnost beljakovin in mineralov (Eggum in sod., 1980; Steadman in sod., 2001).

Beljakovin je v ajdi približno toliko kot v pšenici, vendar imajo višjo biološko vrednost (višjo tudi od beljakovin mesa in soje) (Kreft in sod., 1996). Po aminokislinski sestavi zelo ustrezajo našim potrebam. Vsebujejo visoke koncentracije esencialnih aminokislin, še posebej lizina, treonina, triptofana in žveplo vsebujočih aminokislin (Eggum in sod., 1980; Kreft, 1995; Wijngaard in sod., 2005a). Beljakovine ajde sestavljajo 70 % globulinov, 25 % albuminov in 4 % glutelinov. Ne vsebujejo prolaminov, zato so izdelki iz ajde primerni za ljudi s celiakijo (Steadman in sod., 2001). Poleg tega so alergije na beljakovine ajde manj razširjene kot na beljakovine drugih žit (Kreft, 1995; Galle-Toplak, 2002). Bonafaccia in sod (2003) v raziskavi navajajo, da je prebavljivost omenjenih beljakovin v resnici nizka. Omenjajo tudi hrano iz proteinov ajde, katera pomaga zavirati nastanek bolezni sodobnega časa (Li in Zhang, 2001).

Ajda vsebuje približno 30 % škroba v obliki amiloze, kar je več kot ga vsebuje pšenica in tudi nekatera druga žita. Pri predelavi škroba se del amiloze spremeni v manj prebavljive oziroma počasi prebavljive oblike škroba, ki lahko v telesu funkcionirajo kot vlaknine (Kreft in sod., 1996). Vsled temu se nekoliko poveča skupna vsebnost vlaknine. Spremembe škroba lahko vplivajo na raven absorpcije glukoze iz prebavil v kri; prehajanje glukoze postane počasnejše, enakomernejše in v manjšem obsegu, kar je ugodno za bolnike s sladkorno boleznijo (Kreft, 1995). Tudi topna vlaknina deluje podobno. Upočasnijo absorpcijo glukoze ter s tem podaljšajo čas zadrževanja hrane v želodcu. Otrobi navadne ajde naj bi bili lahko tudi dopolnilo za bolnike s sladkorno boleznijo tipa 2 (Obendorf in Horbowicz, 2005).

Med topno vlaknino ajde prištevamo β -glukan in pentozan, ki ju ajda vsebuje malo, med netopne pa celulozo in lignin. Vlaknina ajde varuje pred rakom debelega črevesa in debelostjo (Kreft, 1995; Modic in Kreft, 2001; Dziedzic in sod., 2012; Hornsey, 2013).

Pomembno vlogo igrajo tudi lipidi, ki so nakopičeni predvsem v kalčku. 80 % maščobnih kislin v lipidih je nenasičenih, kar zmanjšuje možnost razvoja hiperholesterolemije. Največ je C18:2 maščobne kisline, ki spada med omega-6 esencialne kisline, pogoste pa so še C18:3 in C20:1 maščobne kisline. Ostala žitna semena imajo v primerjavi z ajdo manj kvalitetno sestavo maščobnih kislin (Steadman in sod., 2001; Bonafaccia in sod., 2003). Fitinske kisline (inozitol heksafosfata), ki predstavlja zalogo fosforja in vezanih kovinskih ionov je v ajdi okoli 1 %. Ker je močan kelator kationov, lahko zmanjša njihovo absorpcijo iz prebavil. Veže kovinske ione, zato lahko ob neuravnoteženi prehrani povzroči pomanjkanje, po drugi strani pa deluje kot antioksidant, saj ob vezavi prepreči nastanek hidroksilnega radikala (Steadman in sod., 2001).

Ajda spada tudi med rastline z najvišjo vsebnostjo flavonoida rutina, ki je v zrnu neenakomerno razporejen. Veliko ga je v kalčku in malo v endospermu (Kreft in sod., 2000). Je sekundarni metabolit, ki se sintetizira z namenom zaščite pred UV-B sevanjem in mikroorganizmi. Ima hipotenzni učinek in okrepi kapilarne žile (Wijngaard in sod., 2005a). Poleg rutina (kvercetin rutinozid), se v ajdi nahajajo v manjših

koncentracijah tudi drugi flavonoli kot so: kvercitrin (kvercetin ramnozid), hiperozid (kvercetin galaktozid) in aglikon kvercetin (Galle-Toplak, 2002; Kreft in sod., 2003). V semenih ajde so identificirali tudi štiri derivate katehina in epikatehina, ki so izkazovali celo višjo antioksidativno aktivnost in skupno vsebnost kot rutin. Ugotovili so, da je več flavonoidov v zeli ajde kot v semenih. Cvetovi, stebila in listi navadne in tatarske ajde vsebujejo 2-10 % rutina na suho maso. Semena navadne ajde vsebujejo 0,01- 0,02 % rutina, medtem ko tatarska 0,8-1,7 %. Flavonoidi naj bi prispevali h grenkemu okusu in s tem manjši razširjenosti tatarske ajde (Hagels, 1999; Steadman in sod., 2001; Fabjan in sod., 2003). Delujejo kot vitamin P, ki preprečuje pokanje krvnih kapilar pri ljudeh z visokim krvnim pritiskom. So učinkoviti antioksidanti. Zaradi zmanjšanja prevelike prepustnosti kapilar delujejo ugodno na ožilje. Klinične študije so potrdile ugodne učinke rutina, ki prispeva k zmanjšanju pojava krčnih žil. Flavonoida kot sta kvercetin in apigenin pozitivno vplivata na homeostazo (Li in Zhang, 2001; Galle- Toplak, 2002).

Ajda je tudi dober vir bakra, cinka, magnezija in mangana ter vitaminov B1, B2, B3 in B6 (Kreft in sod., 1996; Steadman in sod., 2001).

Poleg omenjenih snovi je ajda dober nadomestek za žita kot so pšenica, rž, ječmen in oves, ki vsebujejo visok odstotek beljakovin s skupnim imenom prolamini. Prolamini se med žitaricami sicer razlikujejo, vendar pa so si nekatera aminokislinska zaporedja kljub temu presenetljivo podobna. V pšenični moki imenujemo te elastične, nevodotopne beljakovine gluten, ki je sestavljen iz gluteninov in gliadinov. Gliadini v pšenici so tisti, ki predstavljajo v alkoholu topno prolaminsko frakcijo, na katero so občutljivi oboleli za celiakijo, medtem ko so v ječmenu to hordeini, v ovesu avenini in v ržu sekalini (Troncone in Jabri, 2011). Rezultati raziskav kažejo, da v ajdovi moki ni prisotnih prolaminov, na katere bi bili občutljivi oboleli za celiakijo (De Francischi in sod., 1994; Sebastyén in sod., 2013). Posledic zaradi obolelosti za to boleznijo je vedno manj, saj strokovnjaki že poznajo diagnostične postopke. Obolelim se svetuje prehranjevanje z brezglutenskimi živili, kar vodi tudi v razvoj novih brezglutenskih živil, med katerimi je tudi brezglutensko pivo. V pivovarstvu se zato poskuša kot osnovno surovino uporabljati tudi ajdo, za kar je potrebno proizvesti ajdov slad, ki je osnovna surovina za pivo in jo proizvajamo s kaljenjem v sladarni.

Slajenje ajde se razlikuje od zasladitve ječmena, zato je tudi tehnologija zanjo ustrezno prilagojena.

2.3 AJDA KOT SUROVINA ZA PIVO

Zaradi lastnosti ajde jo lahko uporabljamo za proizvodnjo najrazličnejših izdelkov. Njena uporaba ni primerna samo za določene skupine ljudi, temveč jo vedno bolj vključujemo v živilskopredelovalno industrijo v obliki moke, zdroba in kaše, ki so namenjene vsakdanji in dietni prehrani. Zaradi drugačne kemijske sestave predvsem od krušnih žit, je zanimiva alternativa, saj velja kot nadomestilo žit v prehrani ljudem obolelimi za celiakijo in alergijo

na pšenico. Ajda je tudi potencialna surovina za proizvodnjo brezglutenskega piva, saj se ponekod po svetu s tem namenom že uporablja. Ker je to raziskovalno zanimivo in relativno malo poznano področje, je bil to tudi naš izziv za raziskovalno nalogo, v kateri smo se lotili priprave ajdovega slada. Pojavnost obolelih za celiakijo je vedno večja, zato menimo, da je tudi v pivovarstvu možno razvijati nove izdelke predvsem v smeri brezglutenskih piv.

Prva osnovna zahteva za vključevanje ajde v pivovarstvo je zagotovo poznavanje ajde pri izdelavi slada. Vse te pridobljene lastnosti kasneje vplivajo na kakovost končnega izdelka. Teoretično bi se lahko za proizvodnjo slada uporabljale vse vrste žit, saj so osnovne sestavine podobne, pri zasladitvi pa nastajajo podobne encimske skupine in razgradni produkti. Vendar pa je za proizvodnjo slada in kasneje piva najprimernejši ječmen zaradi naslednjih razlogov:

- v primerjavi npr. s pšenico je glede klimatskih pogojev in lastnosti tal manj zahteven,
- njegovo kaljenje se relativno lahko regulira,
- količina encimov, ki se producira pri kaljenju je v ugodnem razmerju s pretvorbami ostalih sestavin zrna,
- plevica ima pomembno vlogo v tehnološkem procesu proizvodnje piva pri tvorbi filtrne pogače pri cejenju sladice,
- glede na senzorične in tehnološke lastnosti je pivo proizvedeno iz ječmena kakovostnejše od podobnih izdelkov iz drugih surovin
(Schuster in sod., 1990; Edney in Izydorczyk, 2003; McKay in sod., 2011).

2.4 PROCES PROIZVODNJE PIVA

Prve zapise o obstoju alkoholne pijače, ki je predhodnik danes znanega piva, lahko zasledimo pred 5000 leti. V Mezopotamiji so nastali zapisi 2800 p.n.št., ki opisujejo dnevno delitev piva in kruha delavcem. Babilonski kralj Hammurabi (1728- 1686 p. n. št.) je uvedel zakone, ki so urejali proizvodnjo in distribucijo piva. Prav tako v egiptovskih hieroglifih najdemo zapise o tem, kako so v starodavnem Egiptu delali pivo (Kunze, 2010).

V Evropi je bilo pivo zelo popularna pijača med germanskimi plameni, kot tudi med Kelti in Skiti. Pivo je bilo varjeno kot dnevna hrana in pijača v gospodinjstvih in tako lahko trdimo, da je bilo prvo varjenje piva v Evropi ženska domena. O prvih začetkih pivovarske obrti pa lahko začnemo govoriti ob nastanku samostanov, kjer so menihi in nune varili pivo, ne samo za njihove potrebe ampak tudi za druge potrošnike, ki so pivo tudi plačevali. Uporaba hmelja, kot edinega dodatka za okus se je začela v 14. stoletju. V 15. stoletju lahko govorimo o prvi komercialni vrednosti piva, ki je bil določen z mnogimi zakoni, ki so onemogočali uporabo neprimernih in včasih tudi zdravju škodljivih sestavin za proizvodnjo piva (Hornsey, 2004; Kreisz, 2009; Kunze, 2010).

V Sloveniji beležimo začetke obrtniških pivovarn v 18. stoletju. Leta 1796 je bilo v Ljubljani šest pivovarn. Z letom 1825 beležimo začetke obrtnega pivovarništva v Laškem in ustanovitev prvih pivovarn tudi v Mariboru. Približno do sredine 19. stoletja ni bilo več veliko novih pivovarn, po tem obdobju pa je prišlo do prve ekspanzije pivovarstva. Med letom 1830 pa do začetka 20. stoletja je v Sloveniji delovalo 50 pivovarn (Repe, 1993).

Pivovarske faze vključujejo ekstrakcijo in razgradnjo ogljikovih hidratov iz zaslaženega ječmena v raztopino sladkorjev, ki jo imenujemo sladica, proces pa drozganje. S precejanjem se loči sladico od netopnih delov slada. Sladico se kuha v kuhalni posodi, kjer se ji v večkratnih obrokih dodaja hmelj. Hmeljeni sladici se doda kvas, da lahko poteče alkoholno vrenje. Po končanem vrenju nastane mlado pivo, ki mu je potrebno odstraniti kvas in ga prečrpati v tanke za zorenje. Za kristalno bistrost je potrebno pivo prefiltrirati ter za podaljšanje biološke trajnosti pasterizirati (Schuster in sod., 1990; Willaert, 2007).

Pivovarska industrija je največja uporabnica slada, ki je najpomembnejša sestavina v pivu. Poleg tega pa se slad uporablja tudi pri proizvodnji žganih pijač (Edney in Izydorczyk, 2003).

Ne glede na tip piva potrebujemo tekom proizvodnje približno 200 g žita na liter piva. Pri pripravi piva uporabljajo pšenico, koruzo, riž, in druga žita, vendar je najpomembnejše žito za proizvodnjo piva ječmen, saj ima nizko količino lipidov, visoko amilolitično aktivnost tekom kaljenja in vsebuje lusko, ki loči netopni material pri ekstrakciji (Hughes, 2003; McKay in sod., 2011).

2.5 PROCES PROIZVODNJE SLADA

Slad je predelano, kaljeno žito, pripravljeno za proizvodnjo piva. Ker so njegove lastnosti odvisne od genetskega in okoljskega izvora, ne najdemo dveh enakih šarž sladu (Marić, 2003).

Poleg vode, hmelja in neslajenih žit je slad osnovna surovina za proizvodnjo piva. Prav slad je tisti, ki odločilno in neposredno vpliva na končno kvaliteto piva kakor tudi na potek proizvodnega procesa. Velja namreč splošno mnenje, da so osnovni pokazatelji kvalitete piva direktno odvisni od lastnosti slada (Schuster in sod., 1990).

Kaljeno zrno, ki ga imenujemo tudi zeleni slad, se razlikuje od surovega semena po tem, da ima krajši ali daljši kalček s koreninami, zrasel izpod plevice. Tekom zasladitve se v njegovi notranjosti odvijajo številne spremembe, ki vodijo v povečano količino različnih encimov in razgrajenih snovi (Schuster in sod., 1990).

Ječmen je zaradi številnih razlogov optimalna surovina za proizvodnjo pivskega slada in piva, tako da je v tej vlogi nenadomestljiv, vendar pa lahko pridobimo slad tudi iz drugih žit kot so rž, pšenica, koruza in proso. Rženi in pšenični slad se v proizvodnji redko uporabljata, saj je kvaliteta skoraj identična ječmenovemu. Kar za 72 % nižjo amilolitično aktivnost ima koruzni slad, poleg tega pa tudi veliko slabše klije. Podobno se obnaša tudi

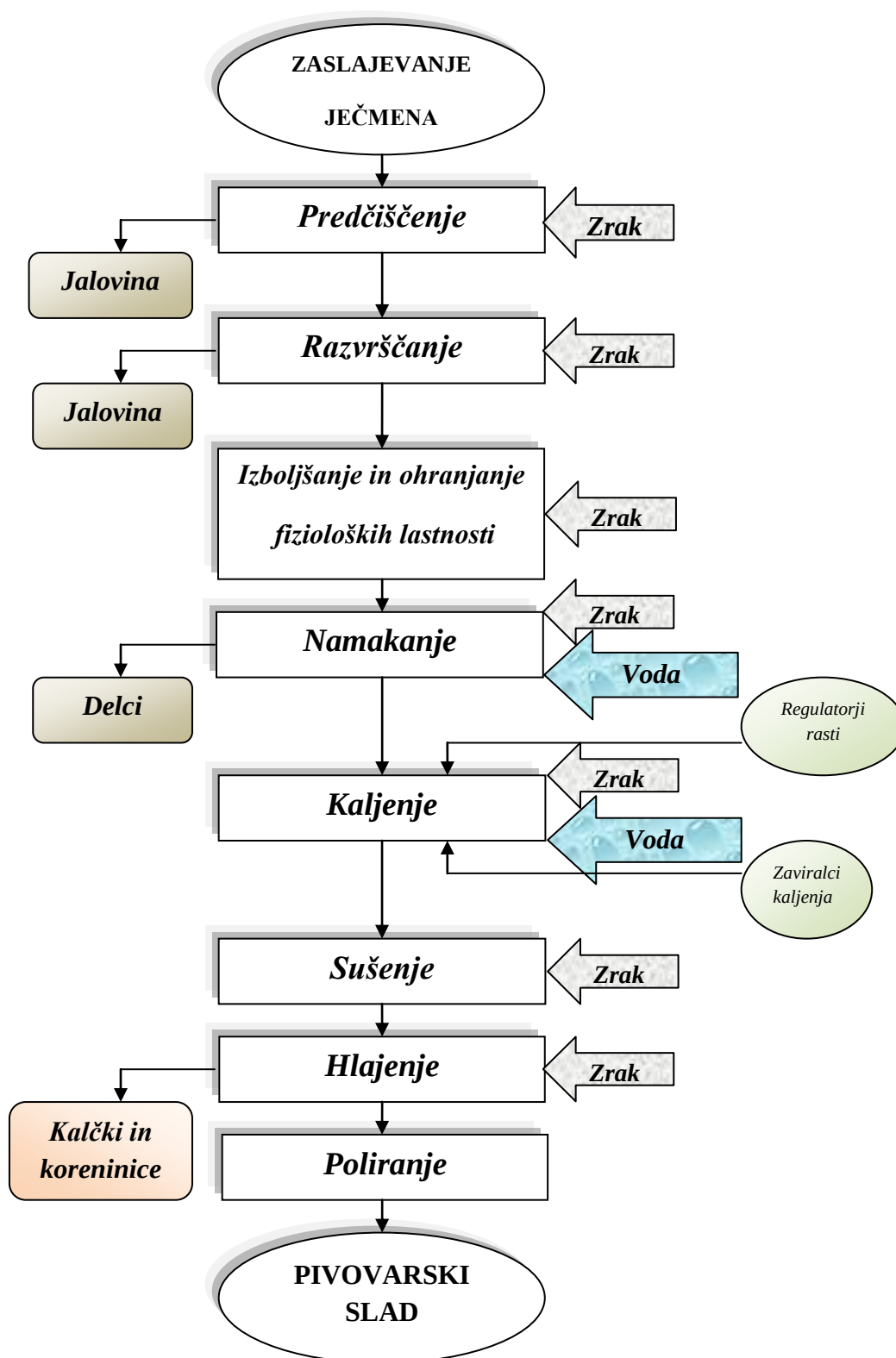
proseni slad zaradi debele luske. Prav tako je možno pridobiti slad tudi iz ajde (Bušen, 1971; Schuster in sod., 1990; Wijngaard in sod., 2005a).

Kakovost slada vpliva na tehnološki proces proizvodnje piva in na kakovost končnega izdelka. Poleg tega, da mora biti zrnno zdravo, dozorelo, visoko kaljivo in škrobnato, je glavni kriterij pri analitiki ječmenovega slada učinkovita citolitična, proteolitična in amilolitična razgradnja slada (Gačša, 1979; Kreisz, 2009). Kakovost slada vpliva na vsako proizvodnjo stopnja (drozganje, ločevanje sladice, fermentacija in filtracija), prav tako pa tudi na lastnosti piva (okus, vonj, pena, stabilnost) (Kreisz, 2009).

Poleg osnovnega slada, ki prevladuje v pivu, pivovarji dodajajo v sam proces tudi posebne vrste slada. Ti prispevajo k barvi, okusu in aromi, tako da dobimo različne vrste piva. Večji delež tovrstnih sladov pridobivajo iz ječmena, tudi iz pšenice, riža in ostalih žit s klasičnimi postopki namakanja in kaljenja. Razlikujejo se v tehnikah sušenja ali praženju, saj so temperature tu bistveno višje (Kreisz, 2009).

2.6 PROIZVODNJA SLADA

Proizvodnja slada je nadzorovan proces kaljenja ječmena oz. ostalih žit. Začne se z zrelim zrnem ječmena, ki ga obdaja zaščitna luska, v notranjosti pa leži kalček, ki v ugodnih pogojih zraste v novo rastlino. Endosperm, ki predstavlja največji delež, vsebuje celice s škrobom. Cilj zaslajevanja je aktiviranje hidrolitičnih encimov, ki bodo v procesu drozganja aktivni in delna razgradnja sestavin semena. Pretvorbe v procesu ustavimo z različnimi temperaturami sušenja, s tem pa je tudi postopek slajenja končan (Hughes in Baxter, 2001; McKay in sod., 2011).



Slika 1: Proizvodnja slada (Kreis, 2009: 148)

Do pridobivanja različnih tipov slada vodi šest korakov. To so skladiščenje žita, čiščenje, namakanje, kaljenje, sušenje zelenega slada in končna obdelava ter skladiščenje slada. S skladiščenjem ohranjamo optimalne lastnosti ječmena, ki so nujno potrebne za proizvodnjo slada.

Predno stopi izbrano žito v proces zaslajevanja, ga je potrebno očistiti primesi, ki lahko negativno vplivajo na kakovost slada ter ga sortirati in stehtati. Sladarji pred začetkom procesa opravijo na ječmenu številne analize, s katerimi definirajo vhodne surovine. Za začetek kaljenja, ki je najpomembnejša faza proizvodnje slada, je potrebno ječmen najprej namočiti (Gačša, 1979; Schuster in sod., 1990; Ortega-Heras in Gonzales-Sanjose, 2003; Edney in Izydorczyk, 2003; Kreis, 2009; McKay in sod., 2011).

2.7 NAMAKANJE

Med skladiščenjem so žitna zrna v stanju anabioze, kar pomeni, da so zrna živa, a procesi v njih potekajo počasi. Ko sta temperatura in vsebnost vode ugodna za seme, le ta preide v aktivno stanje - rast nove rastline. Proces iz stanja anabioze v aktivno stanje v tehnologiji slada sprožimo umetno, s pomočjo namakanja, ki naj bi trajalo od 24 do 52 ur (Schuster in sod., 1990; Ortega-Heras, Gonzales-Sanjose, 2003; Edney in Izydorczyk, 2003).

Pri proizvodnji slada ima namakanje dve glavni vlogi: v različnih korakih povečati vodo v semenu iz 12 % na 40 % in s tem sprožiti proces kaljenja ter s pomočjo vode odstraniti zaviralce rasti. Sami procesi se v zrnju začnejo odvijati, ko vsebnost vode doseže 30 %. Za aktivno in enakomerno kaljenje zrno potrebuje 38 % vode, za željeno razgradnjo endosperma pa 44-48 % (Schuster in sod., 1990; Kreis, 2009).

Na učinkovitost namakanja vplivata predvsem temperatura vode in čas mokre faze namakanja, v manjši meri pa tudi trdota vode, oblika zrna, kvaliteta zrna in kemijski procesi, vezani na prisotnost kisika. S povišanjem temperature se čas namakanja skrajša, a se poveča možnost rasti mikroorganizmov, kar ima za posledico manj kvaliteten slad (Gačša, 1979; Tišma, 2003; Kreis, 2009).

Voda v zrno vstopi skozi kapilare, ki se nahajajo na površini zrna. Posledica tega je, da se deli plevice in kalčka omočijo prvi. Sprejemanje vode je prvih nekaj urah hitro. V prvih 6 urah se aktivnost encimov amilaze in ribonukleaze poveča vzporedno s povečanjem vsebnosti vode. Encima sta bolj aktivna pri suhi fazi namakanja, saj je tu dostop kisika večji. Ko voda v zrnju dosega 41 %, to za kalček pomeni 65-70 % vode in za endosperm 36 % (Schuster in sod., 1990).

Za namakanje ječmena se uporablja temperaturo vode od 10-20 °C, saj se pri tej temperaturi volumen škrobnih zrn poveča za 1,4 krat. Temperatura, višja od 25 °C ni priporočljiva. Tudi snovi, ki so raztopljene v vodi, različno vplivajo na čas namakanja, način kaljenja in kvaliteto končnega slada. Povečane količine zemljoalkalijskih kovin

upočasnjujejo vsrkavanje vode v zrno, taninske snovi s kalcijem in magnezijem pa dajejo netopne komplekse, zato postajata opna zrna in plevica postopoma manj propustna. Ti kompleksi in inhibitorji kaljenja se lažje izlužujejo iz zrna, če je raztopina za namakanje alkalna. Zaradi tega se v vodo za pranje in namakanje semena dodaja apno, natrijev hidroksid ali natrijev karbonat, za uničenje mikroorganizmov pa tudi natrijev hipoklorid. Uporaba mehke vode pospeši rast kalčka in koreninic, vendar pa so zaslajevalne izgube pri zaslajevanju v primerjavi z uporabo trde vode večje (Gaćeša, 1979; Evans in sod. 1997; Kreisz, 2009).

Uspešnost namakanja je odvisna tudi od velikosti in debeline zrna. Tako napolnjena, trebušasta in debela zrna prejemajo vodo počasneje kot ozka, podolgovata zrna. Tekom suhe faze namakanja se vsebnost vode izenači, tako da posledic neenakomernega kaljenja ni. Kljub razlikam v velikosti in debelini zrna pri vpijanju vode med ječmenom in ajdo ni razlik (Gaćeša, 1979; Schuster in sod., 1990; Wijngaard in sod., 2005b).

Ječmen, vzgojen v suhi in topli klimi, in v katerem je vsebnost beljakovin velika, sprejema vodo počasneje od ječmena, ki je bil rasel v vlažnem obdobju z veliko padavinami ali ječmen, ki ni dosegel tehnološke zrelosti (Gaćeša, 1979; Schuster in sod., 1990).

S povečevanjem vsebnosti vode začne zrno intenzivno dihati. Porablja se kisik in nastaja ogljikov dioksid. Topnost kisika je majhna, zato se s potapljanjem zrna hitro porabi, temu pa sledi prehod v anaerobno stanje. S tem nastaja alkohol in drugi anaerobni metaboliti. Ko se spremeni metabolizem zrna, se tudi vpijanje upočasni. Ravno iz tega razloga je najbolj pogost način namakanja kombinacija suhe in mokre faze, saj s tem dobimo kvaliteten slad (Gaćeša, 1979; Schuster in sod., 1990).

Večja vsebnost vode v zrnu pomeni daljši kalček. Raziskave kažejo, da so semena ajde z 35 % vsebnostjo vode imele dolžino kalčka 13,4 mm, z 40 % vsebnostjo vode 17,2 mm in zrno z 45 % vsebnostjo vode 29,4 mm (Wijngaard in sod., 2005b).

2.8 KALJENJE

V tehnologiji slada kaljenje predstavlja najpomembnejšo tehnološko fazo. V tej fazi se dogajajo kompleksne biokemične spremembe, zaradi katerih iz ječmena nastane slad (sinteza in aktivacija encimov, razgradnja celičnih sten, škroba, beljakovin, rast kalčka...). Kaljenje se začne s prenosom zrna v namakalnike in konča s sušenjem slada v sušilnikih, ter predstavlja fazo v kateri kalček raste pod kontroliranimi pogoji (Gaćeša, 1979; Edney in Izydorczyk, 2003).

Cilji kaljenja so:

- kontrolirana razgradnja celičnih sten,
- proizvodjanje optimalne količine hidrolitičnih encimov,

- hidroliza nekaterih rezervnih snovi,
- zmanjšanje izgub pri rasti in dihanju med doseganjem optimalnih razmer pri kaljenju,
- proizvodnja dobro razgrajenega slada.

Vse omenjene cilje lahko dosežemo z pravilno izbranim časom in temperaturo namakanja in kaljenja ter primernim razmerjem $\text{CO}_2 : \text{O}_2$ (Kreisz, 2009).

2.8.1 Čas kaljenja

Čas kaljenja je odvisen od temperature in zračenja ter značilnosti ječmena (sorte, lokacije rasti, vremenskih pogojev, zorenja in žetve). Za zadostno količino sintetiziranih encimov je potrebno kaljenje izvajati 5-10 dni. Z daljšim časom se rast kalčka in koreninic povečuje, vendar s tem povečamo tudi zaslajevalne izgube, ki jih je bilo opaziti med oluščeno in neoluščeno ajdo. Večje zaslajevalne izgube so se pokazale pri neoluščeni ajdi. Luščine pripomorejo k zaščiti snovi pred izluževanjem med namakanjem, zato so imele le te daljše koreninice (Wijngaard in sod., 2005a). Pri uporabi nižje temperature v kombinaciji s krajšim časom kaljenja lahko zaslajevalne izgube znižamo. Ob tem pa moramo zagotoviti optimalno preoblikovanje in razvoj encimov (Hughes in Baxter, 2001; Wijngaard in sod., 2005a; Kreisz, 2009; Willaert, 2007; McKay in sod., 2011).

2.8.2 Vsebnost vode med kaljenjem

Vsebnost vode za uspešno kaljenje je približno 43-45 %. Prenizka vsebnost vode, pod 42 % ali previsoka vsebnost vode povzročita intenzivno rast koreninic brez zelene razgradnje snovi v endospermu. V toku kaljenja se vsebnost vode ne sme zmanjšati, ker to povzroči postopno izsuševanje zrna. V prvih dneh kaljenja tako oddano vodo še lahko nadomestimo s škropljenjem, od četrtega dneva dalje pa s škropljenjem rast koreninic in dihanje zrna le še pospešimo brez zelene razgradnje ustreznih komponent v zrnju in aktivacije encimov (Gaćeša, 1979; Schuster in sod., 1990).

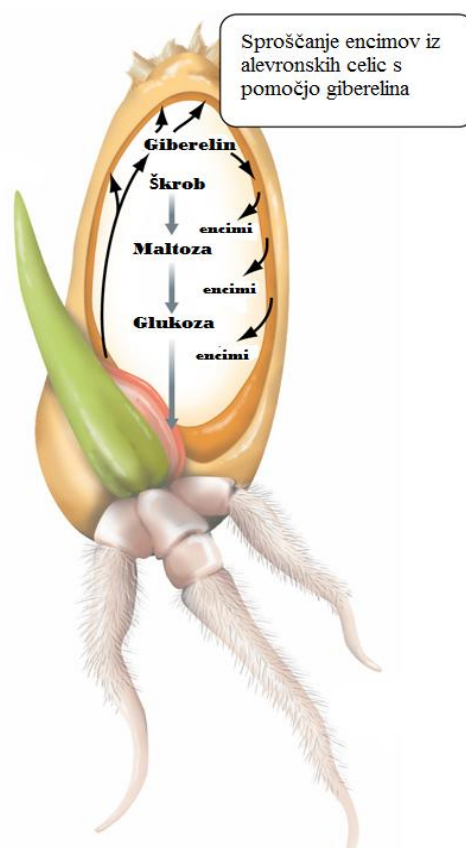
2.8.3 Temperatura kaljenja

Učinkovito razgradnjo zrna dosežemo pri temperaturah od 12 °C do 20 °C (Gaćeša, 1979; Edney in Izydorczyk, 2003; Kreisz, 2009). Dobimo slad z veliko aktivnostjo amilolitičnih encimov, zmernimi izgubami hranil za dihanje in rast koreninic. Prednost nižjih temperatur je sinteza različnih encimov in topnih dušikovih spojin, medtem ko so višje temperature v prid celičnemu razpadu. S povišanjem temperature se dihanje pospeši, povečajo se izgube in zniža donos. Večina procesov kaljenja je izotermičnih. Poznamo pa tudi procese, pri katerih se temperatura spreminja, od začetne 18 °C do končne 13 °C (Hughes in Baxter, 2001; Kreisz, 2009). Pri temperaturah 20 °C ali več, dobimo slad z veliko aktivnostjo encimov, vendar pa je kasnejša predelava v varilnici težja. V zrnju nastaja večja količina organskih kislin in slabša je razgradnja beljakovin. V času kaljenja je zato optimalna

temperatura svetlega slada 18 °C, temnega pa od 20 °C do 21 °C. Pri temperaturi od 16,5 °C do 20,2 °C slad ajde vsebuje enake količine prostih aminokislin in topnega dušika kot slad ječmena. Pri uporabi temperature 20,2 °C je le neoluščena ajda imela večje izgube v primerjavi z oluščeno ajdo in ječmenom. Poskus je pokazal, da je slad, kaljen pri temperaturi 9,5 °C povzročal težave pri filtraciji (Wijngaard in sod., 2005a).

2.8.4 Encimi pri kaljenju

Namen kaljenja so biokemijske spremembe v zrnju. Tekom kaljenja se prve spremembe zgodijo v samem kalčku, kot je prikazano na sliki 2. Dotok vode spodbudi dihanje in rast kalčka, pri tem pa se porabljajo ogljikovi hidrati, lipidi, proteini in minerali. Giberelin (iz družine rastlinskih hormonov) se tvori v kalčku; ta potuje do receptorjev na površini protoplastov aleuronske plasti, ki obdaja endosperm. Tam se sproži proizvodnja hidrolitičnih encimov, ki razgradijo snovi v endospermu. Razgrajene molekule kalček potrebuje za svojo rast (Hughes in Baxter, 2001; Kreisz, 2009; McKay in sod., 2011). Uporaba rastlinskih hormonov na koncu namakanja in na začetku kaljenja poveča razgradnjo endosperma in sintezo encimov, skrajša pa se čas kaljenja (Gaćeša, 1979).



Slika 2: Sprostitev giberelina in rast kalčka (Kreisz, 2009: 136)

Kaljenje je kompromis med sintezo encimov in izgubo rezervnih snovi. Razgradnja celične stene in proteinov, ter proizvodnja encimov je za specifikacijo slada nujno potrebno. Po drugi strani pa intenzivna rast in dihanje pripeljeta do izgub. Ravno zaradi tega primerna temperatura, čas, vsebnost vode in prava količina giberelinske kisline pripeljejo do slada z visoko kvaliteto (Kreisz, 2009).

V zrnju poteka v največji meri citolitična, proteolitična in amilolitična razgradnja. S pomočjo encimov v ječmenu poteka razgradnja polimerov- β glukana, proteinov in škroba, ki se razgradi v topne produkte nizkih molekulskih mas, pri čemer pa morajo sladjarji voditi procese v smer, da ne pride do prekomerne razgradnje in vzklitja nove rastline (Hughes in Baxter, 2001; McKay in sod., 2011).

2.8.4.1 Citolitični encimi

Citolitični encimi so encimi, ki se aktivirajo in sintetizirajo med kaljenjem. Encimi, ki razgradijo polimere β -glukana in zmanjšajo količino topnega β -glukana so endo- β glukanaze. Poleg tega sodelujejo pri razgradnji celične stene tudi endoksilanaze, eksoksilanaze, ksilobiazе in arabinozidaze, ki razgradijo pentozan. Delovanje citolitičnih encimov povzroči razgradnjo celične membrane endosperma, sestavljeno iz 75 % glukana, 20 % pentozana in 5 % proteinov. V praksi je tekom zasajevanja razgradnja β -glukana v topne oligomere veliko manjša, kot razgradnja pentozana. Eksperiment je pokazal, da je struktura celične stene kompleksna, zato je za skupen učinek citolitične razgradnje potrebno sodelovanje različnih skupin encimov. Nekatere raziskave tudi kažejo, da se kljub povišanju aktivnosti endo- β glukanaze, razgradnja β -glukana ne izvrši. Prekomerne količine topnih oligomerov β -glukana v sladici povzročijo proizvodnje težave, prav tako pa tudi manj kvalitetno pivo (Evans in sod. 1997; McKay in sod., 2011).

Po strukturi je β -glukan linearni polimer, D-glukoznih enot, ki so povezane z β -1,4 in β -1,3 glukozidnimi vezmi. V skupni masi zrna je β -glukana okoli 2-5 % in je topen v vroči vodi. Sintetizira se pod vplivom giberelinske kisline. Največja sinteza encimov je pri ajdi in ječmenu od tretjega do petega dne kaljenja, z sušenjem pa se njihova aktivnost znatno zmanjša. S povečanjem stopnje namočenosti se sinteza encima poveča, ugodna temperatura v času kaljenja pa je od 13 °C do 15 °C. Optimalna temperatura za aktivnost encima je 45 °C in pH 5,5. Raven encimov se v času slajenja povečajo za 2-3 krat (Schuster in sod., 1990; Evans in sod. 1997; Marković in Hudina- Domladovec, 2003; Wijngaard in sod., 2005a).

2.8.4.2 Amilolitični encimi

Amilolitični encimi so najpomembnejši encimi slada. Razgrajujejo škrob do dekstrinov in sladkorjev, ki so osnovna sestavina sladice. Razgradnja škroba poteka v manjših količinah, saj se ga razgradi le 6 %, sladkorji pa medtem narastejo za 5 %. Ta razgradnja škroba je nujno potrebna, saj kalček majhne količine sladkorjev kot so fuktoza, glukoza, saharoza in

rafinoza hitro porabi za svojo rast, zato se mora za njegovo nadaljnjo rast tvoriti nova količina hranil. Škrob sestavljajo majhna in velika zrnca, obdana z hemiceluloznimi membranami. Povezane so z beljakovinami, zato se tekom razgradnje škroba hkrati vrši amilolitična in proteolitična razgradnja (Schuster in sod., 1990; Kreisz, 2009).

2.8.4.2.1 β -amilaza

Škrob sestavlja okoli 25 % amiloze in 75 % amilopektina. Razgradnja obeh komponent poteka v večji meri s pomočjo encima β -amilaze. Deluje kot eksoglikozidaza, ker napade molekulo od konca in odcepi vedno dve zadnji glukozi enoti- β -maltozo. Amiloza se hidrolizira skoraj popolnoma, amilopektin pa nekako do polovice, kajti na kraju razvejanja encim preneha delovati. Nastanejo tako imenovani visokomolekularni mejni dekstrini. Tudi fosforna kislina, ki je ponekod vgrajena v molekulo škroba, deluje kot inhibitor na encim. Če je hkrati prisotna α -amilaza ali drug encim (R-encim) ki cepi 1,6 vezi, se razgradnja nadaljuje. Končni produkt razgradnje polisaharida z α - in β -amilazo je maltoza. Tudi glukoza nastane v različnih količinah iz maltotrioze, ki se cepi v dva dela (Schuster in sod., 1990; Nelson in Cox, 2005)

β -amilaza se v nekaljenem ječmenu nahaja v vezani in nevezani obliki. Aktivacija se vrši, ko zrna zmeljemo in le ta pridejo v stik s proteolitičnimi encimi ali reducenti disulfidnih mostičkov, s katerimi je encim pogosto povezan preko mostov z netopnim proteinom. Z razgradnjo beljakovin se aktivnost encima tekom kaljenja poveča.

V času kaljenja je optimalna temperatura za delovanje β -amilaze 15 °C in v škrobni raztopini od 40 °C do 50 °C. Inaktivacija encima se zgodi pri 70 °C v vodni raztopini. S povišanjem vsebnosti vode se v ječmenu poveča njena aktivnost. Encim brez α -amilaze ni učinkovit, saj α -amilaza cepi vezi makromolekule v sredini, nastajajo nove količine substrata, ki jih β -amilaza razgradi predvsem v maltozo. V času sušenja je nekoliko bolj stabilna kot α -amilaza. Največjo aktivnost topne β -amilaze so v ajdovem sladu opazili v petem dnevu kaljenja. V ajdi so določili kar 20 krat nižjo aktivnost tega encima, a kvaliteta slada je bila kljub temu sprejemljiva. Najvišjo aktivnost β -amilaze pri pripravi ajdovega slada je bila izmerjena pri temperaturi kaljenja 20,2 °C in več (Evans in sod. 1997; Phiarais in sod., 2005; Wijngaard in sod., 2005; Wijngaard in sod., 2006).

2.8.4.2.2 α -amilaza

α -amilaze v zrelem zrnju ne najdemo. Sintetizira se v aleuronskem sloju z delovanjem giberelinske kisline. Po mestu učinkovanja α -amilazo lahko primerjamo z endopeptidazami, ki cepijo α -1,4 vezi v sredini molekule amiloze in amilopektina. Prvi produkti cepitve so oligosaharidni dekstrini, ki imajo 6-7 glukozi enot, končni pa maltoza. Največjo aktivnost encim doseže med drugim in tretjim dnevom kaljenja. Wijngaard in sod. (2006) celo predlagajo uporabo neoluščene ajde ter pet dnevno kaljenje, saj s tem dosežejo največjo α -amilazno aktivnost. Kljub vsemu pa ima v primerjavi z ječmenom ajdov slad še vedno nižjo α -amilazno aktivnost, kar bi lahko pripisali drugačni

škrobni sestavi zrna (Gačša, 1979; Schuster in sod., 1990; Nelson in Cox, 2005; Wijngaard in sod., 2006; Anto in sod., 2006).

Aktivnost α -amilaze je pogojena s časom, vsebnostjo vode in temperaturo zaslajevanja. Z večjo vsebnostjo vode se sinteza encima povečuje. Aktivnost α -amilaze v ajdi se s časom kaljenja povečuje. Kaljenje naj bi potekalo minimalno štiri dni. Optimalna temperatura kaljenja za aktivnost encima je 16,5 °C, vsekakor pa mora biti manjša od 20 °C. V škrobni raztopini je aktivnost encima največja pri temperaturi od 60 °C do 65 °C. Je nekoliko bolj stabilna od β -amilaze. Optimalno kaljenje namočene ajde naj bi bilo 5 dni pri 19 °C, sušenje pa pri temperaturi 40 °C (Gačša, 1979; Schuster in sod., 1990; Evans in sod., 1997; Winjgaard in sod., 2005; Wijngaard in sod., 2006; Agu in sod., 2012).

2.8.4.3 Proteolitični encimi

Snovi z dušikom so v ječmenovem zrnu v največji meri v obliki visokomolekularnih beljakovin albuminov, globulinov, prolaminov in glutelinov. V času kaljenja se del beljakovin hidrolizira zaradi delovanja proteolitičnih encimov, pri čemer nastanejo aminokisline. Razgradni produkti lahko preidejo v kalček, ki jih uporabi za gradnjo novih tkiv. Proteolitična razgradnja prispeva k okusu in stabilnosti pene piva. Med proteolitičnimi encimi so najpomembnejše endo-peptidaze, ki hidrolizirajo beljakovinske verige na sredini in ekso-peptidaze, ki hidrolizirajo beljakovinske verige s konca. Razgradnja beljakovin med zaslajevanjem dosega bistveno večji delež kot razgradnja škroba. Aktivnost proteolitičnih encimov upada s hitrim povišanjem temperature. Ječmenov slad vsebuje skoraj dvakrat večjo proteolitično aktivnost kot ajdov slad. Ker endosperm ajde vsebuje le 35 % vseh proteinov, ječmenov pa kar 80-90 %, proteolitična aktivnost v ajdi ni tako pomembna. Zrno ajde je poleg tega tudi bolj drobljivo, zato pri meljavi kljub manjši razgrajenosti ne predstavlja težav (Gačša, 1979; Schuster in sod., 1990; Wijngaard in sod., 2005a; Phiarais in sod., 2005; Wijngaard in Arendt, 2006; McKay in sod., 2011).

2.8.4.4 Ostali encimi

Razgradnja celične stene, rezervnih proteinov ter škroba so najpomembnejše spremembe v času kaljenja, medtem ko ostale manj pomembno prispevajo k lastnostim končnega slada. V času zasladitve se razgrajujejo organski fosfati s pomočjo encimov fosfataz. So nespecifične in delujejo na različne estre fosforjeve kisline. Fosfataze so prisotne v nativnem ječmenu, tekom kaljenja do šestega dne pa njihova aktivnost narašča. V ječmenu je prisotnih tudi okoli 2 % lipidov, predvsem v obliki trigliceridov. V času kaljenja se njihova vsebnost zmanjšuje zaradi aktivnosti lipaz. Sintaza lipaz se povečuje s stopnjo namočenosti, daljšim časom kaljenja in višjo temperaturo kaljenja. V tehnologiji slada in piva prispevajo k barvi in okusu ter stabilnosti pene tudi encimi kompleksa oksidoreduktaz (Schuster in sod., 1990; Evans in sod. 1997; McKay in sod., 2011).

2.9 SUŠENJE ZELENEGA SLADA

Ko je faza kaljenja zaključena, slad posušimo. To je proces, v katerem suh zrak povečuje temperaturo in zeleni slad dobiva obliko drobljenega suhega žitnega produkta. Cilji sušenja so prekinitev modifikacijskih procesov, znižanje vsebnosti vode za stabiliziranje slada ter kasnejše varno shranjevanje in kopičenje aromatičnih in barvnih snovi. Sušenje mora potekati tako, da se ohranijo encimi zelenega slada za kasnejšo hidrolizo snovi v zrnju tekom varjenja piva (Edney in Izydorczyk, 2003; Kreisz, 2009; Willaert, 2007; Hughes in Baxter, 2001).

Po končanem kaljenju dobimo tako imenovan zeleni slad s stopnjo vode okoli 41-43 %. Če gre slad v varilnico v takojšnjo uporabo, se lahko zgodi, da ima pivo neprijetne senzorične lastnosti. Zeleni slad se suši s tokom ogrevanega zraka pri temperaturah od 20 °C do 110 °C (Schuster in sod., 1990; Willaert, 2007).

Sušenje v zelenem sladu povzroči fizikalne, kemijske in encimske spremembe. Med fizikalne spremembe sodi predvsem znižanje vsebnosti vode, pri svetlem sladu na 4-5 % in pri temnem na 1,5-3 %. Operacijo sušenja delimo na fazo sušenja in dosuševanja, kjer najprej odstranujemo prosto in nato še vezano vodo. V fazi sušenja je hitrost prehajanja vode iz notranjosti na površino zrna velika, zato je tudi znižanje vsebnosti vode v zrnju drastično. Iz sušilnikov izhaja zrak, ki je močno nasičen z vlago. Zaradi inaktivacije encimov morajo biti temperature zraka na začetku sušenja nizke (pod 70 °C). Sledi faza dosuševanja, v kateri se vsebnost vode zmanjša le še z 10 % na 5 %. Poviša se temperatura, saj odpareva voda, ki je vezana v zrnju. Pri svetlem sladu je to 80-85 °C in pri temnem sladu 80-105 °C. Pri temperaturi dosuševanja, večji od 200 °C proizvedemo posebne vrste slada s praženo in karamelno aromo (Schuster in sod., 1990; Willaert, 2007).

Phiarais in sod. (2005) so za primerjavo sušenja ječmenovega in ajdovega slada uporabili temperaturo 40 °C. Diagram sušenja je pokazal, da se v prvih nekaj urah zniža vsebnost vode na okoli 19 % tako pri ajdi, kot tudi pri ječmenu. Na končni nivo znižano vsebnost vode dobimo v 48 urah. V skladu s pričakovanji, voda nekoliko počasneje izhlapeva iz zrn ječmena kot ajde, ker so ječmenova zrna nekoliko večja od ajdovih. Nasprotno pa Schuster in Grünwald (1957) navajata, da je ječmen hitreje izgubljal vodo oz. se sušil. Phiarais in sod. (2005) rezultate komentirajo z dejstvom, da ima ječmen več proste vode v zunanjih plasteh ali skorji okoli jedra. Ta voda ni tako močno vezana na komponente endosperma in jo je s procesom sušenja lažje odstraniti.

Med sušenjem se poleg vsebnosti vode v samem zrnju spreminjajo tudi kemijska sestava in številni drugi parametri. Koreninice izgubijo elastičnost in mehansko odpadejo. To se dogaja pri temperaturah nad 70 °C. Prihaja do koagulacije koloidnih snovi z dušikom, v kateri nastajajo delci manjših molekulskih mas. Po sušenju dobimo zaradi odpada koreninic 4 % zaslajevalne izgube (Schuster in Grünwald, 1957; Gaćeša, 1979; Schuster in sod., 1990; Hughes in Baxter, 2001; Marić, 2003; Phiarais in sod., 2005; Kreisz, 2009; Willaert, 2007; McKay in sod., 2011).

V fazi sušenja, ki poteka od 40 °C do 70 °C, se del bolj občutljivih encimov inaktivira. Delovanje in aktivnost encimov je odvisna od časa in temperature sušenja ter dosuševanja. Aktivnost amilaz, peptidaz, glukanaz in fosfataz ustavi znižanje vsebnosti vode in povišanje temperature. Encimi se ohranijo, če se vsebnost vode zniža v zgodnjih fazah sušenja.

Med sušenjem slada je α -amilaza manj občutljiva na povišanje temperature kot β -amilaza. Rezultati kažejo, da je v ajdovem sladu sušenem pri 40 °C aktivnost skupne β -amilaze za 95 % nižja kot pri ječmenu. Tekom sušenja se α -amilazna aktivnost ajde zniža v 40 urah kar na polovico. Ječmenov slad ima kar 80 % večjo α -amilazno aktivnost od ajdovega slada, vendar pa ima ajdov slad bolj termostabilno α -amilazo kot ječmenov slad (Schuster in sod., 1990; Evans in sod., 1997; Phiarais in sod., 2005).

β -glukanazna aktivnost se s časom sušenja znižuje. V primerjavi z ajdo je v sušenem sladu ječmena β -glukanazna aktivnost občutno večja. Razlog je v tem, da ajdov slad ne vsebuje velike količine visoko molekularnega β -glukana, zato tudi ne potrebuje velikih količin tega encima. Kot ajdi pa se tudi ječmenu od kaljenja do konca sušenja aktivnost encima zmanjša za 65 % (Georg-Kraemer in sod., 2004; Phiarais in sod., 2005).

Phiarais in sod. (2005) ugotavljajo, da proteolitična aktivnost med sušenjem niha in da med encimsko aktivnostjo ječmenovega in ajdovega slada ni bistvene razlike. Aktivnost pada oz. se znižuje zaradi termolabilnosti encimov (Wijngaard in sod., 2005a; Phiarais in sod., 2005).

Sušenemu sladu se pred skladiščenjem odstrani kalčke in koreninice. Sledi poliranje in zorenje v ustreznih skladiščih najmanj en mesec (Malcev, 1967; Tišma, 2003; Kreis, 2009).

2.10 SKLADIŠČENJE SLADA

Po končanem sušenju slad ohladijo in očistijo kalčkov ter koreninic. Slad shranjujejo v hladnih in suhih silosih. Posušen in očiščen slad mora pred uporabo v varilnici dozorevati minimalno mesec dni, zaželeni čas pa je lahko tudi daljši. Premalo odležan oz. premlad, svež slad ima za posledico slabšo fermentacijo in posledično neharmonične lastnosti piva. Najpogostejše spremembe, ki se dogajajo med shranjevanjem slada so dvig vsebnosti vode v sladu, kar vodi do spremembe volumna in mase. Analize slada, shranjenega 4 mesece pri temperaturi 25 °C so pokazale, da se vsebnost vode v zrnju poveča iz 4,0 % na 4,9 %. Količina ekstrakta se pri tem ne spremeni. Encimskih sprememb, ki bi imele za posledico večjo razgradnjo slada ni. Slad je med skladiščenjem obstojen pri vsebnosti vode pod 6 %. Poleg tega nekateri avtorji pravijo, da mora slad počivati, dokler se encimi ne regenerirajo od toplotnega šoka sušenja. Pred odpremo slada v pivovarno, mešajo različne sarže slada. S tem zagotovijo konstantno kvaliteto slada. Zadnje dejanje je poliranje slada, pri katerem odstranjujejo prah ter delce luščin (Schuster in sod., 1990; Wackerbauer in Zuffall, 1997; Kreis, 2009; Hornsey, 2013).

Večina raziskav oz. podatkov v literaturi je povezana z ječmenovim sladom, tako da smo v nalogi pridobljene rezultate pri pripravi ajdovega slada primerjali s tehnološkimi parametri ječmenovega slada. Podatkov o ajdovem sladu je v literaturi relativno malo.

2.11 LASTNOSTI SLADA

Lastnosti slada so zelo pomembne za sladarje, kot tudi za pivovarje. Sladarji iz ocene kvalitete slada sklepajo, kako je potekal proces proizvodnje in ali so v procesu potrebne kakšne spremembe. Pivovarji pa iz rezultatov analiz slada ugotavljajo, koliko je slad razgrajen, kolikšna je vsebnost ekstrakta, kakšna je barva slada in druge tehnološke lastnosti, po katerih se bodo odločali, kako voditi proizvodnjo sladice da bi dobili pivo kvalitete z želenimi karakteristikami (Schuster in sod., 1990; Edney in Izydorczyk, 2003).

Pri sladu se analizira različne parametre. Analize delimo na senzorične, mehanske, kemijsko-tehnološke, določanje citolitične in proteolitične razgrajenosti slada, določanje razgrajenosti škroba in druge analize (Schuster in sod., 1990).

2.11.1 Senzorične lastnosti slada

2.11.1.1 Čistost slada

Čistost slada lahko določimo s kvalitetnim postopkom odstranjevanja koreninic in poliranjem. Določi se prisotnost tujih, zlomljenih, poškodovanih in nekaljenih zrn ter drugih nečistoč (Gačėša, 1979; Schuster in sod., 1990).

2.11.1.2 Barva slada

Ječmenov slad je enotne rumene barve ali barve, ki je podobna barvi slame. Prisotnost rjavih pik na površini plevice ali sivkasti ton slada pomeni, da je bil ječmen namočen v vodi z povečano vsebnostjo železa. Plesnivi slad ima rumene, črne ali rdeče madeže. Barva slada je odvisna od vrste žit, tipa slada in temperature sušenja. Višja kot je temperatura, intenzivnejša je barva (Gačėša, 1979; Schuster in sod., 1990; Marić, 2003)

2.11.1.3 Vonj slada

Vonj je odvisen predvsem od tipa slada in vrste slada. Svetli slad ima šibkejši, temni pa močnejši vonj po kruhu. Zaželen je značilen in čist vonj, brez kislih, dimnih in plesnivih not. Najlažje vonj ocenimo med kaljenjem. Dobro skaljeni zeleni slad ima vonj po mladih kumarah. Vonj po estrih pa kaže na to, da je zrno dobilo v času kaljenja premalo kisika. Dolgo in nepravilno skladiščen slad aromo s časom izgublja (Gačėša, 1979; Schuster in sod., 1990).

2.11.1.4 Okus slada

Slad mora imeti značilen okus za vrsto slada, sladkast okus, brez plesnivih, dimljenih in zažganih priokusov. Ko ga pregriznemo, mora biti prhek in se zdrobiti. Če je slad trši na ugriz, je to znak nezadostne razgradnje endosperma. Spremembe okusa lahko povzročijo tudi mikroorganizmi in neustrezno skladiščenje (Schuster in sod., 1990; Tišma, 2003; Marić, 2003).

2.11.2 Mehanske analize

Mehanska analiza vključuje določanje hektolitrske mase, mase 1000 zrn, sortiranje zrn po velikosti, steklavosti in prhkosti slada ter določanje dolžine kalčka (Gaćeša, 1979; Schuster in sod., 1990).

2.11.2.1 Hektolitrska masa

Je pokazatelj volumskih odnosov v sladu oz. prhkost slada, s tem pa tudi stopnje razgrajenosti slada. Običajna hektolitrska masa je 47-60 kg, dobro razgrajen slad ima maso pod 55 kg. Če je masa večja od 60 kg, pomeni večji obseg krčenja semen med sušenjem ali slabša razgrajenost endosperma v času kaljenja (Gaćeša, 1979; Schuster in sod., 1990).

2.11.2.2 Masa 1000 zrn

Masa 1000 zrn slada pomeni absolutno maso zrn. Giblje se med 28 in 38 g zračno suhega slada. Če je masa 1000 zrn manjša, to pomeni ne samo boljšo razgrajenost slada, temveč tudi večje izgube zaradi dihanja in rasti koreninic. Poznana masa 1000 zrn začetnega ječmena in masa 1000 zrn slada nam z izračunom pove izgube tekom zasladitve (Gaćeša, 1979; Schuster in sod., 1990).

2.11.2.3 Sortiranje velikosti zrn

S sortiranjem slada na treh sitih z velikostmi lukenj 2,8, 2,5 in 2,2 mm se ugotavlja stopnja izenačenosti debeline zrn slada. Zaželeno je, da je delež slada 1. klase (zrna večja od 2,5 mm) večji od 85 %, delež nečistoč- slad 3. klase (zrna manjša od 2,2 mm in odpadki) pa manjši od 0,5 %. Večji delež manjših zrn (manjših od 2,5 mm) zmanjšuje ekstrakt, ker je v zrnju večji del pleve in beljakovin. Na velikost zrn vpliva tudi vsebnost vode (Schuster in sod., 1990; Štefanič in Marić, 1990; Wackerbauer in Zuffall, 1997).

2.11.2.4 Steklavost in prhkost

Z napravo friabilimeter se določa friabilimetrov vrednost ali prhkost in steklavost slada. Prhkost je ocena trdote, homogenosti in citolitične razgrajenosti slada; steklavost pa delež steklastih zrn. Enakomerno razgrajen slad, ki ima prhko strukturo in je enakomerno kaljen, omogoča hiter prehod ekstrakta v raztopino in dober izkoristek ekstrakta. Steklavo zrno, ki

je posledica nepravilnega sušenja zelenega slada je trdo, pri drozganju pa prihaja do nepopolnega izluževanja ekstrakta (Schuster in sod., 1990).

2.11.2.5 Kaljivost in dolžina kalčka

Dolžina kalčka je ne glede na subjektivnost rezultatov dobra ocena enakomernosti kaljenja in do neke mere tudi razgrajenosti slada. Dolžina kalčka se primerja z dolžino zrna in na podlagi primerjavi razvršča v skupine: 0-1/4, 1/4-1/2, 1/2-3/4, 3/4 - 1 in več kot 1. Za svetli slad se smatra najprimernejša dolžina kalčka okoli 0,75 in za temni slad okoli 0,8. Pri homogenem sladu z enakomernim kaljenjem dobimo višji ekstrakt, predvsem pa dobro izkoristljiv slad (Schuster in sod., 1990).

2.11.3 Kemijsko tehnološke analize slada

Analize zajemajo določanje vsebnosti vode, čas zasladitve, količino ekstrakta v sladu, vonj in okus drozge ter izgled, barva, vonj in okus sladice. Iz kongresne metode pridobljena laboratorijska sladica nam služi za niz pokazateljev kakovosti, kot so barva, izgled, čas filtracije, vonj in okus. Poleg tega v njej lahko določimo dušikove in taninske spojine, neškrbne polisaharide ter mejno stopnjo prevrelosti (Schuster in sod., 1990).

2.11.3.1 Vsebnost vode

Vsebnost vode v sladu je pomembna iz dveh razlogov: zaradi vpliva na količino ekstrakta in zaradi obstojnosti slada med skladiščenjem. Vsebnost vode v sladu naj bi bila čim manjša (3-6 %), saj se slad odkupuje glede na maso, že manjše povečanje vsebnosti vode pa pomeni večje stroške pri odkupu slada. Vsebnost vode v sladu vpliva tudi na tehnološke parametre proizvodnje piva, ker se slad z nižjo vsebnostjo vode melje drobneje, preveč suh slad pa ima tudi veliko prahu. Samo pivo, narejeno iz slabo sušenega slada pa ima tudi slabše senzorične lastnosti (Schuster in sod., 1990; Štefanič in Marič, 1990; Wackerbauer in Zuffall, 1997).

2.11.3.2 Kongresna metoda

Kongresna metoda je pomembna začetna točka številnih kemijskih analiz, ki definirajo kakovost slada. Ker so metodo vpeljali na kongresu za sladarstvo in pivovarstvo jo imenujemo kongresna metoda. Če želimo imeti sestavine slada v topnih oblikah in uporabnih za vrsto analiz, moramo slad podvreči standardizirani shemi, ki se začne se pri temperaturi 45 °C in konča pri 70 °C (Boulton, 2013). Shemo kongresne metode lahko modificiramo, saj nekateri sladarji želijo imeti intenzivnejšo proteolitično in nekateri amilolitično razgradnjo (Osman in sod., 2002). Pomembna parametra, ki vplivata na potek tako imenovane imitacije drozganja sta mletje slada in razmerje vode in mletega slada (Evans in sod., 2011; Hornsey, 2013).

Med kongresno metodo potekajo hidrolitični procesi, tako da dobimo sladico, ki vsebuje poleg različnih sladkorjev in nekaj nefermentabilnih dekstrinov tudi različne topne proteine, aminokisline in številne druge spojine, ki so produkt intenzivne encimske aktivnosti. Avtorji so mnenja, da je kongresna metoda uporabna za več vrst slada, tudi ajdovega (Hughes in Baxter, 2001; Wijngaard in sod., 2006).

2.11.3.3 Vsebnost ekstrakta

Je osnovni kriterij za določanje kvalitete slada. Ekstrakt predstavlja vse topne snovi v sladu in tiste snovi, ki v procesu drozganja pod vplivom encimov postanejo topne. Z ekonomskega vidika je količina ekstrakta najpomembnejša karakteristika slada, saj definira izkoristek varilnice in s tem kasnejši ekonomski učinek. Preračunavamo ga na zračno sušino ali suho snov. Normalne vrednosti za ječmen so: 76-78 % v zračni sušini in 79-82 % v suhi snovi. Odvisen je od sorte, področja pridelave, leta pridelave in nekaterih lastnosti oz. parametrov slada kot so vsebnost beljakovin in β -glukana, delež pleve, delež zrn večjih od 2,8 mm in stopnje razgradnje slada (Schuster in sod., 1990; Štefanič in Marič, 1990; Edney in Izydorczyk, 2003; Marić, 2003).

Raziskave kažejo, da je vsebnost ekstrakta ajdovega slada nižja od ječmenovega, ker je tudi amilolitična aktivnost encimov nižja, medtem ko v raziskavi Winjgaard in sod. (2005) poročajo, da povezave med amilolitično aktivnostjo in količino ekstrakta ni. Količina ekstrakta slada ajde se z višjo temperature kaljenja povečuje, ravno obratno pa je pri sladu ječmena. Ekstrakt ni le bogat vir ogljikovih hidratov, temveč vsebuje tudi dušikove komponente, polifenole in soli. Ekstrakt slada ajde in ječmena se najbolj poveča v tretjem in četrtem dnevu kaljenja (Winjgaard in sod., 2005; Wijngaard in sod., 2006).

Ugotovili so, da je optimalni program kongresne metode pri katerem pridobimo največ ekstrakta ajde sledeč: 15 minut pri temperaturi 35 °C, 15 minut pri 45 °C, 40 minut pri 65 °C, 30 minut pri 72 °C in 10 minut pri 78 °C. Tak program daje kar 7,4 % višji ekstrakt kot klasični program. Bolj ko je slad zmlet, večji je izkoristek pridobivanja ekstrakta (Wijngaard in Arendt, 2006). Pri pogojih namakanja 12 ur pri 10 °C, kaljenja 96 ur pri 15 °C in sušenja 48 ur pri 40 °C je bila izmerjena količina ekstrakta ajde 69,2 % (Phiarais in sod. 2005). Poleg tega je pomemben parameter tudi pH, saj nižje vrednosti povečajo količino ekstrakta (Schuster in sod., 1990; Hughes, 2003).

2.11.3.4 Čas zasladitve

Čas zasladitve je odvisen od trdote zrn slada, dostopnosti škroba slada za delovanje encimov in aktivnosti α -amilaze v sladu. Merimo ga po kongresni metodi, ko temperatura sladice doseže 70 °C (Schuster in sod., 1990; Štefanič in Marič, 1990; Wackerbauer in Zuffall, 1997). Normalne vrednosti časa zasleditve za svetli ječmenov slad so 10-15 min, daljši čas zasladitve pa je posledica slabše razgrajenosti škroba (Wackerbauer in Zuffall, 1997).

2.11.3.5 pH sladice

Meritve pH v sladici imajo pomembno vlogo pri zagotavljanju kakovosti. Vrednost pH vpliva na aktivnost encimov, hkrati pa kaže na različne težave pri zasladitvi (Boulton, 2013).

Sladica iz ječmenovega slada ima pH od 5,7 do 5,9 (Gačeša, 1979; Kreisz, 2009). Rezultati raziskovalcev Kiss in sod. (2013) kažejo, da ajdova sladica pri 18 urnem namakanju, kaljenju pri temperaturi 15 °C in času 84 ur ter sušenju pri temperaturi 50 °C dosega pH 5,3, medtem ko so raziskovalci Phiarais in sod. (2005) pri 12 urnem namakanju, kaljenju pri temperaturi 15 °C in času 96 ur ter sušenju pri temperaturi 40 °C izmerili vrednosti pH ajdove sladice okoli 6,3. Pri kaljenju ajde se tvorijo šibke organske kisline (jabolčna, mlečna) in soli fosforjeve kisline, zato se pH sladice iz ajdovega slada znatno zniža v primerjavi z ekstraktom ječmena. Nižji pH vpliva tudi na vonj in stabilnost piva.

2.11.3.6 Čas filtriranja

Filtrabilnost je pomemben pokazatelj kakovosti slada. Merimo okvirni filtracijski čas, ki je odvisen od stopnje razgrajenosti škroba med zasladitvijo. Iz ekstremnih vrednostih časa filtriranja lahko sklepamo, da je slad neenakomerno razgrajen in da se bodo pojavljale težave pri cejenju sladice v varilnici (Schuster in sod., 1990; Štefanič in Marič, 1990; Jin in sod., 2013). Ajdova sladica ima pri pogojih namakanja 18 ur pri 25 °C, kaljenja 84 ur pri 15 °C in sušenju 48 ur pri 50 °C filtracijski čas 25 minut, medtem ko ječmenova 15-20 minut (Kiss in sod., 2013).

Ker je struktura sladice odvisna tudi od procedure kongresne metode so Kiss in sod. (2013) za njeno optimiranje uporabljali različne temperature, čase in pH. Primerjava ječmena z brezglutenskimi sladi kaže, da imajo brezglutenski sladi daljši filtracijski čas (Kiss in sod., 2013).

2.11.3.7 Izgled sladice

Izgled oz. bistrost kongresne sladice je odvisna od karakteristik semena in od postopkov slajenja. Omogoča površinsko oceno razgrajenosti slada in njegovo kvaliteto, saj motnost sladice zaradi slabe razgrajenosti ali intenzivnega sušenja pomeni nezadovoljivo kakovost slada. Korelacije med bistrostjo sladice in bistrostjo piva ni (Schuster in sod., 1990; Štefanič in Marič, 1990; Wackerbauer in Zuffall, 1997). V primeru slabo posušenega slada ostaja sladica dolgo časa bistra. Po sveže sušenem sladu brez skladiščenja nastane opalescenca, ki tekom počivanja slada izgine (Phiarais in sod., 2005).

2.11.3.8 Barva, vonj in okus sladice

Barva kongresne sladice je značilna za vsak tip slada posebej. Normalna vrednost za svetli slad je 2,5-4,2 EBS (Štefanič in Marič, 1990; Kreisz, 2009). Pri proizvodnji svetlega piva je pomembno da se svetla barva vzdržuje vse do končnega proizvoda - piva. Povezava med

barvo sladice in barvo piva ni konstantna. Boljši pokazatelj končne barve piva je barva po kuhanju kongresne sladice, ki naj bi dosegala vrednosti 5 do 5,5 EBC. Barva piva je intenzivnejša pri višji vsebnosti topnega dušika v sladici, večji razgrajenosti škroba in beljakovin in bolj posušenem sladu (Schuster in sod., 1990; Štefanič in Marič, 1990; Phiarais in sod., 2005). Sladica ajde je temnejše barve od sladice ječmena (Phiarais in sod., 2005).

Vonj in okus sta odvisna od sorte semen, vode za namakanje in drugih dejavnikov. Pojavljanje kislega okusa kaže na napake pri vodenju tehnološkega procesa proizvodnje slada (Schuster in sod., 1990).

2.11.3.9 Viskoznost sladice

Viskoznost kongresne sladice je pokazatelj citolitične razgrajenosti slada, kar pomeni stopnje razgrajenosti hemiceluloze in neškrobnih polisaharidov. Odvisna je od aktivnosti β -glukanaze oz. razgradnje β -glukana med procesom slajenja ječmena in med drozganjem po kongresni metodi (dokler je temperatura 45 °C) (Štefanič in Marič, 1990, Schuster in sod., 1990; Marković in Hudina-Domladovec, 2003). Asano in sod. (1970) so v ajdi identificirali neškrobne polisaharide. Ti so topni v vodi in močno prispevajo k viskoznosti (Asano in sod., 1970; Wijngaard in sod., 2005a).

Kongresna sladica ajde ima večjo viskoznost od ječmenove, saj vsebuje več topne vlaknine, ki viskoznost povečujejo (Wijngaard in Arendt, 2006; Wijngaard in sod., 2006). Pri nižjih temperaturah kaljenja se aktivnost α -amilaze v zrnju zmanjša, kar ima za posledico večjo viskoznost sladice (Marič, 2003). Poleg tega se tudi s podaljšanim časom kaljenja viskoznost sladice zmanjšuje. Viskoznost se zmanjšuje do četrtega dne, od te točke dalje pa poveča (Wijngaard in sod., 2006). Na viskoznost vplivajo tudi mikroorganizmi, saj lahko sintetizirajo glukanaze in celulaze. Z aktivnostjo glukanaz in celulaz se vsebnost β glukana in celuloze zmanjša, kar ima za posledico manjšo viskoznost (Tišma, 2003).

2.12 IZGUBE PRI ZASLAJEVANJU

Iz tone ječmena pridelamo približno 800 kg slada. Razliko imenujemo izgubo pri zaslajevanju. Sestavljena je iz različnih izgub tekom zasladitve. Izgube se pojavijo v največji meri med kaljenjem zaradi rasti kalčka in dihanja. Tekom procesa pridobivanja slada se tudi vsebnost vode močno spreminja.

Skladiščena semena, pripravljena za zasladitev vsebujejo okrog 12 % vode, z daljšim časom namakanja pa se vsebnost vode dvigne nad 42 %. S sušenjem vsebnost vode znižamo na 3-6 %. Večja vsebnost vode v zrnju pomeni večjo izgubo, kar je potrdila raziskava pri zaslajevanju ajd, kjer so določili izgube med 6,5 % in 10,5 %. Za zmanjšanje izgub sladarni veliko uporabljajo kalijev bromat, ki zavira razgradnjo proteinov, s tem pa se

zmanjša izguba zaradi rasti kalčka (Wijngaard in sod., 2005a; Kreisz, 2009; Hornsey, 2013).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 NAČRT DELA IN MATERIAL

Magistrsko delo smo opravljali na Katedri za tehnologije, prehrano in vino, Oddelka za živilstvo ter na Katedri za biokemijo in kemijo živil, Oddelka za živilstvo.

V poskusu smo uporabljali navadno ajdo (*Fagopyrum esculentum* Moench) sorte Darja z vsebnostjo vode 11,6 % in ajdo sorte Pyra z vsebnostjo vode 10,3 %.

Seme je bilo kupljeno v Semenarni Ljubljana.

V okviru eksperimentalnega dela naloge smo želeli določiti optimalne pogoje za pripravo ajdovega slada. Eksperimentalni del smo razdelili na predposkus in glavni poskus. Glavni poskus je bil razdeljen na tri dele, in sicer na senzoričnega, mehanskega in kemijsko – tehnološkega. Vsi merjeni parametri so bili ponovljeni v treh ponovitvah.

Izbrana semena smo pred namakanjem očistili in prebrali. Odstranili smo različne primesi kot so drobni deli plevla in druge lahke odpadne delce. Med odpadnimi delci smo najpogosteje identificirali semena sončnice in drobne kamenčke. Prebrana semena ajde smo pripravili za namakanje.

3.1.1 Namakanje vzorcev

Za namakanje smo natehtali 500 g vsake sorte ajde in jih namočili v vodi izbrane temperature, ter jih pustili nabrekati 8 ur. Po osmih urah namakanja so zrna vsebovala tisto količino vode, ki je potrebna za kaljenje semen. Vsako uro smo zrna tudi prezračili in jim zamenjali vodo.

Pribor:

- plastične posode
- termostatisirana komora
- vbodni termometer

3.1.2 Kaljenje vzorcev

Namočena zrna smo prenesli na kovinske pladnje s perforiranim dnom (slika 3). Semena smo vsakih 24 ur obračali, da smo izenačili pogoje kaljenja. Vsakih 24 ur smo spremljali delež vzkaljenih zrn in dolžino kalčkov, po končanem kaljenju pa zabeležili odstotek kaljivosti. Kaljenje je potekalo pri temperaturi 20 °C 96 ur in relativni vlagi 96-98 %.



Slika 3: Kaljenje v termostatisirani komori

Pribor:

- kovinski pladnji
- termostatisirana komora
- higrometer Testo 650

3.1.3 Sušenje vzorcev

Živila, ki vsebujejo visok odstotek vode, so nestabilna pri shranjevanju. Nakaljene vzorce oz. zeleni slad smo prenesli na petrijevke in jih posušili v sušilni omari. Vzorce ajdovega slada smo izotermno sušili pri temperaturi 50 °C in času 24 ur (sušenje a), 60 °C in času 22 ur (sušenje b), 80 °C in času 18 ur (sušenje c) in 105 °C ter času 8 ur (sušenje d). Zaradi lažje diskusije, smo vzorcem dodelili oznake.

Pribor:

- Sušilna omara Termoproc Sob 5250.135 PID
- Steklene petrijevke

Preglednica 2: Oznake vzorcev pri različnih pogojih kaljenja in sušenja

Oznaka	Sorta	Čas kaljenja (ur)	Temperatura kaljenja (°C)	Čas sušenja (ur)	Temperatura sušenja (°C)
D24a	DARJA	24	20	24	50
D48a		48			
D72a		72			
D96a		96			
P24a	PYRA	24		22	60
P48a		48			
P72a		72			
P96a		96			
D24b	DARJA	24		18	80
D48b		48			
D72b		72			
D96b		96			
P24b	PYRA	24		8	105
P48b		48			
P72b		72			
P96b		96			
D24c	DARJA	24			
D48c		48			
D72c		72			
D96c		96			
P24c	PYRA	24			
P48c		48			
P72c		72			
P96c		96			
D24d	DARJA	24			
D48d		48			
D72d		72			
D96d		96			
P24d	PYRA	24			
P48d		48			
P72d		72			
P96d		96			

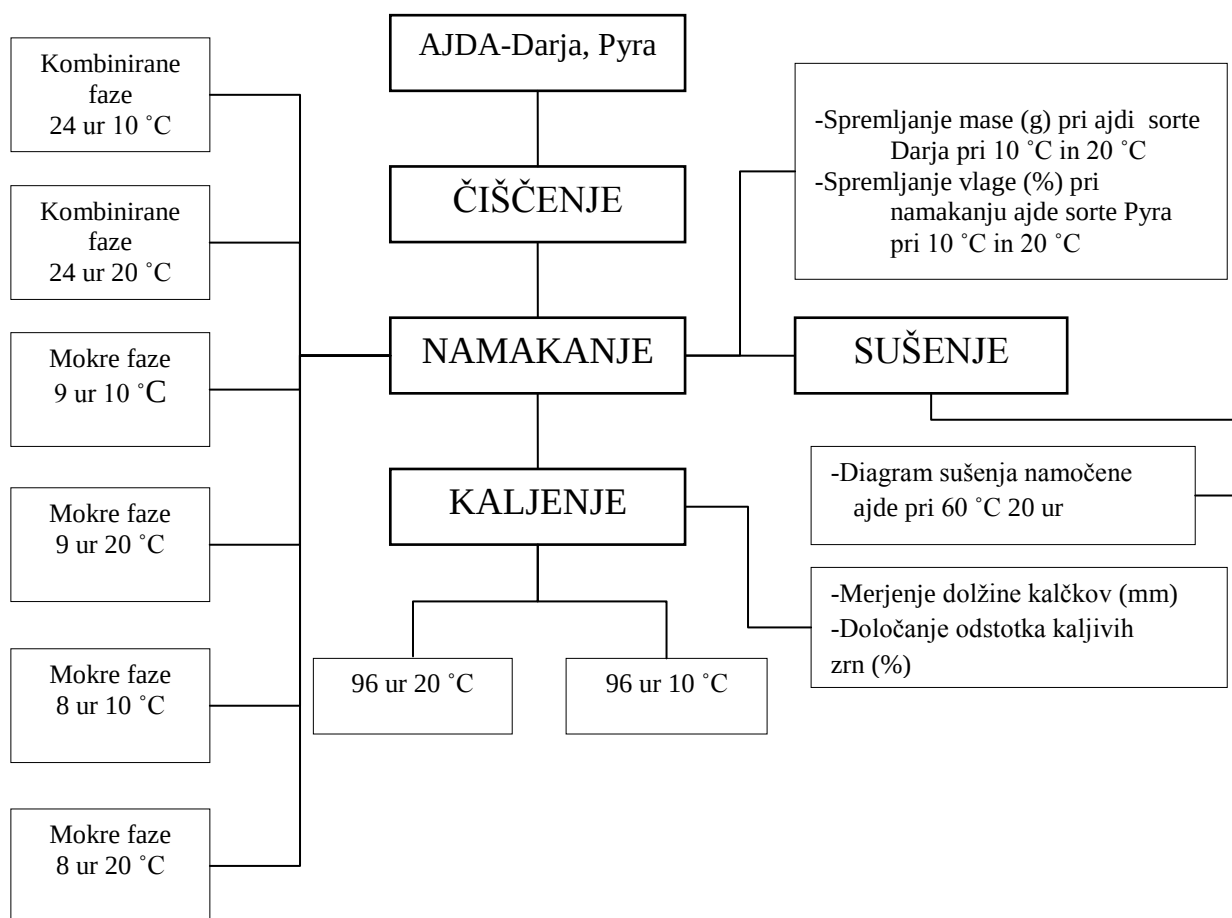
3.1.4 Predposkus

Po pregledu objav smo ugotovili, da na učinkovitost namakanja vpliva predvsem temperatura vode in način namakanja, zato smo se praktičnega dela lotili z nekaj predposkusi (Kreisz, 2009). Želeli smo ugotoviti, pri kateri temperaturi zrno med namakanjem bolj učinkovito vpija vodo. To smo ugotovili tako, da smo ajdo sorte Darja namakali pri 10 in 20 °C in spremljali prirast mase po vsaki uri namakanja. Za primerjavo vpijanja vode med sortama, smo izdelali diagrama namakanja za ajdo sorte Pyra pri 10 °C in 20 °C, kjer smo podatke o vsebnosti vode dobili s sušenjem vzorcev namočenih semen sorte Pyra, ki smo jih odvzeli po vsaki uri namakanja.

Klasično namakanje smo primerjali s kombiniranim namakanjem, pri katerem se izmenjujeta mokra in suha faza. Želeli smo izbrati tisto vrsto namakanja, pri katerem zrno dobi večjo vsebnost vode.

Izdelali smo tudi diagram sušenja, saj nas je zanimalo, koliko časa se bodo namočena semena sušila. Izbrali smo temperaturo 60 °C in čas 20 ur.

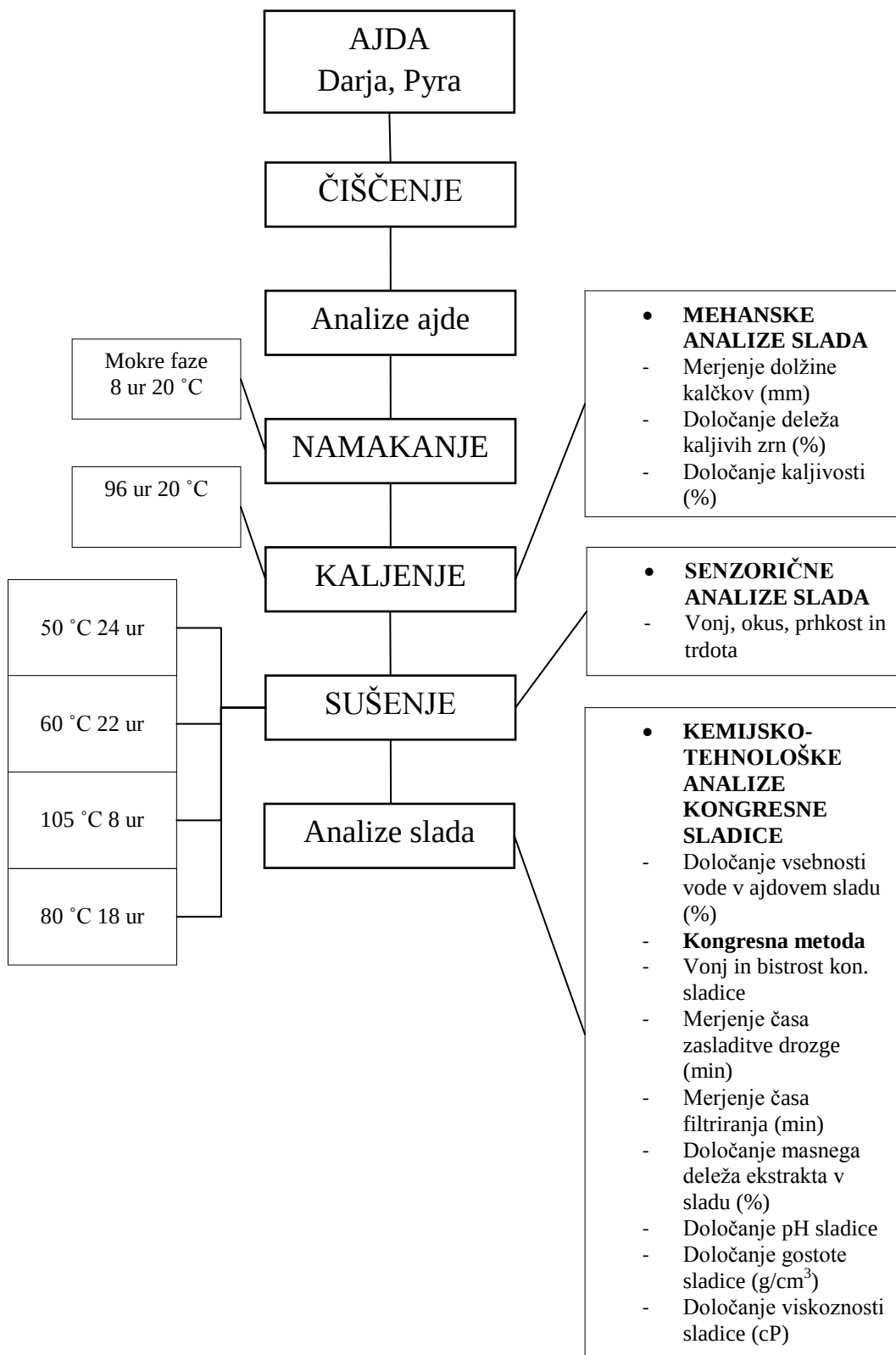
Predposkus smo nadaljevali s kaljenjem pri 10 in 20 °C, ki je potekalo 48 ur. Izbrali smo temperaturo 20 °C, saj je seme pri tej temperaturi intenzivneje in bolj enakomerno kalilo.



Slika 4: Shema predposkusa

3.1.5 Glavni poskus

V glavnem poskusu smo na podlagi parametrov, ki smo jih določili v predposkusu zasnovali celoten potek procesa priprave ajdovega slada. Shemo glavnega poskusa smo prikazali na sliki 5.



Slika 5: Shema glavnega poskusa

3.2 METODE DELA

Opravljali smo senzorične, mehanske in kemijsko- tehnološke analize ajdovega slada.

3.2.1 Senzorične analize

Za senzorično analizo smo izbrali kaljeni slad in kongresno sladico. Pri kaljenem sladu smo ocenjevali trdoto, vonj in okus, medtem ko smo kongresni sladici ocenjevali vonj in bistrost.

3.2.2 Mehanske analize

3.2.2.1 Določanje dolžine kalčka in odstotka kaljivosti

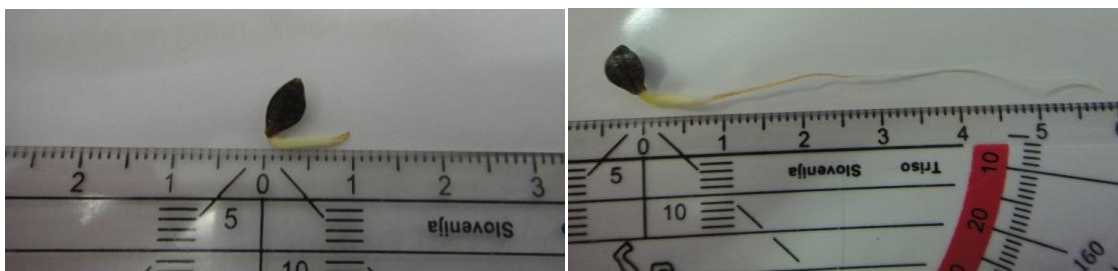
Dolžino kalčka in odstotek kaljivosti smo določali po metodi, ki so jo opisali Schuster in sodelavci (1990). Določanje odstotka vzkaljenih semen in merjenja dolžine kalčkov smo pričeli po 24 urah kaljenja. Vsak dan smo opravljali meritve naključno izbranih kalčkov. Izbrali smo 100 semen vsake sorte ajde, določili odstotek zrn, ki so že vzkalila in kaljenim semenom z ravnilom izmerili dolžino kalčkov. Po 96 urah smo določili odstotek kaljivosti.

Za vzkaljena semena smo šteli vsa semena, kjer smo uspeli opaziti počeno semensko ovojnico in preboj kalčka. Za nekaljena semena pa vsa semena, kjer preboja kalčka ni bilo opaziti.

Določili smo tudi enakomernost kaljenja, po metodi, ki se sicer uporablja za ječmenov slad. Dolžino kalčka smo primerjali z dolžino zrna in jih na podlagi primerjave razvrščali v skupine: 0-1/4, 1/4-1/2, 1/2-3/4, 3/4 - 1 in v skupino več kot 1.

Pribor:

- ravnilo



Slika 6: Merjenje dolžine kalčkov pri ajdi sorte Darja

3.2.3 Kemijsko-tehnološke analize

3.2.3.1 Določanje vsebnosti vode v ajdovem sladu

Določanje vsebnosti vode v ajdovem sladu smo povzeli po metodi, ki sta jo opisala Plestenjak in Golob (2003).

Princip:

Vsebnost vode v ajdovem sladu smo določili s sušenjem homogenega, zmletega vzorca v sušilniku do konstantne mase ter s tehtanjem vzorca pred in po sušenju.

Postopek:

Vsebnost vode smo ugotavljali z gravimetrično metodo. Za tehtanje smo uporabili analitsko tehtnico. V posušen in stehtan tehtič smo odtehtali približno 5 g vzorca, odčitati skupno maso vzorca in tehtiča. Vzorce smo prenesli v sušilnik in jih sušili pri temperaturi $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 3-4 ure oz. do konstantne mase. Po končanem sušenju smo pokrit tehtič ohladili v eksikatorju in ponovno stehtali. Maso vode, ki jo je vzorec oddal tekom sušenja, m_{vode} , smo določili iz razlik mas tehtiča z vzorcem pred in po sušenju. Po enačbi 1 smo izračunali masni delež vode, w_{vode} (%). Analizo smo naredili v treh paralelkah.

Račun:

$$w_{vode} = \frac{m_{vode}}{m_{vzorca}} \cdot 100\% \quad \dots (1)$$

w_{vode} masni delež vode (%)

m_{vode} masa vode (g)

m_{vzorca} masa vzorca (g)

Pribor:

- Analitska tehtnica AEA 220A
- Plastični tehtiči
- Sušilna omara Termoproc Sob 5250.135 PID

3.2.3.2 Določanje masnega deleža ekstrakta v ajdovem sladu po kongresni metodi

Masni delež ekstrakta v ajdovem sladu smo določali v skladu z metodo po Schuster in sodelavcih (1990), Breuer (1993), Plestenjak in Golob (2003) ter Evans (2010).

Princip:

S kongresno metodo pridobivamo kongresno sladico iz slada. Bistvo kongresne metode je določanje količine ekstrakta v kongresni sladici. Med kongresno metodo se vršijo pretvorbe snovi v sladu v topne oblike, katere so uporabne za vrsto analiz, ki definirajo kakovost slada. Pojem ekstrakt je pivovarski izraz za topno suho snov, ki jo s procesom drozganja pridobimo iz slada. V nalogi uporabljamo izraz ekstrakt.

Količina ekstrakta je glavni kriterij za določanje kvalitete slada. Masni delež ekstrakta v kongresni sladici smo določali refraktometrično.

Postopek:

V stehtano medeninasto čašo iz drozgalne kopeli, smo natehtali 50 g fino zmletega slada in dodali 200 mL vode, temperature 45 °C. Čašo smo prenesli v vodno kopel (slika 5), ogreto na 45 °C in drozgo mešali s 100 obrati na minuto. Po 30 minutah se je drozga začela segrevati (1 °C/min) in po 25 minutah dosegla 70 °C. Ko je drozga dosegla 70 °C, smo dodali 100 mL destilirane vode, segrete na 70 °C. Po 1 uri pri 70 °C, ko se je izvršilo zaslaževanje drozge, smo jo ohladili na 20 °C.

Vsebnost topne suhe snovi oz. ekstrakta smo v homogeniziranih vzorcih kongresne sladice določili z digitalnim refraktometrom proizvajalca TOLEDO. Refraktometer smo umerili z destilirano vodo na 0,00 % ekstrakta. Topno suho snov smo izmerili tako, da smo kongresno sladico nanесли s kapalko na prizmo refraktometra in pazili, da pri tem ni bilo nobenih mehurčkov. Na refraktometru smo odčitali vsebnost ekstrakta v enotah Brix in ga preračunali na zračno suh slad in sušino (Enačba 2 in 3).

Pribor:

- Kongresna aparatura Glasbläserei
- digitalni refraktometer TOLEDO
- plastična kapalka



Slika 7: Kongresna aparatura Glasbläserei

Račun:

$$E = \frac{e (800 + w)}{100 - e} \quad \dots (2)$$

$$E_{ss} = \frac{100 \cdot E}{100 - w} \quad \dots (3)$$

e ekstrakt oz. suha snov v kongresni sladici (°Bx)

w masni delež vode v sladu (%)

E masni delež ekstrakta, izračunano na zračno suh slad (%)

E_{ss} masni delež ekstrakta, izračunan na sušino (%)

3.2.3.3 Merjenje časa zasladitve drozge

Čas zasladitve drozge smo merili po metodi, ki so jo opisali Schuster in sodelavci (1990).

Princip:

Čas zasladitve smo določali z jedno reakcijo, ki omogoča potrditev prisotnosti škroba v vzorcu z intenzivnim modrim obarvanjem raztopine.

Postopek:

Po 10 min zaslajevanja pri 70 °C v aparaturi za kongresno metodo, smo prenesli prvo kapljico drozge na porcelanasto ploščico in jo pomešali z 1-2 kapljicama jodovice. Modra, vijoličasta ali rdečkasta barva jodne reakcije, je bila znak, da drozga še ni zaslanjena. Postopek smo ponavljali 60 minut, dokler reakcija ni bila negativna. Čas zasladitve smo podajali v minutah.

Pribor:

- Porcelanasta ploščica
- Plastična kapalka
- Digitalna štoparica

Reagenti:

- raztopina jodovice

3.2.3.4 Merjenje časa filtriranja kongresne sladice

Čas filtriranja kongresne sladice smo merili po metodi, ki so jo opisali Schuster in sodelavci (1990).

Princip:

Čas filtriranja kongresne sladice smo določali z merjenjem časa cejenja kongresne sladice skozi filter papir.

Postopek:

Po kongresni metodi čašo z drozgo napolnimo z destilirano vodo do 450 g. Dobro premešamo, vlijemo v lij s filter papirjem in filtriramo. Čas filtriranja začnemo meriti takrat, ko vrnemo prvih 100 mL filtrata nazaj v lij. Dobro razgrajen slad se je filtriral hitro. Filtracijo, ki se je končala prej kot v eni uri smo označili kot normalno, tisto, ki je trajala dlje kot eno uro pa za počasno.

Pribor:

- filter papir
- steklen lij
- čaša
- digitalna štoparica



Slika 8: Filtriranje kongresne sladice

3.2.3.5 Merjenje pH kongresne sladice

pH kongresne sladice smo merili v skladu z metodo po Košmerl in Kač (2007).

Princip:

pH kongresne sladice smo merili s pH metrom, s katerim merimo napetost steklene elektrode, ki je odvisna od aktivnosti vodikovih ionov in pH.

Postopek:

Za merjenje pH smo uporabili pH meter znamke Mettler Toledo DL50 Graphix s kombinirano stekleno elektodo Mettler Toledo DG 114-SG s skalo v pH enotah. Instrument smo umerili s pufrom pH 4,00 in pH 7,00. Vsaki kongresni sladici smo izmerili pH v treh ponovitvah.

Pribor:

- pH meter Mettler Toledo DL50 Graphix
- kombinirana steklena elektoda Mettler Toledo DG 114-SG
- steklena čaša

3.2.3.6 Merjenje gostote kongresne sladice

Gostoto kongresne sladice smo merili z metodo, ki so jo opisali Šegatin in sodelavci (2010).

Princip:

Gostoto kongresnih sladici pri 20 °C smo izmerili z digitalnim denzimetrom. Denzimeter meri nihajni čas prazne kapilare in nihajni čas kapilare, napolnjene s preiskovano raztopino ter nihajni čas preračuna v gostoto raztopine.

Postopek:

Raztopino smo v kapilaro denzimeta prenesli z brizgo in odprtino zamašili z plastičnim zamaškom. Denzimeter smo umerili z destilirano vodo. Pred začetkom merjenja smo termostatirali vzorec vsaj 10 minut, da se je vzpostavilo temperaturno ravnovesje med termostatirano tekočino in merjenim vzorcem v komori. Vzorcem smo gostoto izmerili trikrat in setu meritev izračunali povprečje. Meritve gostote smo potrebovali za izračune viskoznosti.

Pribor:

- denzimeter Mettler Toledo DE45 Density Meter
- plastične brizge

3.2.3.7 Določanje viskoznosti kongresne sladice

Viskoznost kongresne sladice smo določali po metodi, ki sta jo opisala Rudan-Tasič in Klofutar (2007).

Princip:

Viskoznost kongresne sladice smo določili z merjenjem časa pretoka določenega volumna kongresne sladice skozi kapilaro viskozimetra. Uporabili smo viskozimeter po *Ubbelodiju*.

Postopek:

Za določanje viskoznosti kongresne sladice smo uporabili *Ubbelodijev* kapilarni viskozimeter, ki smo ga predhodno umerili z destilirano vodo, ter termostatsko kopel za vzdrževanje temperature vode in vzorca pri 20 °C. Vzorec smo v kapilaro prenesli z plastično brizgo, za dvig tekočine pa uporabili ročno zračno črpalko. Pretočni čas smo merili z digitalno štoparico v šestih ponovitvah.

Viskoznost smo izračunali s pomočjo izmerjene gostote in pretočnega časa kongresne sladice ter gostote, pretočnega časa in viskoznosti vode pri 20 °C (Enačba 4).

Pribor:

- kapilarni viskozimeter z visečim nivojem SCHOTT, tip 501 13 s serijsko številko 1062 596
- termostatska kopel SCHOTT CT52
- termostat SCHOTT CK300
- ročna zračna črpalka
- plastične brizge
- digitalna štoparica

Računi:

Viskoznost kongresne sladice:

$$\eta_{sladice} = \eta_0 \frac{\rho_{sladice} \cdot t_{sladice}}{\rho_0 \cdot t_0} \quad \dots (4)$$

η_0 viskoznost vode pri 20 °C (1,0019 cP)

ρ_0 gostota vode pri 20 °C (0,998203 g/cm³)

t_0 pretočni čas vode pri 20 °C (s)

$\rho_{sladice}$ gostota kongresne sladice pri 20 °C (g/cm³)

$t_{sladice}$ pretočni čas kongresne sladice pri 20 °C (s)



Slika 9: Merjenje viskoznosti

3.3 STATISTIČNA ANALIZA

V poskusu zbrane podatke smo pripravili in uredili s programom Excel XP. Izračunali smo srednje vrednosti in standardne deviacije.

4 REZULTATI Z RAZPRAVO

V eksperimentalnem delu magistrske naloge smo praktično delo razdelili na dva dela. V prvem sklopu praktičnega dela smo z različnimi pogoji namakanja, kaljenja in sušenja želeli določiti optimalne pogoje priprave ajdovega slada. V drugem sklopu smo z osnovnimi analizami ovrednotili različne postopke zaslaževanja ajde. Na enak način sem razdelila tudi poglavje o rezultatih. Cilj magistrskega dela je bil s spreminjanjem fizikalnih parametrov optimizirati proces zaslaževanja ajde oz. proizvodnje slada iz ajde različnih sort ter spremljanje nekaterih lastnosti slada med celotnim procesom priprave slada.

4.1 PREDPOSKUS

4.1.1 Namakanje

V predposkusu smo izbrali dve različni temperaturi namakanja, ter skušali primerjati dva različna načina namakanja; mokro in kombinirano namakanje.

Prva faza našega praktičnega dela - predposkusa je zajemala izbiro optimalne temperature za čim hitrejšo vpijanja vode zrn ajde. Na podlagi pregleda objav smo izbrali temperaturi 10 °C in 20 °C, saj tudi raziskovalci za optimalne temperature vode navajajo od 10 °C do 15 °C, nekoliko manj pa temperature vode od 22 °C do 25 °C (Gačša, 1979; Evans in sod., 1997; Kreisz, 2009). Vsako uro smo semena osušili z uporabo papirnatih brisač. S semen smo poskušali čim bolj odstraniti površinsko vodo ter omogočiti dostop kisika. Osušena semena smo nato stehali in tako določili intenziteto vpijanja vode. Rezultati za vrednotenje intenzitete vpijanja vode za ajdo sorte Darja so v preglednici 3.

Preglednica 3: Spreminjanje mase ajde sorte Darja med namakanjem pri dveh različnih temperaturah

Čas namakanja (h)	Masa ajde (g)	
	T ₁ (10 °C)	T ₂ (20 °C)
0	500	500
1	656	680
2	686	702
3	711	722
4	723	739
5	756	769
6	763	775
7	776	785
8	780	786
9	785	791

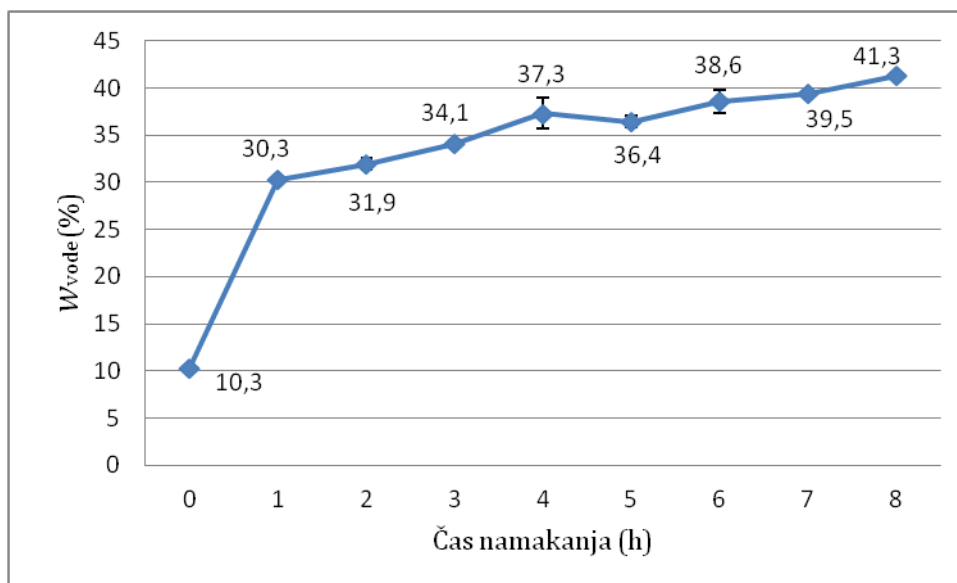
Preglednica 3 prikazuje drastičen dvig mase po prvi uri namakanja. Pri daljšem času namakanja so razlike v nadaljnji absorpciji vode v vzorcih majhne. Iz rezultatov je razvidno, da je v prvi in drugi uri največja razlika v masi.

Iz rezultatov lahko sklepamo, da temperatura namakanja bistveno ne vpliva na vpijanje vode. Vpijanje vode v seme pri temperaturi 10 °C je bilo nekoliko počasnejše, vendar je razlika na koncu namakanja zelo majhna. Poskus namakanja je potekal 9 ur. Za nadaljnje poskuse smo se odločili, da bomo namakali ajdo 8 ur, saj smo iz rezultatov v preglednici 3 ugotovili, da je med osmo in deveto uro masa vzorcev narasla zanemarljivo malo, po drugi stani je vsebnost vode v ajdi dosegla vrednosti preko 42 %, kar je dovolj za normalno kaljenje že po 8 urah.

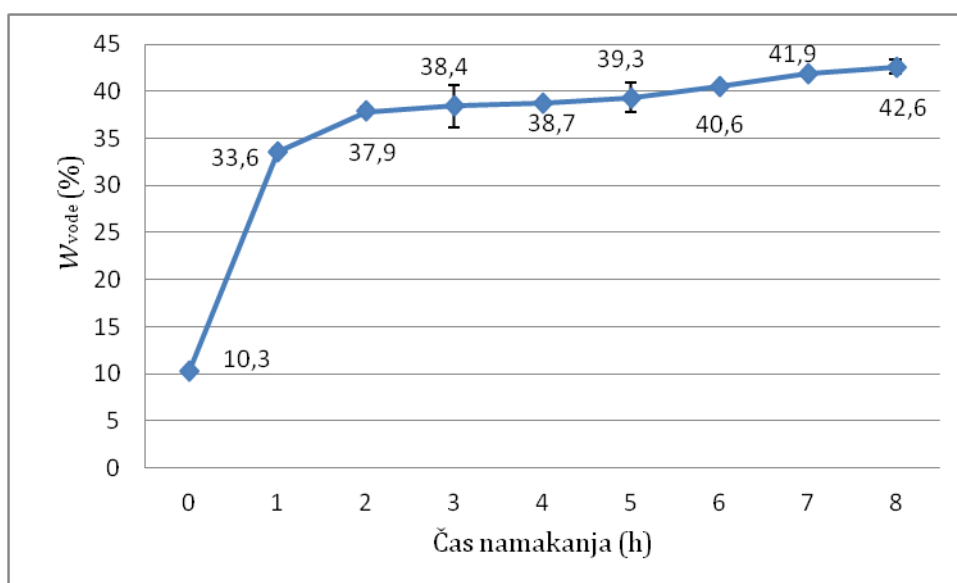
Eksperiment smo nadaljevali s kombiniranim načinom namakanja, ki je sestavljen iz suhe in mokre faze namakanja pri temperaturi 10 °C in 20 °C. Za poskus smo uporabili 1 kg ajde sorte Darja in jo namakali 2 dni: 4 ure smo ajdo namakali v plastični posodi z vodo-potekala je tako imenovana mokra faza namakanja. Temperaturo smo tekom postopka pri mokrih fazah namakanja nadzorovali z vbojnim termometrom. Ajdo smo čez noč pustili na pladnjih z mokro podlago v termostatisirani komori 16 ur- potekala je suha faza namakanja. Naslednji dan smo ajdo zopet namakali 4 ure v plastični posodi z vodo. Pred in po mokri fazi namakanja smo zrna osušili in jih stehali. Osnovni namen daljših suhih faz je vstopanje kisika v zrno in izstopanje ogljikovega dioksida iz zrna (Kreisz, 2009). Kljub vlagi v komori, ki je dosegala 97 %, se je masa zrn med suho fazo nekoliko znižala, kar je v nasprotju z Kreiszom (2009) ki trdi, da naj bi vmesna suha faza namakanja prispevala celo 4 % vsebnost vode semenu. Zaradi nihanja mase in sušenja semen med suho fazo, smo kombinirani način namakanja opustili.

Predposkus smo nadaljevali z namakanjem ajde sorte Pyra pri temperaturi 10 °C in 20 °C in času 8 ur, kjer smo vsebnost vode v namočeni ajdi določali s sušenjem. Tudi podatki pri natančnem določanju deleža vode so pri diagramu namakanja (slika 10 in 11) potrdili podoben potek vpijanja vode kot pri poskusu s tehtanjem (preglednica 3). Sliki 10 in 11 prikazujeta, da je v prvi uri vpijanje vode intenzivnejše, potem se upočasni in počasi narašča proti osmi uri. Prirast vsebnosti vode v semenu je v prvi uri pri namakanju pri 20 °C 23 %, kar je 3 % več kot pri namakanju pri 10 °C. V naslednjih urah namakanja je potek vpijanja vode pri obeh temperaturah podoben. Vsebnost vode je naraščala za 1 % do 2 %. Površinsko vodo smo odstranjevali s pivnanjem s papirjem, medtem ko so v poskusu Wijngaard in sod. (2005b) uporabljali centrifuge. Končna vsebnost vode, ki jo ajda doseže v 8 urah je $(41,3 \pm 0,3) \%$ pri 10 °C in $(42,6 \pm 0,8) \%$ pri 20 °C, medtem ko so Wijngaard in sod. (2005b) pri 10 °C pri namakanju potrebovali za vsebnost vode v ajdi 40 % 13 ur namakanja in za 45 % kar 80 ur. Razlike v vsebnosti vode lahko pripišemo drugi sorti ajde. Ker ni bilo večjega pridobivanja vsebnosti vode, smo se odločili za 8 urno namakanje.

Z natančnejšim poskusom sta diagrama pokazala, da pri 20 °C dosežemo višjo vsebnost vode, zato smo enako temperaturo uporabljali pri poteku glavnega poskusa.



Slika 10: Diagram namakanja ajde sorte Pyra pri temperaturi 10 °C



Slika 11: Diagram namakanja ajde sorte Pyra pri temperaturi 20 °C

V ponovitvi predposkusa, kjer smo ponovno določali vsebnost vode s sušenjem po 8 urnem namakanju pri 20 °C pri obeh sortah ajde, smo pri ajdi sorte Darja dosegli ($44,0 \pm 0,5$) % vode v zrnu in pri ajdi sorte Pyra ($43,1 \pm 0,7$) %. Podobno vsebnost vode v semenih ajde so dosegli tudi Sebestyén in sod. (2013) pri temperaturi namakanja 22 °C. Sklepamo, da je do manjših razlik med sortama prišlo zaradi raznolikosti sort ajde. Vsebnost vode v semenu je pomembna, saj za aktivno in enakomerno kaljenje zrno ječmena potrebuje 38 % vode, za želeno razgradnjo endosperma pa od 44 % do 48 % (Schuster in sod., 1990; Kreisz, 2009). Cilj poskusov namakanja je bil doseči najvišjo vsebnost vode v semenu ajde, čeprav

Wijngaard in sod. (2005b) v članku ugotavljajo, da naj bi bila ustrezna vsebnost vode v ajdi za dober slad že od 35 % do 40 %. Poleg tega trdijo, da primerjava ajde z ječmenom glede vsebnosti vode ni smiselna, saj ječmen potrebuje kar od 43 % do 46 % vsebnosti vode za uspešno pretvorbo snovi med slajenjem (Wijngaard in sod., 2005b).

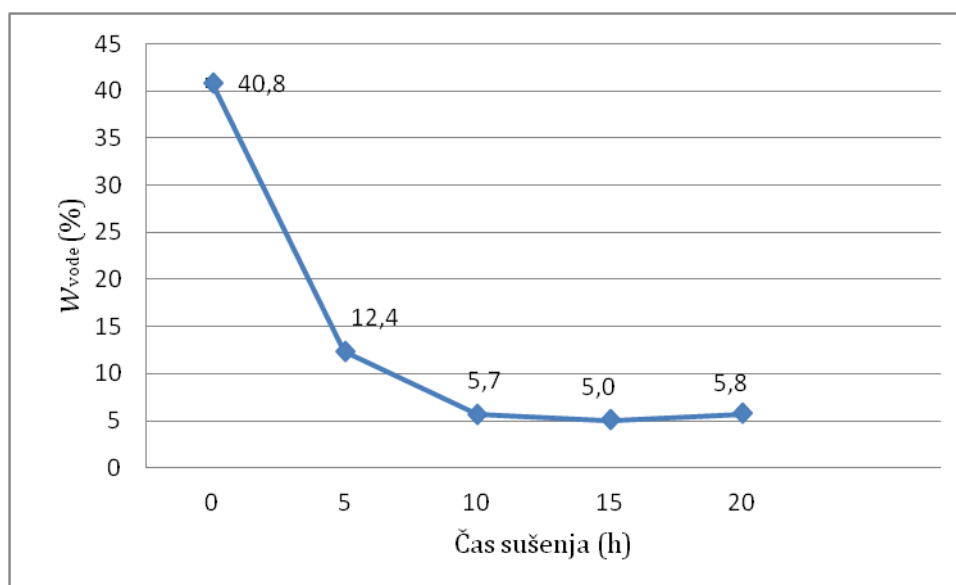
Količina vode v zrnju je odvisna tudi od velikosti semen (Schuster in sod., 1990; Štefanič in Marič, 1990; Wackerbauer in Zuffall, 1997). Wijngaard in sod. (2005) poročajo, da se v manjših semenih hitreje povečuje vsebnost vode. To razlagajo z raziskavo v kateri se je v 80 urah povečala vsebnost vode v ajdi na 45 %, medtem ko je ječmen za enako količino potreboval 120 ur. Ker so zrna ajde sorta Darja manjša od Pyrinih sklepamo, da je tudi tukaj glavni razlog za razlikovanje v vsebnosti vode med sortama, saj je ajda Darja vpila več vode kot ajda Pyra.

4.1.2 Diagram sušenja namočene ajde

V predposkusu nas je zanimalo tudi, koliko časa se bodo namočena semena sušila. Za diagram sušenja smo uporabili ajdo sorte Darja. Namakanje Darje je potekalo 8 ur pri temperaturi 20 °C. Izdelava diagrama sušenja je potekala tako, da smo po namakanju vzeli prvi vzorec in mu določili vsebnost vode. Preostala namočena semena smo postopno sušili pri izotermnem sušenju pri temperaturi 60 °C do sprejemljive vsebnosti vode. Vsebnost vode smo določali v treh ponovitvah pri vseh časovnih intervalih.

Slika 12 prikazuje odvisnost vsebnosti vode v vzorcih od časa sušenja. Največje znižanje vsebnosti vode je po prvih 5 urah sušenja. Po 10, 15 in 20 urah sušenja se vsebnost vode v vzorcih znižuje počasi. Primerjava rezultatov z raziskavo Phiarais in sod. (2005) je pokazala, da je končna vsebnost vode v vzorcih podobna, čeprav so uporabili nižjo temperaturo sušenja (40 °C) in daljši čas (48 ur). Raziskovalci Phiarais in sod. (2005) prikazujejo diagram, v katerem se je v prvih 6 urah sušenja vsebnost vode znižala za 24 % (iz 43,1 % na 19,2 %), medtem, ko se je v našem poskusu za 28 %. Po končanem sušenju smo določili podobno vsebnost vode (5,0 %), kot raziskovalci Phiarais in sod. (2005) pri drugačnih pogojih sušenja.

Pomembno je poudariti, da različni avtorji govorijo o različnih temperaturah sušenja, ki pomembno vplivajo na encimsko aktivnost v končnem proizvodu. Tako Schuster in sod. (1990) ter Willaert (2007) govorijo o večstopenjskem, gradientnem sušenju, pri katerem se sušenje začne pod temperaturo 70 °C in konča pri temperaturi od 80-85 °C. V izogib prevelikega števila spremenljivk, ki bi se pojavile pri gradientnem, večfaznem sušenju, smo se odločili za izotermno sušenje pri 60 °C. Wijngaard in sod. (2005b) tudi dodajajo, da ječmen z daljšimi zrni vpija vodo počasneje kot ajda, zato vsebnost vode s časom namakanja narašča počasneje. V fazi sušenja pa ječmen hitreje izgublja vodo, zaradi večje količine proste vode pri nabrekli ječmenu kot pri nabrekli ajdi zato se vsebnost vode s časom sušenja znižuje hitreje v primerjavi z ajdo.



Slika 12: Diagram sušenja ajde sorte Darja pri temperaturi 60 °C in času 20 ur

4.1.3 Kaljenje

Predposkus smo nadaljevali s poskusnim kaljenjem pri dveh različnih temperaturah. Ajdo sorte Darja smo kalili pri temperaturi 10 °C in 20 °C. Pri izbiri temperature za nadaljevanje poskusov smo se osredotočili predvsem na delež vzkaljenih zrn in dolžino kalčka. V termostatisirani komori smo z higrometrom 97 % relativno vlažnost vzdrževali s škropljenjem. Kaljenje smo spremljali 3 dni. Vsakih 16 ur smo zrna premešali in s tem izenačili pogoje kaljenja, merili dolžino kalčkov in ugotavljali, kakšen je delež vzkaljenih zrn.

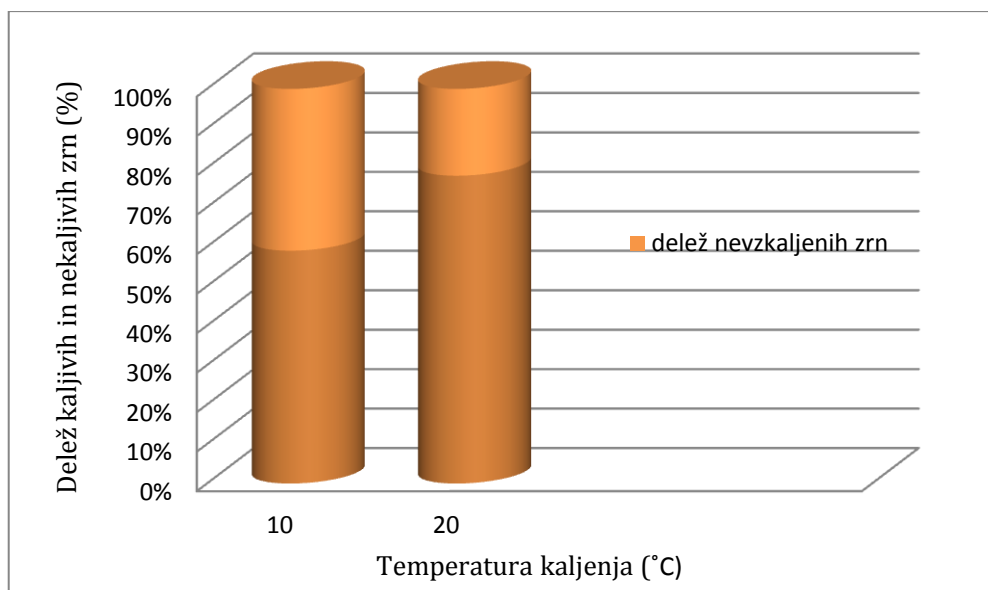
Preglednica 4: Povprečne dolžine kalčkov ajde sorte Darja pri dveh različnih temperaturah in v različnih časovnih presledkih

Čas kaljenja (h)	Povprečna dolžina kalčkov (mm)	
	T ₁ (10 °C)	T ₂ (20 °C)
16	1	3
32	3	13
48	7	18

Preglednica 4 prikazuje povprečno dolžino kalčka vzkaljenih semen pri temperaturi 10 °C in 20 °C. Opazimo lahko, da temperatura bistveno vpliva na dolžino kalčka ajde. Pri temperaturi 10 °C kalček raste počasneje. Sklepamo lahko, da je temperatura 20 °C primernejša za rast kalčka, saj kalček pri tej temperaturi raste hitreje in intenzivneje.

Na sliki 13 smo predstavili delež vzkaljenih zrn ajde sorte Darja pri temperaturi 10 °C in 20 °C. Delež vzkaljenih zrn je po 48 urah pri temperaturi 20 °C višji kot pri nižji temperaturi. Cilj poskusa je bil izbira temperature, pri kateri vzkali večji delež zrn in pri

kateri je tudi večja intenzivnost kaljenja, ki jo določimo z večjo dolžino kalčka. Za nadaljevanje praktičnega dela smo zato uporabili temperaturo 20 °C.



Slika 13: Spremljanje deleža vzkaljenih in nevzkaljenih zrn pri temperaturi kaljenja 10 in 20 °C pri ajdi sorte Darja po 48 urah

4.2 GLAVNI POSKUS

Cilj predposkusa je bil definirati glavni poskus. Pri glavnem poskusu smo slad pridobili z namakanjem pri 20 °C in času 8 ur ter s kaljenjem pri 20 °C in času 96 ur. Slad smo izotermno posušili pri štirih različnih temperaturah sušenja.

Predvideli smo senzorične analize slada in kongresne sladice. Pri mehanskih analizah smo se osredotočili na rast kalčka, odstotek kaljivih zrn ter kaljivost ajde. Kemijsko-tehnološke analize so vključevale določanje vsebnosti vode v sušenih vzorcih ajde ter nadaljevali s kongresno metodo, ki je bila osnova za ostale analize slada.

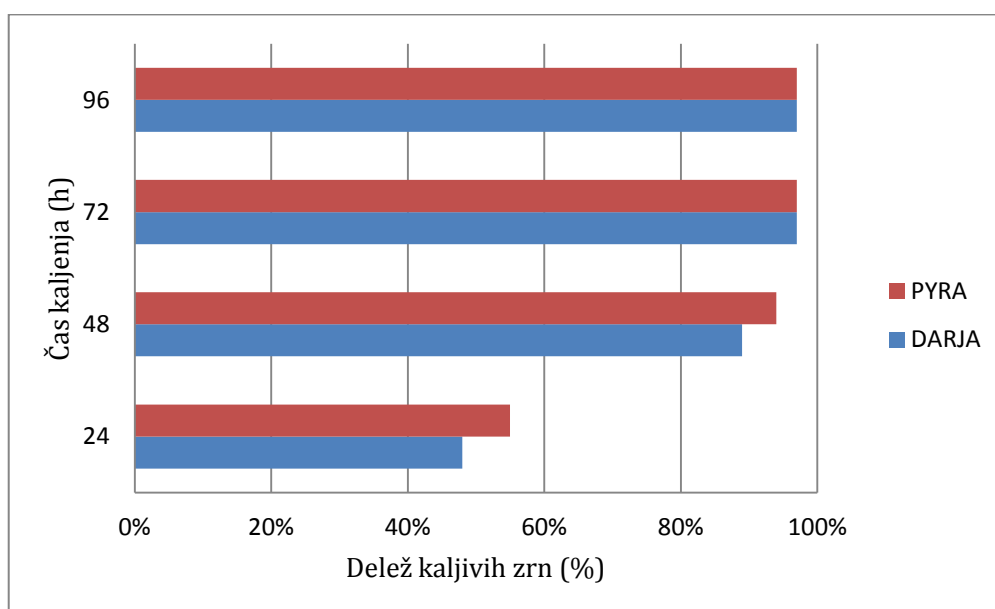
4.2.1 Senzorične analize slada

Barva slada je bila med kaljenjem enotno rjava, po sušenju pa svetlejša rjava. Slad je imel prijetno zaznaven vonj. Vonj in okus slada smo spremljali tudi med kaljenjem, vendar dobimo značilne senzorične lastnosti šele na koncu procesa priprave slada, saj na senzorične lastnosti vpliva tudi sušenje. Spreminjanje intenzitete vonja slada smo opazili že tekom kaljenja, poleg tega pa tudi raziskovalci navajajo, da vonj najboljše lahko ocenimo tekom kaljenja (Gačša, 1979; Schuster in sod., 1990). Po 24 urah kaljenja je bil slad neintenzivnega vonja, po 96 urah pa intenzivnega, značilnega in čistega vonja. Okus slada je bil po sušenju tipičen in sladkast. Po končanem kaljenju je bil ajdov slad prhek in drobljiv.

4.2.2 Mehanske analize slada

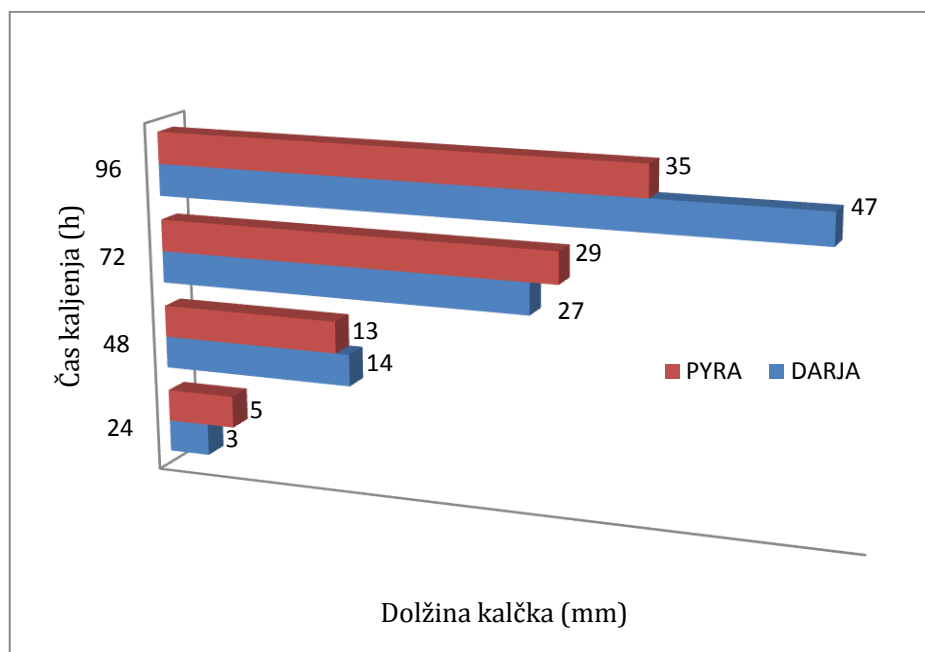
4.2.2.1 Rast kalčka, odstotek vzkaljenih zrn in kaljivost ajde

Rast kalčka, odstotek vzkaljenih zrn in kaljivost so nekatere od mnogih analiz, ki kažejo na homogenost kaljenja. Ostalih analiz zaradi premajhne količine vzorca nismo mogli opraviti. Parametre smo spremljali pri izbrani temperaturi 20 °C po 24, 48, 72 in 96 urah kaljenja. Vzorce obeh sort ajde smo kalili v termostatisirani komori pri vlagi 97 %. Razlike pri kaljenju med ajdo in ječmenom Phiarais in sod. (2005) razlagajo s tem, da je rast kalčka odvisna od števila kličnih listov, saj imajo dvokaličnice od enokaličnic drugačno mesto shranjevanja rezervnih snovi, kar pa vodi do razlik v zaslajevanju. Poleg tega Wijngaard in sod. (2005b) navajajo, da se dolžina kalčka povečuje s količino absorbirane vode v semenu tekom namakanja.



Slika 14: Spremljanje odstotka vzkaljenih zrn ajde v času kaljenja

Iz slike 14 lahko razberemo, da je delež vzkaljenih zrn ajde sorte Pyra v 24 in 48 urah nekoliko večji od ajde sorte Darja. V 24 urah je pri ajdi sorta Pyra delež kalčkov, ki so že skalili večji za 7 %, v 48 urah pa je ta delež le še 5 % večji od ajde sorta Darja. Morda to vseeno kaže na nečisto izenačeno kakovost slada, saj pomeni manjši delež vzkaljenih zrn tudi manjšo razgrajenost slada. V času 72 in 96 ur se delež kaljivih zrn izenači, kar pomeni, da je kaljivost pri obeh sortah ajde zelo visoka. Obe sorti ajde sta po 96 urah imeli 97 % kaljivost, kar kaže na dobro in enakomerno kaljivost. V primerjavi z raziskavo Wijngaard in sod. (2005b) ugotovimo, da se slika učinkovitosti kaljenja uskladi po 48 urah. Pri krajšem času kaljenja smo opazili razlike v odstotku vzkaljenih zrn, ki jih lahko pripišemo biološki raznolikosti sort ajde.



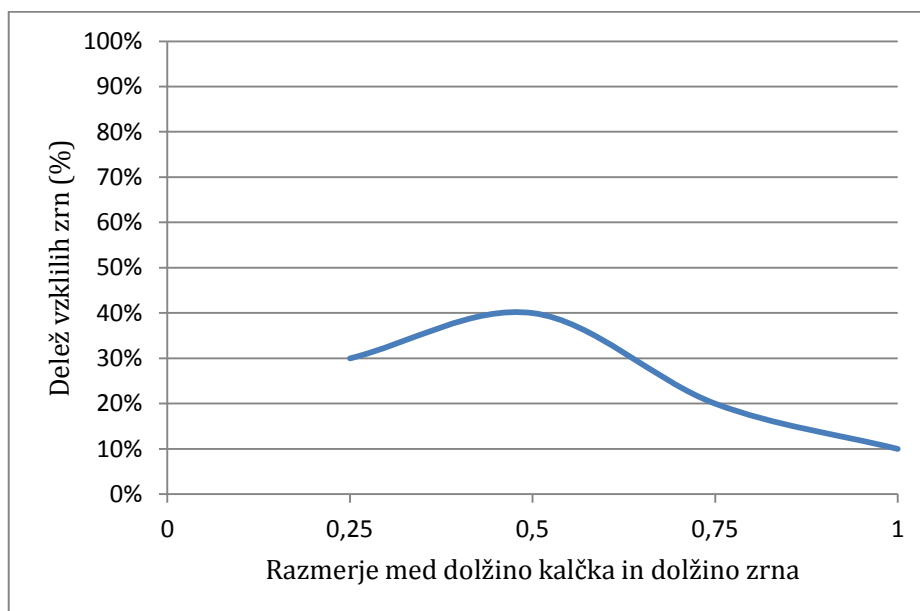
Slika 15: Spremljanje povprečne dolžine kalčka ajde v času kaljenja

Slika 15 prikazuje rast kalčkov semen ajde v odvisnosti od časa pri 20 °C. Dolžino kalčkov smo prvič izmerili po 24 urah kaljenja in nato zopet po 48, 72 in 96 urah kaljenja. Primerjava naših rezultatov z rezultati raziskave Wijngaard in sod. (2005b) je pokazala zelo majhna odstopanja. Po 72 urah kaljenja je bila dolžina kalčka od 27-29 mm, medtem ko raziskava Wijngaard in sod. (2005b) po 80 urah kaljenja navaja dolžino kalčka 29 mm. Dolžina kalčkov se s časom zaslajevanja povečuje, tako da smo v 96 urah določili najdaljše kalčke, pri ajdi sorte Darja 47 mm in 35 mm pri ajdi sorte Pyra (Wijngaard in sod., 2005b).

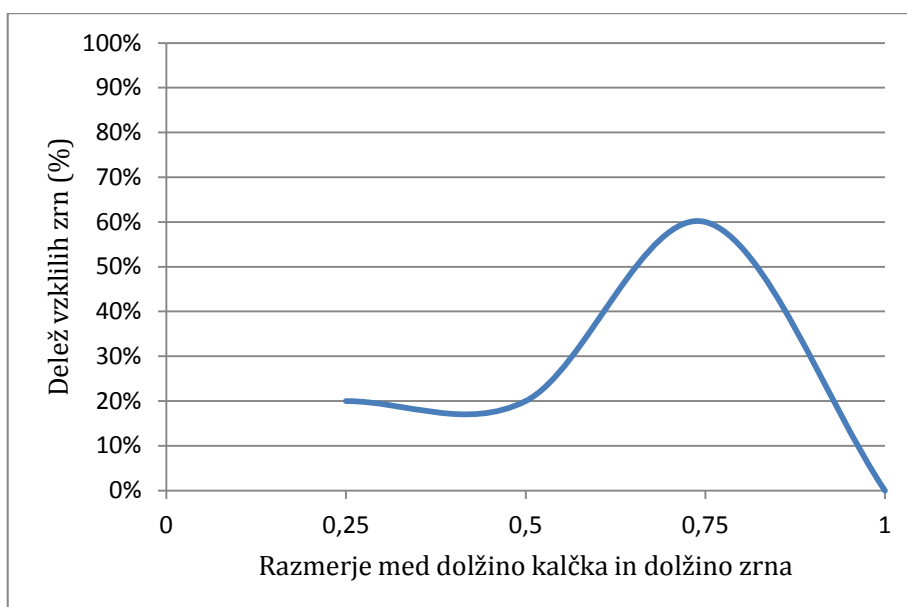
S časom namakanja ter povečano vsebnostjo vode v zrnju se zaslajevalne izgube povečajo. V sladu ječmena so zaslajevalne izgube med 6,5 % in 10,5 %, medtem ko je imela nabrekli ajda s 45 % vsebnostjo vode v zrnju 10,7 % zaslajevalno izgubo in nabrekli ajda s 35 % vsebnostjo vode v zrnju 7,4 % izgubo (Wijngaard in sod., 2005b). Poleg časa namakanja na izgube pri zaslajevanju vpliva tudi velikost kalčka (Wijngaard in sod., 2005a). Iz interpretacije raziskovalcev lahko sklepamo, da ima ajdov slad pri 96 urnem kaljenju največjo zaslajevalno izgubo.

Tudi iz tega, kako enakomerno kali seme, lahko do neke mere sklepamo, kolikšna je razgrajenost slada (Schuster in sod., 1990). Schuster in sod. (1990) menijo, da je najprimernejša dolžina kalčka svetlega ječmenovega slada okoli 75 % dolžine zrna. Primerjava dolžine kalčka z dolžino zrna je pri ajdi pokazala, da so razmerja med dolžino kalčka in semena pri ječmenovem sladu drugačna kot pri ajdi, zato prenos interpretacije razmerja dolžin kalčka in semena z ječmena na ajdo, ni mogoč. Kalček pri ajdi doseže nekajkratno dolžino zrna, medtem ko ječmenov kalček le dolžino celotnega zrna.

Dolžine kalčka so bile pri ajdi sorte Darja in Pyra nekoliko različne pri enakih pogojih kaljenja. Primerjava dolžin kalčkov pri obeh sortah po 24 urah je pokazala, da kaljenje ajde ni enakomerno. Po 24 urah je ajda sorte Pyra kalila nekoliko enakomernejše od ajde sorta Darja in je imela tudi večji delež vzklilih semen (sliki 16 in 17).



Slika 16: Primerjava razmerja med dolžino kalčka in dolžino zrna pri ajdi sorte Darja po 24 urah kaljenja



Slika 17: Primerjava razmerja med dolžino kalčka in dolžino zrna pri ajdi sorte Pyra po 24 urah kaljenja

4.2.3 Kemijsko tehnološke analize slada

4.2.3.1 Določanje vsebnosti vode v sušenih vzorcih ajde

Po zaključeni fazi priprave slada smo zeleni slad posušili. Vsi vzorci, ki smo jih sušili z različnimi temperaturami so bili predhodno pripravljeni enako. Namakali smo jih pri 20 °C 8 ur in kalili pri 20 °C 96 ur. Vzorce smo sušili pri temperaturah 50 °C 24 ur, 60 °C 22 ur, 80 °C 18 ur in 105 °C 8 ur. Temperature 50, 60 in 80 °C so po pregledu literature tiste, ki so najbolj optimalne za sušenje slada. Pri 105 °C sladarni sušijo temen slad z namenom, da bi pridobili karamelno aromo.

S sušenjem se prekinejo procesi pretvorbe ter zniža vsebnost vode do te mere, da slad postane stabilen za kasnejše varno shranjevanje (Kreis, 2009). Vzorce smo sušili pri vseh fazah kaljenja z isto temperaturo zaradi vpliva sušenja na kongresno metodo.

Optimalna vsebnost vode je v ječmenovem sladu od 3 % do 6 % (Schuster in sod., 1990; Štefanič in Marič, 1990; Wackerbauer in Zuffall, 1997). Podobno vsebnost vode smo določili pri poskusih sušenja ajdovega slada (preglednica 5). Natančno določanje vsebnosti vode sušenemu ajdovemu sladu smo uporabili za kasnejše izračune deleža ekstrakta v sladu, ki je eden najpomembnejših kemijsko-tehnoloških lastnosti slada. Pomen oznak posameznih vzorcev so predstavljene v preglednici 2.

Preglednica 5: Vsebnost vode v ajdovem sladu pri različnih pogojih sušenja

Oznaka vzorca	w _{vode} (%)	Oznaka vzorca	w _{vode} (%)	Oznaka vzorca	w _{vode} (%)	Oznaka vzorca	w _{vode} (%)
D24a	6,8 ± 0,2	D24b	5,3 ± 0,2	D24c	4,5 ± 0,2	D24d	2,5 ± 0,1
D48a	6,6 ± 0,0	D48b	5,6 ± 0,1	D48c	2,9 ± 0,2	D48d	3,7 ± 0,0
D72a	6,2 ± 0,1	D72b	4,6 ± 0,1	D72c	4,4 ± 0,0	D72d	6,4 ± 0,1
D96a	8,8 ± 0,0	D96b	8,5 ± 0,0	D96c	6,7 ± 0,1	D96d	8,8 ± 0,1
P24a	6,4 ± 0,1	P24b	4,8 ± 0,0	P24c	4,6 ± 0,2	P24d	2,5 ± 0,1
P48a	6,0 ± 0,0	P48b	4,9 ± 0,1	P48c	2,8 ± 0,1	P48d	3,7 ± 0,0
P72a	6,1 ± 0,1	P72b	5,1 ± 0,0	P72c	4,4 ± 0,0	P72d	6,2 ± 0,1
P96a	6,2 ± 0,0	P96b	5,2 ± 0,0	P96c	6,4 ± 0,1	P96d	9,7 ± 0,6

Cilj predposkusnega sušenja je bil definirati temperaturo in čas sušenja. V glavnem delu poskusa smo pri sušenju pri temperaturi 60 °C zaradi prepleta kalčkov dosegli slabše učinke sušenja. Po 10 urah smo opazili, da je zaradi prepleta na spodnji strani kalčkov slad

še vedno vlažen. Čas sušenja smo podaljšali na 22 ur ter vzporedno podaljšali tudi čas sušenja pri drugih temperaturah.

Pri pripravi diagrama sušenja z zdrobljeno ajdo smo potrebovali krajši čas, da smo dosegli ustrezno suhost, medtem ko se je zeleni slad nezdrobljen, z močnim prepletom kalčkov sušil dalj časa.

4.2.3.2 Kongresna metoda

Med kongresno metodo iz slada in vode pridobimo kongresno sladico. Sestava kongresne sladice ima velik vpliv na potek proizvodnje piva, zato smo pri ajdovi kongresni sladici spremljali naslednje parametre: vsebnost ekstrakta, čas zasladitve drozge, hitrost filtracije, pH kongresne sladice, gostoto in viskoznost kongresne sladice. Senzorično smo ocenili vonj in bistrost kongresne sladice, ki sta pomembna parametra za oceno kakovosti slada.

Pomembna priprava slada za kongresno metodo je standardizirano mletje. Sestava in velikost ajdovega slada sta drugačni od ječmenovega slada, zato so deleži posameznih frakcij pri mletju različni. Ajdo smo za kongresno metodo pripravili tako, da smo jo mleli z mlinom na mlinski kamen. Sejalno analizo smo opravili z obema sortama ajde. Zmlete vzorce smo sejali še skozi tri različna sita s porami 140 μm , 355 μm in 1000 μm . Mleli in sejali smo 100 g vzorca, deleži posameznih frakcij pa so predstavljeni v preglednici 6.

Sejalno analizo smo po mletju ajdovega slada pripravili z namenom možnosti primerjave različnih tehnoloških parametrov kakovosti slada.

Preglednica 6: Deleži posameznih frakcij glede na velikost sita pri mletju ajdovega slada

Vrsta ajde	140 μm	355 μm	1000 μm	Ostanek (%)
Ajda sorte Darja	32,9%	7,6%	31,7%	27,9%
Ajda sorte Pyra	31,5%	6,9%	27,4%	34,2%

Kemijske analize kongresne sladice, ki definirajo kakovost slada, so odvisne predvsem od sheme kongresne metode. Pri našem poskusu smo uporabljali standardizirano, že v naprej programirano shemo kongresne metode z naslednji temperaturnim režimom:

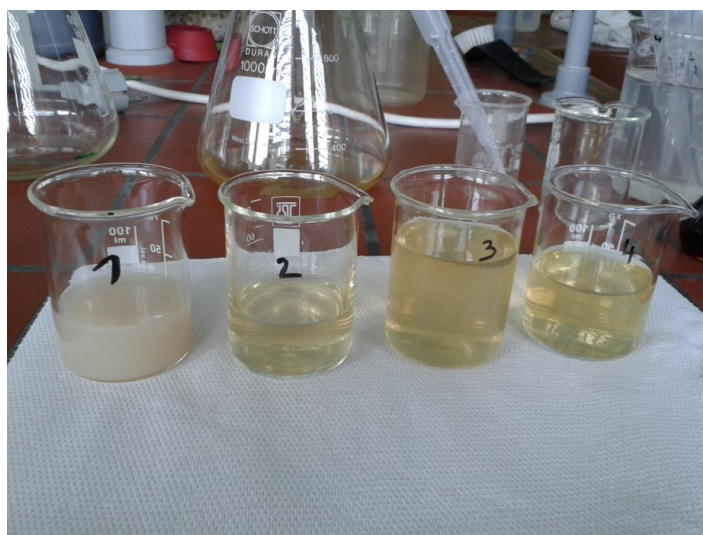
- 30 min pri temperaturi 45 °C,
- 25 min segrevanja od 45 °C do 70 °C (1 °C/min),
- 60 min pri temperaturi 70 °C,
- ohlajanje na 20 °C.

Medtem so Kiss in sod. (2013) v raziskavi z modifikacijo kongresne sheme prikazali, da so najbolj optimalne vrednosti parametrov kongresne sladice pri ajdi dobljene z naslednjim temperaturnim režimom:

- 15 min pri temperaturi 35 °C
- 15 min pri temperaturi 45 °C
- 40 min pri temperaturi 65 °C
- 20 min pri temperaturi 72 °C
- 10 min pri temperaturi 78 °C

4.2.3.2.1 Vonj in bistrost kongresne sladice

Senzorično oceno za vonj in bistrost kongresne sladice smo podajali opisno. Bistrost smo določili vzorcem na beli podlagi in jih primerjali med seboj. Vsi vzorci slada ajde, kaljeni 24 ur pri temperaturi 20 °C so imeli motno barvo kongresne sladice in nearomatičen, premalo intenziven vonj. Bistrost kongresne sladice je bila pri vzorcih, kaljenih 48 ur večja, kot pri manj kaljenih vzorcih, še vedno pa je bilo opaziti opalescenco. Vzorci, kaljeni pri 72 in 96 ur so bili bistri in normalnega vonja brez prisotnosti tujih vonjev (slika 18). Bistrost in vonj smo ocenjevali senzorično, zato primerjava z literaturo, v kateri so se posluževali natančnejših metod ni mogoča. Sklepamo lahko, da je bistrost kongresne sladice povezana z razgrajenostjo slada, kar pomeni, da je boljša bistrost znak bolj razgrajenega oz. kakovostnejšega slada. Primerjava ajdove kongresne sladice z ječmenovo je v raziskavi Phiarais in sod. (2005) pokazala, da je ajdova temnejša, saj je tudi zrno ajde temnejše od ječmenovega zrna (Phiarais in sod., 2005). Slika 18 prikazuje senzorično ocenjevanje bistrosti kongresne sladice, ki smo jo pridobili z namakanjem pri 20 °C 8 ur, kaljenjem pri 20 °C 96 ur in sušenjem pri 60 °C 22 ur. Oznaka 1 na čaši pomeni kongresno sladico, pridobljeno po 24 urah, oznaka 2 kongresno sladico, pridobljeno po 48 urah, oznaka 3 pomeni kongresno sladico, ki je bila pridobljena po 72 urah in oznaka 4 kongresno sladico, pridobljeno po 96 urah.



Slika 18: Senzorično ocenjevanje vonja in bistrosti kongresne sladice

4.2.3.2.2 Masni delež ekstrakta v sladu

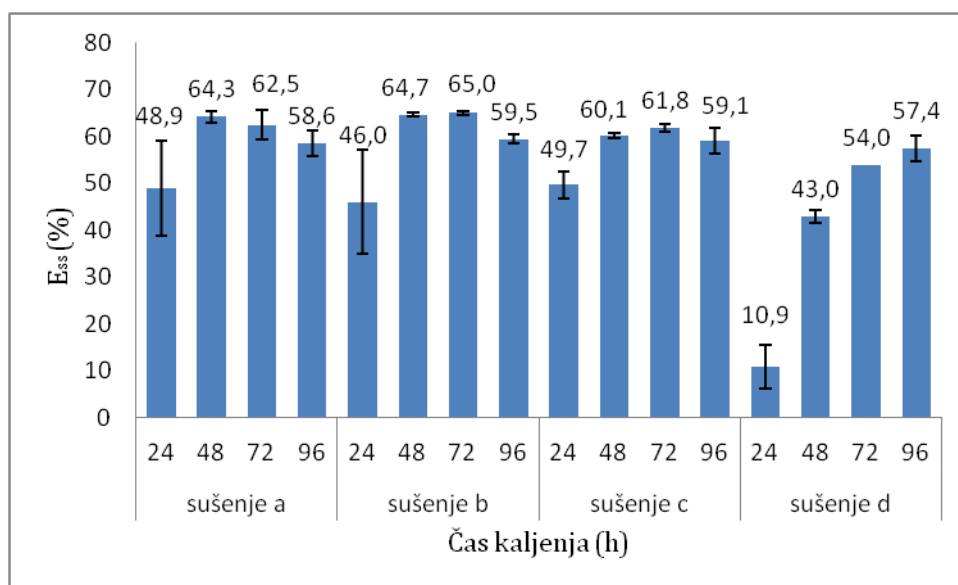
V ajdovem sladu delež ekstrakta predstavlja vse snovi, ki so topne v vodi. Največji vpliv na ekstrakt imajo v ajdovem sladu različni sladkorji (maltoza, maltotrioza, glukoza in drugi), ki jih je daleč največ v primerjavi z drugimi v vodi topnimi sestavinami. Velik delež suhe snovi ali ekstrakta v ajdovi sladici prispevajo tudi maltodekstrini in oligosaharidi, v majhnih količinah pa dušikove komponente, polifenoli, soli in drugo. Delež ekstrakta je merilo za določanje stopnje razgradnje slada tekom procesa zaslaževanja (Wijngaard in sod., 2006; Kiss in sod., 2013).

Naša opažanja kažejo, da se delež ekstrakta v kongresni sladici ajde od prvega do tretjega dneva kaljenja povečuje, nato pa se v četrtem dnevu zniža. To znižanje deleža ekstrakta je najverjetneje posledica predolgega časa kaljenja in porabe ekstrakta za rast rastlinice. O podobnem poteku vsebnosti ekstrakta poročajo tudi Wijngaard in sod. (2006), ki še dodajajo, da je naraščanje in zmanjševanje deleža ekstrakta v ječmenovem sladu podobno.

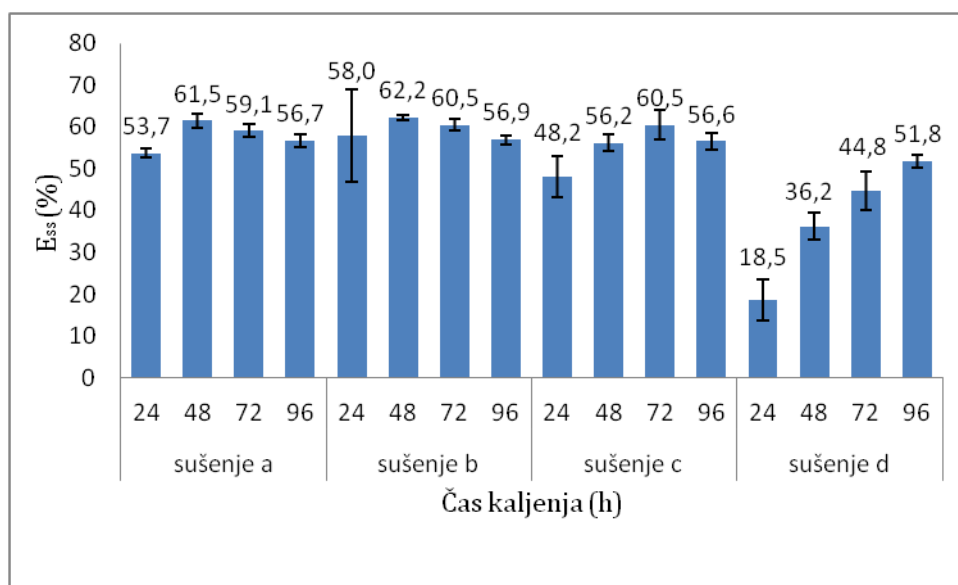
Najvišje vrednosti E_{ss} smo določili pri sorti ajde Darja ($65,0 \pm 0,5$) % in pri sorti Pyra ($62,2 \pm 0,5$) %. Obe vrednosti smo dobili s kaljenjem pri temperaturi $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ in sušenjem pri temperaturi $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 22 ur, medtem, ko so Kiss in sod. (2013) dobili najvišjo vrednost ekstrakta 59,2 % pri nižji temperaturi kaljenja ($15\text{ }^{\circ}\text{C}$) in pri temperaturi sušenju $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pri enakih pogojih, ki so jih uporabili Kiss in sod. (2013) so Wijngaard in sod. (2006) dobili 67,1 % vsebnost ekstrakta v ajdi, Wijngaard in sod. (2005a) pa celo 76,1 % pri temperaturi kaljenja $16,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ in 5 ur sušenja pri temperaturi $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ter 12 ur pri temperaturi $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Wijngaard in sod. (2005b) trdijo da količina in aktivnost α -amilaze vpliva na količino ekstrakta, aktivnost α -amilaze je odvisno tudi od časa sušenja. Z daljšim časom sušenja se aktivnost α -amilaze zmanjša.

Najnižje vrednosti E_{ss} smo določili v vzorcih, ki so bili kaljeni 24 ur in sušeni pri temperaturi $105\text{ }^{\circ}\text{C}$. Delež ekstrakta, ki smo ga določili pri teh pogojih, je bil pri ajdi sorte Darja ($10,9 \pm 4,8$) %, pri ajdi sorte Pyra pa ($18,5 \pm 4,8$) %. Takšne rezultate smo pri tej temperaturi sušenja tudi pričakovali, saj je bila tu encimska aktivnost najmanjša zaradi visoke temperature sušenja. Pri ječmenu se vrednosti ekstrakta v sladu med 78 % in 82 %. Vrednosti ekstrakta ajdovega slada so nižje, saj ima ječmenov slad kar za 80 % večjo α -amilazno aktivnost od ajdovega slada (Schuster in sod., 1990; Evans in sod., 1997; Phiarais in sod. 2005).

Odstopanja pri določanju deleža ekstrakta v sladu po prvem dnevu kaljenja so bistveno večja v primerjavi z daljšim časom kaljenja, kar je posledica neenakomernega kaljenja.



Slika 19: Delež ekstrakta v ajdovem sladu pri sorti Darja



Slika 20: Delež ekstrakta v ajdovem sladu pri sorti Pyra

Razlike v količini ekstrakta med sortama lahko pripišemo biološki raznolikosti.

4.2.3.2.3 Čas zaslavitve

Čas zaslavitve smo merili s pomočjo jodnega testa. Zasladev je potekla v pričakovanem času 15-20 min pri vzorcih ajdovega slada, ki so bili kaljeni 96 ur in sušeni pri 50 in 60 °C. Zasladev ječmenovega slada poteče v času 10-15 min, medtem ko so za ajdov slad raziskovalci Kiss in sod. (2013) predpostavili čas 25 min, vendar pozitivnih rezultatov zaslavitve ajdovega slada niso dosegli (Wackerbauer in Zuffall, 1997). Prav tako zaslavitve

tekem 60 minut niso dosegli raziskovalci Wijngaard in sod. (2006), poročajo le o različnih intenzitetah barv, ki še vedno pomeni pozitivno jodno reakcijo. Vzorca ajdovega slada, kaljena 72 ur in sušena pri 50 °C sta imela čas zasladitve 45-50 min, vzorca, ki sta dosegla čas zasladitve 55-60 min pa sta bila kaljena 72 ur in sušena pri 60 °C. V času 60 minut se je uspel zasladiti tudi vzorec slada sorte Pyra, ki je bil kaljen 96 ur in sušen pri 80 °C. Pri ostalih vzorcih so bili jodni testi pozitivni. Slika 21 prikazuje pozitivno jodno reakcijo kongresne sladice, katere slad je bil pridobljen s sušenjem pri 105 °C (levo) in negativno jodno reakcijo kongresne sladice, kjer smo za temperaturo sušenja uporabili 50 °C (desno). Številke 1-4 na porcelanastih ploščicah pomenijo dneve kaljenja slada.



Slika 21: Primerjava zasladitve kongresne sladice pri ajdi sorte Darja po 5 in 50 minutah

Pri nobeni vrsti slada po 24 urah in 48 urah kaljenja ni bilo negativne jodne reakcije. Sklepamo, da je bil v tej fazi kaljenja v zrnju še vedno prisoten škrob, ki ga z jodno reakcijo dokazujemo. Prav tako tudi pri sušenju pri 80 in 105 °C pozitivnega vzorca jodne reakcije ni bilo z izjemo vzorca ajde sorte Pyra, kaljenega 96 ur in sušenega pri 80 °C in času 18 ur. Sklepamo, da se je pri uporabi temperatur 80 in 105 °C aktivnost encimov za razgradnjo škroba zmanjšala, zato je stopnja razgrajenega škroba ostala na točki, ki še vedno pomeni pozitivno jodno reakcijo. Med sortama ajde v času zasladitve ni bilo razlik.

Iz rezultatov na sliki 19 in 20 vidimo, da se vsebnost ekstrakta v ajdovem sladu pri 96 urnem kaljenju zniža. Iz naših poskusov sklepamo, da je za kaljenje dovolj 72 ur pri 20 °C, saj smo dobili pri tako dolgo kaljenih vzorcih in sušenih pri 50 in 60 °C najvišjo vsebnost ekstrakta in negativno jodno reakcijo.

Iz rezultatov sklepamo tudi, da bi bilo smiselno preveriti tudi količino in kvaliteto ekstrakta pri kaljenju med 72 in 96 urami, saj pričakujemo pri tem času kaljenja še vedno relativno visoke odstotke vsebnosti ekstrakta in hkrati visoko encimsko aktivnost, kar bi morda vodilo do krajšega časa zaslajevanja.

Pri pregledu literature v raziskavah nismo zasledili negativnih jodnih reakcij, kar pomeni da so naše sorte ajde in pogoji ustrežnejši.

4.2.3.2.4 Čas filtriranja

Na osnovi jodnega testa lahko pri nekaterih vzorcih sklepamo, da se je ajdov slad premalo razgradil. To se je potrdilo tudi pri cejenju kongresne sladice, saj smo imeli težave pri filtraciji. Velja namreč, da je čas filtriranja pri kongresni metodi v korelaciji s hitrostjo cejenja kongresne sladice in s postopkom varjenja (Schuster in sod., 1990; Štefanič in Marič, 1990; Jin in sod., 2013). Čas filtracije, ki smo ga pričakovali pri ajdovem sladu, je bil okrog 25 min, saj so tak čas določili Kiss in sod. (2013) za ajdo kaljeno pri 15 °C in sušeno pri 50 °C 48 ur.

Rezultati so pokazali, da se kongresne sladice, sušene pri 80 in 105 °C v času 60 minut niso prefiltrirale. Prav tako se v času 60 minut niso prefiltrirale kongresne sladice, kaljene 24 in 48 ur. Filtracijo pri teh vzorcih lahko označimo za počasno. Razlog za počasno filtracijo je najverjetneje v slabši razgrajenosti neškrobnih polisaharidov in škroba v vzorcih, kjer je višja temperatura sušenja zmanjšala encimsko aktivnost oz. v vzorcih, kjer je bil čas kaljenja prekratek. Vzorci, ki so bili kaljeni 72 in 96 ur, ter sušeni pri 50 in 60 °C so dosegli čas 60 min. Tudi Wijngaard in sod. (2006) ugotavljajo, da čas filtracije pada s podaljševanjem časa kaljenja.

Sorti se med seboj nista razlikovali po času filtriranja kongresne sladice. Kiss in sod. (2013) trdijo, da ima ajdov slad še vedno daljši filtracijski čas kot ječmenov slad.

4.2.3.2.5 Merjenje pH

pH je pomemben parameter kongresne sladice, saj s spreminjanjem vrednosti pH lahko vplivamo na količino ekstrakta. Pri nižjih vrednostih pH dobimo večjo količino ekstrakta. Poleg tega je pH kongresne sladice parameter, ki kasneje vpliva na sam potek fermentacije (Schuster in sod., 1990; Hughes, 2003).

Pri zaslaževanju ječmena kongresna sladica dosega vrednost pH od 5,7 do 5,9 (Gačša, 1979; Wijngaard in Arendt, 2006; Kreisz, 2009), medtem ko rezultati našega poskusa kažejo na razpon pH od $6,1 \pm 0,0$ do $6,9 \pm 0,0$ pri ajdi sorte Darja in od $6,0 \pm 0,0$ do $6,8 \pm 0,0$ pri ajdi sorte Pyra (preglednica 7). Vrednosti pH kongresne sladice so pri ajdi višje, morda je to eden izmed razlogov za to, da so deleži ekstrakta v ajdovem sladu nižji kot v ječmenovem.

Kiss in sod. (2013) so v poskusih zaslaževanja ajde pri pogojih kaljenja 15 °C 84 ur in sušenju pri temperaturi 50 °C 48 ur izmerili pH 5,4, medtem ko je naša kongresna sladica pri podobnih pogojih imela pH vrednost $6,5 \pm 0,0$ pri obeh sortah ajde. Iz rezultatov vidimo, da dobimo pri daljšem kaljenju ajde kongresne sladice, ki imajo nižji pH. Vrednosti pH se pri vseh poskusih znižujejo s podaljševanjem časa kaljenja. Nižji pH pripisujemo šibkim organskim kislinam (jabolčna, mlečna, soli fosforne kisline), ki nastajajo v majhnih količinah v zrnju tekom kaljenja, in se ekstrahirajo v kongresno sladico (Phiarais in sod. 2005).

Preglednica 7: pH vrednosti v kongresni sladici

Oznaka vzorca	pH	Oznaka vzorca	pH	Oznaka vzorca	pH	Oznaka vzorca	pH
D24a	6,7 ± 0,0	D24b	6,6 ± 0,0	D24c	6,6 ± 0,0	D24d	6,9 ± 0,0
D48a	6,5 ± 0,0	D48b	6,5 ± 0,0	D48c	6,4 ± 0,0	D48d	6,3 ± 0,0
D72a	6,5 ± 0,0	D72b	6,4 ± 0,0	D72c	6,3 ± 0,0	D72d	6,2 ± 0,0
D96a	6,3 ± 0,0	D96b	6,3 ± 0,0	D96c	6,3 ± 0,0	D96d	6,1 ± 0,0
P24a	6,7 ± 0,0	P24b	6,8 ± 0,0	P24c	6,6 ± 0,0	P24d	6,7 ± 0,0
P48a	6,6 ± 0,1	P48b	6,7 ± 0,0	P48c	6,4 ± 0,1	P48d	6,3 ± 0,2
P72a	6,5 ± 0,0	P72b	6,6 ± 0,0	P72c	6,4 ± 0,1	P72d	6,2 ± 0,1
P96a	6,4 ± 0,0	P96b	6,4 ± 0,0	P96c	6,3 ± 0,1	P96d	6,0 ± 0,0

4.2.3.2.6 Merjenje viskoznosti

Viskoznost kongresne sladice je eden od pokazateljev citolitične razgrajenosti slada. Splošno je znano, da je večja viskoznost znak prisotnosti dekstrinov in drugih višjih polisaharidov, medtem ko je za raztopine, ki vsebujejo večji del sladkorjev (maltoze, mono, di, trisaharidov...) značilna manjša viskoznost (Štefanič in Marič, 1990; Schuster in sod., 1990; Marković in Hudina-Domladovec, 2003; Wijngaard in sod., 2006; Kiss in sod., 2013). Večjim vrednostim viskoznosti se sladjarji in pivovarji izogibajo tudi zaradi težav pri cejenju in filtraciji (Kreisz, 2009).

V literaturi najdemo podatke o viskoznosti ječmenove sladice pridobljene s kongresno metodo z masnim deležem ekstrakta 8,6 % (Štefanič in Marič, 1990). Na viskoznost raztopine vpliva poleg oblike in velikosti topljenca tudi njegova koncentracija. Podatkov o viskoznosti ajdovih kongresnih sladici ne moremo direktno primerjati s podatki o ječmenovih sladicih, saj vsebujejo ajdove manjši delež ekstrakta. Za preračun viskoznosti na višji masni delež, smo izračunali reducirano viskoznost, s katero opisujemo prispevek molekul polimernega topljenca pri masni koncentraciji γ k viskoznosti raztopine:

$$\eta_{sp}/\gamma = \frac{\eta/\eta_0 - 1}{\gamma} \quad \dots (5)$$

η_{sp}/γ reducirana viskoznost kongresne sladice (L/g)

η viskoznost kongresne sladice (cP)

η_0 viskoznost vode pri 20 °C (1,0019 cP)

γ masna koncentracija ekstrakta v kongresni sladici (g/L)

Masno koncentracijo, γ , smo določili iz podatkov o masnem deležu ekstrakta v kongresni sladici ($^{\circ}\text{Bx}$) in gostote raztopine. Enote Brix sicer podajajo masni delež saharoze v vodni raztopini, ki ima enak lomni količnik kot preiskovana kongresna sladica, vendar so razlike med lomnimi količniki vodnih raztopin glukoze, fruktoze, maltoze ali dekstranov pri masnih deležih pod 10 % majhne (Wrolstad in sod., 2005). Tako enote ($^{\circ}\text{Brix}$) pogosto pripišemo masnemu deleže suhe snovi, ki je sestavljena pretežno iz saharidov.

$$\gamma = \frac{w_{\text{sladice}} \cdot \rho_{\text{sladice}}}{100} \quad \dots (6)$$

w_{sladice} masni delež ekstrakta v kongresni sladici ($^{\circ}\text{Bx}$)

Koncentracijsko odvisnost reducirane viskoznosti od masne koncentracije dekstrinov in maltoze smo poiskali v literaturi (Avaltroni in sod., 2004):

$$\frac{\eta_{sp}}{\gamma} = [\eta] + k' \cdot [\eta]^2 \cdot \gamma \quad \dots (7)$$

k' empirična konstanta

$[\eta]$ limitna viskoznost raztopine (L/g)

Reducirana viskoznost raztopine je odvisna od privlačnih sil med molekulami topljenca in molekulami topila in topljenca. Ta vpliv lahko matematično eliminiramo tako, da izračunamo limitno vrednost reducirane viskoznosti (Rudan- Tasič in Klofutar, 2007). Limitno viskoznost smo izračunali z rešitvijo kvadratne enačbe (7) in z upoštevanjem povprečne konstante k' za dekstrine (DE2, DE10, DE19) in maltozo ($k' = 2,5$) (Avaltroni in sod., 2004). DE, dekstrozne enote, so eden izmed načinov podajanja velikosti molekul pri razgradnji škroba. Zajemajo vrednosti od 52 za maltozo do 0 za škrob. DE2, DE10, DE19 in maltoza dobro pokrivajo možnosti velikosti saharidov v ajdovi kongresni sladici. Vrednosti za masni delež ekstrakta 8,6 % oziroma masno koncentracijo 88,1 g/L smo izračunali z enačbo (7) in enakim k' iz limitnih viskoznosti. Pri pretvorbi masnega deleža v masno koncentracijo 8,6 % kongresne sladice smo uporabili povprečje gostot kongresnih sladice z vsebnostjo ekstrakta več kot 6,5 $^{\circ}\text{Brix}$.

Rezultate viskoznosti teoretičnih raztopin, ki vsebujejo 8,6 % ekstrakta v kongresni sladici smo zbrali v preglednici 8. Na slikah 22 in 23, kjer smo dodali tudi vrednosti viskoznosti sladice dobro in slabo razgrajenega ječmenovega slada, vidimo, da je viskoznost ajdovih kongresnih sladice precej večja od ječmenovih (Štefanič in Marič, 1990; Wackerbauer in

Zuffall, 1997). To potrjujejo tudi Wijngaard in sod. (2006) ki dodajajo, da slad ajde vsebuje topno vlaknino oz. neškrobne polisaharide, ki povečajo viskoznost.

Na osnovi viskoznosti ječmenovih sladici se določa stopnja razgrajenosti slada (Štefanič in Marič, 1990). Zaradi večje viskoznosti kongresnih sladici pripravljenih iz ajde in drugih posebnosti ajdovega zrna, ne moremo pri ajdi uporabiti enake lestvice kot velja za ječmenov slad in sladico. Ker pa so viskoznosti kongresnih sladici, ki jih dobimo pri različnih časih kaljenja ajde in pri različnih pogojih sušenja slada, močno različne, vemo, da je razgradnja polisaharidov v naših poskusih potekala različno.

Preglednica 8: Vrednosti ekstrakta in viskoznosti v kongresni sladici ajdovega slada

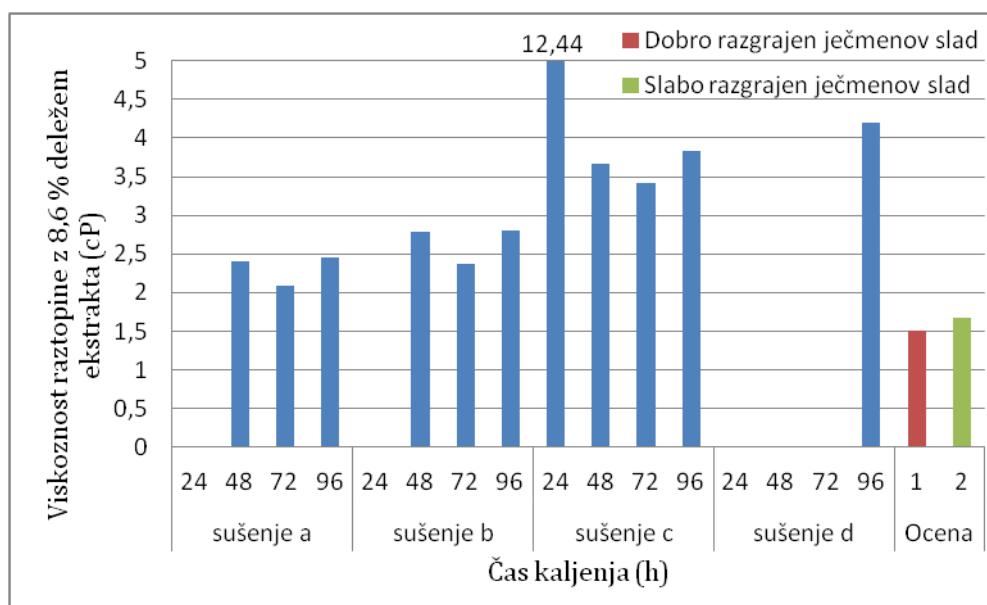
Oznaka vzorca	Masna koncentracija ekstrakta (g/L)	Gostota (g/cm ³)	Viskoznost (cP)	Reducirana viskoznost (L/g)	Limitna viskoznost raztopine (L/g)	Viskoznost kongresne sladice (8,6 %) (cP)
D24a	/	/	/	/	/	/
D48a	70,9	1,02487	2,004	0,0141	0,0065	2,41
D72a	69,4	1,02359	1,760	0,0109	0,0056	2,09
D96a	63,2	1,02172	1,866	0,0136	0,0066	2,45
P24a	59,9	1,02105	4,807	0,0634	0,0175	8,50
P48a	68,5	1,02396	2,165	0,0169	0,0074	2,74
P72a	65,8	1,02265	1,627	0,00949	0,0051	1,97
P96a	63,3	1,02222	1,583	0,00916	0,0051	1,95
D24b	/	/	/	/	/	/
D48b	72,3	1,02535	2,299	0,0179	0,0076	2,78
D72b	73,4	1,02542	2,037	0,0141	0,0064	2,38
D96b	64,5	1,02261	2,097	0,0169	0,0076	2,80
P24b	1,9	0,02975	/	/	/	/
P48b	70,2	1,02434	2,056	0,0150	0,0068	2,51
P72b	68,2	1,02414	1,793	0,0116	0,0058	2,17
P96b	64,2	1,02303	1,792	0,0123	0,0062	2,28
D24c	56,8	1,01971	6,204	0,0914	0,0221	12,44
D48c	69,4	1,02439	2,798	0,0259	0,0097	3,67
D72c	70,1	1,02355	2,667	0,0237	0,0091	3,42
D96c	65,4	1,02249	2,729	0,0263	0,0100	3,83
P24c	55,0	1,01829	4,046	0,0553	0,0167	7,93
P48c	65,1	1,02243	2,338	0,0205	0,0086	3,18
P72c	68,7	1,02339	2,360	0,0197	0,0082	3,03
P96c	62,9	1,02137	2,240	0,0196	0,0084	3,13
D24d	/	/	/	/	/	/
D48d	/	/	/	/	/	/
D72d	/	/	/	/	/	/
D96d	62,1	1,02071	2,790	0,0288	0,011	4,21
P24d	/	/	/	/	/	/
P48d	/	/	/	/	/	/
P72d	/	/	/	/	/	/
P96d	/	/	/	/	/	/

Čas kaljenja vpliva na viskoznost kongresne sladice. Vrednosti viskoznosti kongresne sladice kažejo, da je optimalni čas kaljenja 72 ur ali 3 dni, saj je bila viskoznost kongresne sladice pri tem času kaljenja ajde pri obeh sortah najmanjša. Viskoznost kongresne sladice se je zmanjševala do tretjega dne, pri času kaljenja 4 dni pa je viskoznost ponovno večja. Višja viskoznost kongresne sladice verjetno kaže na prisotnost polimernih molekul v kongresni sladici, ki se sintetizirajo v kalečem zrnju pri daljšem času kaljenja in jih encimi pri slajenju ne razgradijo. Vpliv časa kaljenja na viskoznost kongresne sladice potrjujejo tudi Wijngaard in sod. (2006).

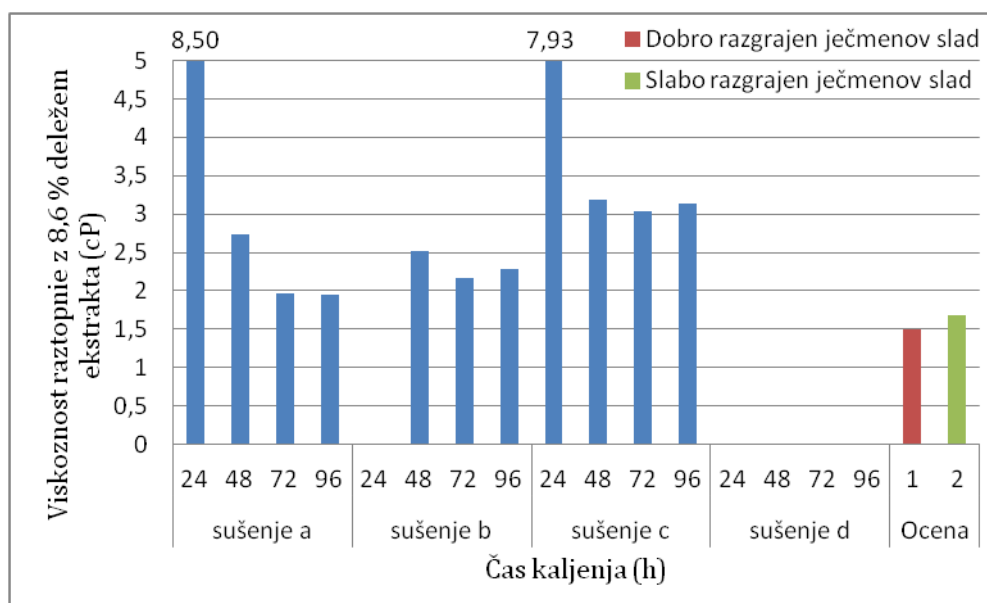
Najmanjše vrednosti viskoznosti pa smo dobili pri ajdi sorte Pyra pri sušenju pri 50 °C/24 ur (sušenje a). Viskoznost kongresne sladice je odvisna od aktivnosti encimov in stopnje razgradnje polisaharidov. Večja aktivnost α -amilaze zmanjšuje viskoznost, saj katalizira razgradnjo škroba v sladkorje (Štefanič in Marič, 1990; Wijngaard in sod., 2005a; Sebastyén in sod. 2012). Med viskoznostjo sladice, količino ekstrakta in jodno reakcijo obstaja povezava. Tako smo pri temperaturi sušenja 50 °C poleg najmanjše viskoznosti dobili tudi negativno jodno reakcijo in visok ekstrakt.

Največjo viskoznost je imela kongresna sladica, sušena pri temperaturi 80 °C in času 18 ur. Pri teh pogojih sušenja nobena vrsta slada ni imela negativne jodne reakcije, kar pomeni, da vzorci niso imeli razgrajenega škroba, poleg tega pa smo dobili v primerjavi s sušenjem pri nižjih temperaturah nižje vrednosti ekstrakta. Razlog visoke viskoznosti je v nerazgrajenih polisaharidih, škrobu in β -glukanu, kar je posledica slabše aktivnosti α -amilaze ter β -glukanaze. Manjkajo podatki o viskoznosti kongresne sladice pripravljene iz slada sušenega pri 105 °C. V tem primeru viskoznosti nismo izmerili, ker je bila filtracija drozge tako počasna, da nismo pridobili dovolj kongresne sladice. Tudi iz literature vemo, da ima ajdov slad sorte Darja, sušen pri 105 °C in času 8 ur visoko viskoznost (Štefanič in Marič, 1990). Poleg tega pa je ta kongresna sladica imela v primerjavi z drugimi tudi najnižjo vrednost ekstrakta in pozitivno jodno reakcijo.

Iz vrednosti viskoznosti vidimo, da so med sortama ajde majhne razlike. Ajda sorte Pyra ima pri vseh temperaturah sušenja in času kaljenja nekoliko manjše viskoznosti, kar pripisujemo biološki raznolikost sort.



Slika 22: Viskoznost kongresnih sladice z 8,6 % deležem ekstrakta v odvisnosti od časa kaljenja in vrste sušenja pri ajdi sorte Darja in primerjava s sladico iz dobro in slabo razgrajenega ječmenovega slada



Slika 23: Viskoznost kongresnih sladice z 8,6 % deležem ekstrakta v odvisnosti od časa kaljenja in vrste sušenja pri ajdi sorte Pyra in primerjava s sladico iz dobro in slabo razgrajenega ječmenovega slada

5 SKLEPI

Na podlagi rezultatov, pridobljenih z analizami na ajdovem sladu, smo oblikovali naslednje sklepe:

- Temperatura vode za namakanje ne vpliva bistveno na vpijanje vode v zrno. Pri namakanju smo s temperaturo 20 °C dosegli optimalno vsebnost vode v sladu, ki je v ajdi sorte Darja ($44,0 \pm 0,5$) % in v ajdi sorte Pyra ($43,1 \pm 0,7$) %.
- Temperatura 20 °C je pri kaljenju ajde primernejša od temperature 10 °C. Pri kaljenju smo pri temperaturi 20 °C po 48 urah pri ajdi sorte Darja dosegli dolžino kalčka 18 mm, medtem ko pri temperaturi 10 °C 7 mm. Pri višji temperaturi je ajda sorta Darja tudi bolj enakomerno kalila.
- Intenzivnost barve, vonja ter okusa ajdovega slada ter kongresne sladice se s podaljševanjem časa kaljenja ajde spreminja. Barva slada je enotno rjava, vonj prijeten in značilen ter okus tipičen in sladkast. Po 96 urah kaljenja je ajdov slad prhek in drobljiv. Kongresna sladica z daljšim časom kaljenja slada postaja bistrejša in pridobiva aromatičen, značilen vonj.
- Čas kaljenja in temperatura sušenja vplivata na čas zasladitve ter na čas filtracije kongresne sladice. Zasladitev poteče v času 15-20 minut pri vzorcih ajde kaljenih 96 ur in sušenih pri temperaturi 50 °C in 60 °C. Pri enakih pogojih pridobivanja slada poteče tudi filtracija v času 60 minut. Intenziteta sprememb sestave ajde je odvisna od parametrov poskusa.
- Delež ekstrakta v sladu narašča z podaljševanjem časa kaljenja (do 72 ur). Najvišji delež ekstrakta v ajdovem sladu je pri sorti Darja ($65,0 \pm 0,5$) % in pri sorti Pyra ($62,2 \pm 0,5$) %. Razlike v količini ekstrakta med sortama lahko pripišemo biološki raznolikosti. Razpon pH je od $6,1 \pm 0,0$ do $6,9 \pm 0,0$ pri ajdovi kongresni sladici sorte Darja in od $6 \pm 0,0$ do $6,8 \pm 0,0$ pri sorte Pyra. Izbor sorte vpliva na postopek priprave ajdovega slada.
- Viskoznost ajdovih kongresnih sladice je precej večja od ječmenovih. Čas kaljenja vpliva na viskoznost kongresne sladice. Vrednosti viskoznosti kongresne sladice kažejo, da je optimalni čas kaljenja 72 ur ali 3 dni, saj je bila viskoznost kongresne sladice pri tem času kaljenja ajde pri obeh sortah najmanjša. Osnovne tehnološke lastnosti ajdovega slada se razlikujejo od tehnoloških lastnosti ječmenovega slada.

6 POVZETEK

Čeprav je ajda vir zdrave prehrane in so njene jedi razširjene tudi v drugih delih sveta, je med ostalimi žiti pri proizvodnji slada še vedno manj pogosta. Danes je velik trend uživanje in razvoj funkcionalne hrane in pijače, ki jih pridobimo iz žit. Dobre lastnosti ajde omogočajo njeno vključevanje tudi v proizvodnjo brezglutenskih piv. Ima drugačno kemijsko sestavo kot krušna žita, zato je zanimiva alternativa, saj velja kot nadomestilo ljudem, obolelimi za celiakijo in z alergijo na pšenico, saj ajda ne vsebuje glutena. Pojavnost obolelih za celiakijo je vedno večja, zato menimo, da je tudi v pivovarstvu možno razvijati nove izdelke predvsem v smeri brezglutenskih piv. Gluten najdemo v ječmenu, ki je v tradicionalnem pivovarstvu še vedno vodilen. Slajenje ajde pa se razlikuje od slajenja ječmena, čemur je ustrezno prilagojena tudi tehnologija. Izziv raziskovalne naloge je zanimivo in relativno malo poznano področje. Lotili smo se priprave ajdovega slada.

V prvem sklopu praktičnega dela - predposkusa smo z različnimi pogoji namakanja, kaljenja in sušenja želeli določiti pogoje, pri katerih lahko pridobimo najboljše izkoristek ajdinih pozitivnih lastnosti. Ajdo smo namakali po dveh različnih postopkih, temperaturah in časih. Namakanje smo končali, ko zrno ni več vpijalo dodatne količine vode. Namočena semena smo tudi posušili. Ajdo smo kalili in pri tem spremljali intenzivnost in enakomernost kaljenja. Potrebovali smo več poskusov in prilagajanj parametrov, ki vplivajo na samo pripravo slada.

Ugotovili smo, da temperatura vode za namakanje bistveno ne vpliva na vpijanje vode. Prirast mase med namakanjem je bil nekoliko večji pri 20 °C. Rezultati so tudi pokazali, da je razlika v vsebnosti vode med 8. in 9. uro namakanja zanemarljivo majhna. Poleg tega smo zaradi nihanja mase in sušenja semen kombinirani način namakanja opustili. S klasičnim namakanjem smo dosegli optimalno vsebnost vode v ajdovem sladu pri sorti Darja ($44,0 \pm 0,5$) % in pri sorti Pyra ($43,1 \pm 0,7$) %. Pri izotermnem sušenju smo namočena zrna ajde tudi posušili in ugotovili, da se po 20 urah sušenja pri 60 °C vsebnost vode v semenih ajde zmanjša iz 40,8 % na 5,0 %. Ugotovili smo, da je temperatura 20 °C pri kaljenju ajde primernejša od temperature 10 °C. Pri kaljenju smo pri temperaturi 20 °C po 48 urah pri ajdi sorte Darja dosegli dolžino kalčka 18 mm, medtem ko pri temperaturi 10 °C le 7 mm. Pri višji temperaturi je ajda sorta Darja tudi bolj enakomerno kalila.

V drugem sklopu praktičnega dela - glavnega poskusa smo z osnovnimi analizami ovrednotili različne postopke zaslaževanja ajde. Glavni poskus smo razdelili na tri dele, in sicer na senzoričnega, mehanskega in kemijsko-tehnološkega.

Ugotovili smo, da s podaljševanjem časa kaljenja lahko vplivamo na senzorične lastnosti slada in kongresne sladice, saj smo največjo intenzivnost barve, vonja ter okusa zaznali pri vzorcih slada, ki so bili kaljeni 96 ur. Barva slada je bila enotno rjava, vonj prijeten in značilen, ter okus tipičen in sladkast. Slad je z daljšim časom kaljenja postajal bolj prhek in drobljiv, kongresna sladica pa vedno bolj bistra in aromatičnega, značilnega vonja.

Ob upoštevanju rezultatov tehnološko- kemijskih analiz kongresne sladice lahko povzamemo, da 24-urni čas kaljenja in sušenje pri 80 ter 105 °C niso optimalni za proizvodnjo slada. S poskušaji smo ugotovili, da sta 50 °C in 60 °C temperaturi sušenja slada, ki dajeta najboljši približek optimalni vrednosti analiz. Pri sladu, ki smo ga pridobili s takšnimi pogoji, je čas zasladitve potekel v 15-20 minutah in filtracija v 60 minutah. Ugotovili smo, da je intenziteta sprememb sestave ajde odvisna od parametrov poskusa.

Poleg tega smo pri ajdi najvišje deleže ekstrakta v sladu dobili pri temperaturi sušenja 60 °C (pri ajdi sorte Darja je bil $(65,0 \pm 0,5)$ % in pri ajdi sorte Pyra $(62,2 \pm 0,5)$ %). Razlike v količini ekstrakta v ajdovem sladu pripisujemo biološki raznolikosti sort, s tem pa tudi potrjujemo, da izbor sorte vpliva na postopek priprave ajdovega slada. Pri ajdi sorte Darja je razpon pH od $6,1 \pm 0,0$ do $6,9 \pm 0,0$ in pri ajdi sorte Pyra od $6 \pm 0,0$ do $6,8 \pm 0,0$. Viskoznost ajdovih kongresnih sladici je precej večja od ječmenovih. Potrdimo lahko, da se osnovne tehnološke lastnosti ajdovega slada razlikujejo od tehnoloških lastnosti ječmenovega slada. Na viskoznost ajdovega slada vpliva čas kaljenja in tudi temperatura sušenja. Vrednosti viskoznosti ajdove kongresne sladice kažejo, da je optimalni čas kaljenja 72 ur ali 3 dni, saj je bila viskoznost kongresne sladice pri tem času kaljenja ajde pri obeh sortah najmanjša.

Ajda je potencialna surovina za proizvodnjo brezglutenskega piva. Osnovna zahteva za vključevanje ajde v pivovarstvo je zagotovo njeno poznavanje, saj smo pri njenem zaslajevanju ugotovili, da na proces vpliva tudi biološka raznolikost sort. Zaključimo lahko, da moramo za zagotovitev, če ne optimalnih, pa vsaj približno ustreznih parametrov, izbrati kompromisne pogoje kaljenja in sušenja. To bi lahko bilo 8-urno namakanje ajde pri 20 °C, kaljenje med 72 in 96 urami in sušenje med 50 °C in 60 °C.

7 VIRI

- Agu R.C., Chiba Y., Goodfellow V., Mackinlay J., Brosnan J.M., Bringhurst T.A., Jack F.R., Harrison B., Pearson S.Y., Bryce J.H. 2012. Effect of germination temperatures on proteolysis of the gluten- free grains rice and buckwheat during malting and mashing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 40: 10147-10154
- Anto H., Trivedi U., Patel K. 2006. Alpha amylase production by *Bacillus cereus*. *Food Technology and Biotechnology*, 44, 2: 241-245
- Asano K., Morita M., Fujimaki M. 1970. Studies on the non-starchy polysaccharides of the endosperm of buckwheat. *Journal of Agricultural and Biological Chemistry*, 34, 10: 1522-1529
- Avaltroni F., Bouquerand P.E., Normand V. 2004. Maltodextrin molecular weight distribution influence on the glass transition temperature and viscosity in aqueous solutions. *Carbohydrate Polymers*, 58, 2: 323-334
- Bonafaccia G., Marocchini M., Kreft I. 2003. Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat. *Food Chemistry*, 80, 1: 9-15
- Boulton C. 2013. *Encyclopaedia of brewing*. Hoboken, John Wiley & Sons: 707 str.
- Breuer H. 1993. *Atlas klasične in moderne fizike*. Ljubljana, DZS: 400 str.
- McKay M., Buglass A. J., Gook Lee C. 2011. Fermented beverages: Beer, ciders, wines and related drinks: Beer. V: *Handbook of alcoholic beverages*. Vol.1. Buglass A. J. (ed.). Chichester, John Wiley & Sons: 132-210
- Bušen O. 1971. Razvoj amilolitičnih encimov pri raznih sortah ječmena, kot osnova za dimenzioniranje tehnološke operacije sladu. *Diplomska naloga*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 6-6
- De Francischi M.L.P., Salgado J.M., Da Costa C.P. 1994. Immunological analysis of serum for buckwheat fed celiac patients. *Plant Foods for Human Nutrition*, 46, 3: 207-211
- Dziedzic K., Górecka D., Kucharska M., Przybylska B. 2012. Influence of technological process during buckwheat groats production on dietary fibre content and sorption of bile acids. *Food Research International*, 47, 2: 279-283
- Edney M.J., Izydorczyk M.S. 2003. Malt: Malt types and products. V: *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. Vol. 6. 2nd ed. Caballero B., Trugo L.C., Finglas P.M. (eds.). Amsterdam, Academic Press: 3671-3677

- Eggum B.O., Kreft I., Javornik B. 1980. Chemical composition and protein quality of buckwheat. *Plant Foods For Human Nutrition*, 30: 175-179
- Evans D.E., Wallace W., Lance R.C.M., MacLeod L.C. 1997. Measurement of beta-amylase in malting barley (*Hordeum vulgare* L.). II. The effect of germination and kilning. *Journal of Cereal Science*, 26, 2: 241-250
- Evans D.E., Goldsith M., Damberg R., Nischwitz F.A. 2011. Comprehensive revaluation of small-scale congress mash protocol parameters for determining extract and fermentability. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 69, 1: 13-27
- Evans E. 2010. Refinement of small-scale mash parameters to a more commercially typical mash program for determination of extract and fermentability. V: *Proceedings of the IBD 31st Asia Pacific 2010 convention*. Blomeley G. (ed.). North Ryde, IBD Asia Pacific: 1-19
<http://www.ibdasiapac.com.au/asia-pacific-activities/convention-proceedings/2010/menu.htm> (10. apr. 2014)
- Fabjan N., Rode J., Košir I., Wang Z., Zhang Z., Kreft I. 2003. Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) as a source of dietary rutin and quercitrin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 22: 6452-6455
- FAOSTAT. 2013. Production (tonnes): Buckwheat. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations: baza podatkov
<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> (18. nov. 2013)
- Gaćeša S. 1979. Tehnologija slada: sa sirovinama za tehnologiju piva. Beograd, Poslovna zajednica industrije piva i slada Jugoslavije: 205 str.
- Galle-Toplak K. 2002. Zdravilne rastline na Slovenskem. Ljubljana, Mladinska knjiga: 102-103
- Georg-Kraemer J.E., Caierao E., Minella E., Barbosa -Neto J.F., Cavalli S.S. 2004. The (1-3,1-4)- β -glucanases in malting barley: enzyme survival and genetic and environmental effects. *Journal of the Institute of Brewing*, 110, 4: 303-308
- Hagels H. 1999. *Fagopyrum esculentum* Moench: Chemical review. *Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, Kmetijstvo*, 73: 29-38
- Hornsey I. S. 2004. History of beer and brewing. Washington, Royal Society of Chemistry: 742 str.
- Hornsey I. S. 2013. *Brewing*. 2nd ed. Cambridge, Royal Society of Chemistry: 332 str.

- Hughes P. S. 2003. Beers: Raw materials. V: Encyclopedia of food sciences and nutrition. Vol. 1. 2nd ed. Caballero B., Trugo L.C., Finglas P.M. (eds.). Amsterdam, Academic Press: 422-429
- Hughes P. S., Baxter E.D. 2001. Beer quality, safety and nutritional aspects. Cambridge, Royal Society of Chemistry: 4-7
- Jin Z., Li W. M., Gao F., Sun J.Y., Mu Y. W., Lu J. 2013. Proteomic analysis of differences in barley (*Hordeum vulgare*) malts with distinct filterability by DIGE. Journal of Proteomics, 93: 93-106
- Kiss Z., Vecseri- Hegyes B., Kun-Farkas G., Hoschke A. 2013. Optimization of technological processes for gluten-free beer production. Budapest, Corvinus University of Budapest, Department of Brewing and Distilling: 8 str.
http://korny.uni-corvinus.hu/cneucoop_fullpapers/s3/zsuzsannakiss.pdf
(10. nov. 2013)
- Kocjan Ačko D. 1999. Ajda. Naša žena, 6: 99-100
- Košmerl T., Kač M. 2007. Osnovne kemijske analize mošta in vina: laboratorijske vaje za predmet Tehnologija vina. 3. izd. Popravljen in dopolnjen. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 106 str.
- Kreft I. 1995. Ajda. Ljubljana, Kmečki glas: 112 str.
- Kreft I. 2003. Slovenske domače sorte ajde in druga alternativna žita. Sodobno kmetijstvo, 11, 12: 31-32
- Kreft I., Fabjan N., Germ M. 2003. Rutin in buckwheat- protection of plants and its importance for the production of functional food. Fagopyrum, 20: 7-11
- Kreft I., Fabjan N., Yasumoto K. 2005. Rutin content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) food materials and products. Food Chemistry, 98, 3: 508-512
- Kreft I., Škrabajna V., Ikeda S., Ikeda K., Wang Z., Zhang Z., Bonafaccia G. 2000. Pomen kakovosti ajde za živilstvo. V: Novi izzivi v poljedelstvu 2000. Zbornik simpozija, 14. in 15. dec. 2000. Tajnšek A., Šantavec I. (ur.). Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo: 80-83
- Kreft I., Škrabanja V. 1999. Pridelovanje in uporaba ajde. Sodobno kmetijstvo, 32, 4: 192-195
- Kreft I., Škrabanja V., Ikeda S., Ikeda K., Bonafaccia G. 1996. Dietary value of buckwheat. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, Kmetijstvo, 67: 73-78

- Kreft I., Ries C., Zewen C. 2007. Das Buchweizen Buch mit Rezepten aus aller Welt. 2.auf. Azfeld, Islek ohne Grenzen Ewin: 257 str.
- Kreisz S. 2009. Malting.V: Handbook of brewing: processes, technology, markets. Esslinger H.M. (ed.). Weinheim, Willey-VCH & Co.: 157-158
- Kunze W. 2010. Technology of brewing and malting. 4th ed. Berlin, VLB: 1057 str.
- Li S., Zhang H. 2001. Advances in the development of functional foods from buckwheat. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 41, 6: 451-464
- Malcev P. M. 1967. Tehnologija slada i piva. Beograd, Poslovno udruženje industrije piva: 592 str.
- Marić H. 2003. Svojstva slada i ponašanje u varionici. Svijet piva, 8, 44: 18-21
- Marković I., Hudina- Domladovec M. 2003. Svojstva i primjena β – glukanaza. Svijet piva, 8, 47: 6-8
- Modic M., Kreft I. 2001. Alternativna žita in stročnice- osnova za funkcionalna živila. V: Funkcionalna hrana 2001. 21. Bitenčevi živilski dnevi 2001, Portorož, 8. in 9. nov. 2001. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 243-252
- Nelson L.D., Cox M. M. 2005. Leninger principles of biochemistry. 4th ed. New York, W.H. Freeman and Company: 249-249
- Obendorf R.L., Horbowicz M. 2005. Fagopyritol accumulation and germination of buckwheat seeds matured at 15, 22 and 30°C. Crop Science, 45, 4: 1264-1270
- Ortega-Heras M., Gonzales–Sanjose M.L. 2003. Beers: Wort production. V: Encyclopedia of food sciences and nutrition. Vol. 1. 2nd ed. Caballero B., Trugo L.C., Finglas P.M. (eds.). Amsterdam, Academic Press: 429-434
- Osman A.M., Coverdale S.M., Cole N., Hamilton S.E., de Jersey J., Inkerman P.A. 2002. Characterisation and Assesment of the role of barley malt endoproteases during malting and mashing. Journal of the Institute of Brewing, 108, 1: 62-67
- Phiarais B.P.N., Wijngaard H.H., Arendt E.K. 2005. The impact of kilning on enzymatic activity of buckwheat malt. Journal of the Institute of Brewing, 111, 3: 290-298
- Plestenjak A., Golob T. 2003. Analiza kakovosti živil. Ponatis 2. izd. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 102 str.
- Ravnik V. 1991. Splošna botanika za študente živilske tehnologije. Ljubljana, Samozaložba: 79 str.

- Repe B. 1993. Knjiga o pivu. Ljubljana, Mediacarso: 216 str.
- Rudan-Tasič D., Klofutar C. 2007. Fizikalno kemijske metode v živilstvu. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 310-330
- Schuster K., Grünwald J. 1957. Darrprobleme. Brauwelt, 89, 33: 244-249
- Schuster K., Weinfurtner F., Narziss L. 1990. Tehnologija proizvodnje slada. Beograd, Jugoslovansko udruženje pivara: 439-453
- Sebastián A., Kiss Z., Vecseri- Hegyes B., Kun- Farkas G., Hoschke A. 2013. Experiences with laboratory and pilot plant preparation of millet and buckwheat beer. Acta Alimentaria, 42, Suppl. 1: 81-89
- Steadman K.J., Burgoon M.S., Lewis B.A., Edwardson S.E., Obendorf R.L. 2001. Buckwheat seed milling fractions: descriptions, macronutrient composition and dietary fibre. Journal of Cereal Science, 33, 3: 271-278
- Šegatin N., Rudan-Tasič D., Poklar Ulrih N. 2010. Fizikalnokemijske metode v živilstvu: laboratorijske vaje. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 9-9
- Štefanič K., Marič V. 1990. Pivarski priručnik. Beograd, Jugoslavensko udruženje pivovara: 234 str.
- Tajnšek T. 1980. Strnine in koruza v Sloveniji. Ljubljana, Kmečki glas: 167 str.
- Tišma M. 2003. Mikroflora ječma i slada- problemi u pivarstvu. Svijet piva, 8, 45: 13-15
- Troncone R., Jabri B. 2011. Coeliac disease and gluten sensitivity. Journal of Internal Medicine, 269, 6: 582-590
- Vadnal K. 2002. Trženjski model oživitve etnične jedi na primeru ajdovega močnika. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, Kmetijstvo, 79: 45-54
- Wackerbauer K., Zuffall C. 1997. From malthouse to brewery- malt specifications and analysis. Brauwelt International, 1, 2: 22-28
- Wijngaard H.H., Arendt E.K. 2006. Optimisation of a mashing program for 100 % malted buckwheat. Journal of the Institute of Brewing, 112, 1: 57-65
- Wijngaard H.H., Ulmer H.M., Arendt E.K. 2005a. The effect of germination temperature on malt quality of buckwheat. Journal of the American Society of Brewing Chemists, 63, 1: 31-36

- Wijngaard H.H., Ulmer H.M., Arendt E.K. 2006. The effect of germination time on the final malt quality of buckwheat. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 64, 4: 214-221
- Wijngaard H.H., Ulmer H.M., Neumann M., Arendt E.K. 2005b. The effect of steeping time on the final malt quality of buckwheat. *Journal of the Institute of Brewing*, 111, 3: 275-281
- Willaert R. 2007. The beer brewing process: wort production and beer fermentation. V: *Handbook of food products manufacturing: Principles, bakery, beverages, cereals, cheese, confectionary, fats, fruits, and functional foods*. Hui Y.H. (ed.), Hoboken, John Wiley&Sons: 443-451
- Wrolstad R.E., Decker E.A., Schwattz S.J., Sporns P. 2005. *Handbook of food analytical chemistry: water, proteins, enzymes, lipids, and carbohydrates*. Wrolstad R.E. (ed.). Hoboken, John Wiley&Sons: 523-524
- Zeller F.J. 2001. Buckweizen (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Züchtung, Bodenkultur*: 259-276

ZAHVALA

Hvala mentorju doc. dr. Tomažu Požrlu za strokovno vodenje in koristne napotke med nastajanjem magistrskega dela ter za zaupanje in vedno dobrodošle vzpodbudne besede.

Zahvaljujem se somentorici doc. dr. Nataši Šegatin za natančen pregled magistrske naloge, strokovne nasvete, ter za dosegljivost za vsa moja vprašanja.

Zahvala gre tudi recenzentki prof. dr. Heleni Abramovič za strokoven, temeljit pregled magistrskega dela in izredno prijaznost.

Hvala gospe Zdenki Zupančič za pomoč pri delu v laboratoriju, vedno nasmejane in polepšane dneve, ter gospe prof. dr. Tatjani Košmerl za tople klepete, ko sem imela občutek, da ne gre več.

Za pomoč pri iskanju člankov, urejanju literature in oblikovanju te naloge se zahvaljujem uni. dipl. inž. Lini Burkan Makivić in gospe Barbari Slemenik, univ. dipl.bibl.

Brez njih to delo nebi nikoli nastalo zato gre posebna zahvala mami in očiju. Hvala za vso podporo tekom študija, motivacijo pri pisanju magistrskega dela, predvsem pa, da sta vseskozi verjela vame. Hvala Tadeju in Mateju za bratsko podporo.

Posebna zahvala gre tudi Tatjani in Jožetu Jesenovec. Vajina pomoč je neprecenljiva. Hvala ker sta mi stala ob strani v mnogih trenutkih, ko mi je zmanjkovalo poguma.

Nenazadnje pa gre veliko zasluge za dosego trenutnega cilja pripisati tebi Jure. Hvala za vso podporo, razumevanje in ljubezen. Hvala tebi in najini mali nadebudni Izabeli, da sta znala potrpeti in se kdaj znajti in zabavati tudi brez mene. Uspelo nam je.

Na koncu bi se rada zahvalila tudi mojim prijateljem in sošolcem. Pri tej nalogi niso bili neposredno udeleženi, so pa ta čas vsaj malo mislili name. Z vami so bila študijska leta polna smeha in zabave.

Vsak od zgoraj omenjenih je pomembno prispeval k temu, da sedaj s ponosom stojim na cilju.

Iskreno hvala vsem!