



.....
Srednja šola za kemijo,
elektrotehniko in računalništvo

VARJENJE IN ANALIZA LASTNEGA KRAFT PIVA

Agronomija in živilstvo

Avtor: Žiga Hrup

Mentor: Sebastian Klovar

Somentor: Vladimir Tkalec

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, 2025

Kazalo vsebine

Zahvala	1
Povzetek	2
Abstract	2
1 UVOD	3
2 TEORETIČNI DEL	4
2.1 Zgodovina piva	4
2.2 Pridobivanje in vrste piva	5
2.2.1 Priprava vode	5
2.2.2 Priprava sladu	5
2.2.3 Drozganje	6
2.2.4 zaključek drozganja in odcejanje	8
2.2.5 Koagulacija beljakovin ter zaključek kuhanja	8
2.2.6 Alkoholno vrenje	8
2.3 Pivovarna Clef	9
2.1 Sestava recepta in varjenje piva	10
2.2 Priprava sladu	10
2.3 Priprava vode in dodajanje sladu (»mash«)	12
2.4 Odcejanje (»sparge«)	12
2.5 Vretje (»boil«) in dodajanje hmeljev	13
2.6 Fermentacija	14
2.7 Zaključek izdelave piva	15
3 ANALIZA PIVA	16
3.1 Analiza pH	16
3.1.1 Eksperimentalni pogoji	16
3.1.2 Osnova vaje	16
3.1.3 Naloga	17
3.1.4 Inventar	18
3.1.5 Delo	18
3.1.6 Meritve	18
3.1.7 Rezultati meritev	18
3.1.8 Komentar	19
3.2 Analiza prevodnosti	19
3.2.1 eksperimentalni pogoji	19
3.2.2 Osnova vaje	19

3.2.2 Naloga	21
3.2.3 Inventar	21
3.2.4 Delo	22
3.2.5 Meritve	22
3.2.6 Rezultati	22
3.2.7 Komentar	22
3.3 Analiza IBU (grenkoba piva)	23
3.3.1 eksperimentalni pogoji	23
3.3.2 Osnova vaje	23
3.3.3 Naloga	25
3.3.4 Inventar	25
3.3.5 Kemikalije	25
3.3.5 Delo	26
3.3.6 Meritve	27
3.3.7 Račun	27
3.3.8 Rezultati	27
3.3.9 Komentar	27
3.4 Analiza piva na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo	28
3.4.1 Osnova analize alkohola	28
3.4.2 Rezultati analize alkohola	28

Kazalo slik

Slika 1: Slika tabele temperaturne lestvice	6
Slika 2: Primeri piv pivovarne Clef	8
Slika 3: Mletje sladu	9
Slika 4: Zmlet slad	9
Sliki 5 in 6: Različno pražena slad	10
Slika 7: Mlin	10
Slika 8: Dodajanje sladu	11
Slika 9: Sulfatna sol	11
Slika 10: Ekran za nadziranje pogojev	11
Slika 11: Odstranjevanje sladu	12
Slika 12: Odcejanje	12
Slika 13: Preverjanje kvasovk	12

Slika 14: Hmelj v briketih	12
Slika 15: Vretje piva z dodanim hmeljem	13
Slika 16: Fermentor (Pink Floyd)	13
Slika 17: Končni produkt	14
Slika 18 in 19: Sonda, ki sem jo uporabil za merjenje	16
Slika 20: Sonda za merjenje prevodnosti	19
Slika 21 in 22: Sonda za merjenje prevodnosti, ki sem jo uporabil.	19
Slika 23: Potek meritve prevodnosti	20
Slika 24: Primer spektrofotometra	23
Slika 25: Spektrofotometer, ki sem ga uporabil	25
Slika 27: Filtracija piva	25
Slika 28: Epruvete z vzorci	25
Slika 29: Rezultati analiz na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije	29

Kazalo tabel

Tabela 1: Meritve pH vrednosti	17
Tabela 2: Rezultati meritev	17
Tabela 3: Meritve prevodnosti	21
Tabela 4: Rezultati meritev prevodnosti	21
Tabela 5: Meritve absorbance	25
Tabela 6: Rezultati IBU	26

Zahvala

Iskreno bi se rad zahvalil mentorju v podjetju, gospodu Vladimirju Tkalcu, ki me je takoj, ko je slišal za mojo idejo o izdelavi ter analizi lastnega piva, podprl z vso močjo. Z mano je sodeloval od samega začetka, torej od zbiranja idej za pivo, sestave recepta in nastanka končnega produkta.

Rad bi se zahvalil tudi Savinjski pivovarni Clef, v kateri je moja ideja dobila realno obliko. Tam sem si najprej ogledal sam proces pridobivanja piva, nato pa ga tudi sam izdelal. Pomagali so mi pri sestavi recepta in mi omogočili, da sem se za en dan tudi sam preizkusil v vlogi pivovarja.

Nenazadnje se moram zahvaliti tudi mentorju, profesorju Sebastianu Klovarju, ki me je spremljal pri kemijskem delu te raziskovalne naloge. Z mano je bil v laboratoriju, odprt za vsa vprašanja, ki so se mi med analizo porodila.

Rad bi se zahvalil tudi Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije v Žalcu, kjer sem opravil dodatne analize na vzorcu piva.

Povzetek

Umetnost pridelovanja piva se je začela že v Mezopotamiji. Pivo se je nedolgo nazaj skrivalo v »senci« vina, danes pa temu ni več tako. Popularnost in razvoj kraft oziroma butičnega pivovarstva še vedno narašča. Pivovarstvo je tako rekoč umetnost, za katero potrebujemo kvalitetne sestavine, znanje o varjenju piva in dobro merico drznosti. Menim, da dobro pivo ne nastane samo iz dobrih sestavin, zanj je potreben tudi odličen pivovar.

Sam sem se odločil za to raziskovalno nalogo, saj je tudi v meni tlela žilica drznosti, da se preizkusim v vlogi pivovarja, da naredim pivo po svojem lastnem receptu in ga analiziram. V raziskovalni nalogi vam bom predstavil to pivo ter razliko med »komercialnim« in »kraft« pivovarstvom.

Ključne besede: umetnost pridelovanja piva, butično pivovarstvo, kvalitetne sestavine

Abstract

The art of brewing began as early as Mesopotamia. Not long ago, beer was hidden in the "shadow" of wine, but today this is no longer the case. The popularity and development of craft or boutique brewing is still growing. Brewing is, so to speak, an art for which we need quality ingredients, knowledge of brewing beer and a good measure of boldness. My personal opinion is that good beer is not only made from good ingredients, it also requires a great brewer.

I decided to undertake this research task myself, because a vein of audacity was born in me to try myself in the role of a brewer, to make beer according to my own recipe, and to analyze it. In this research paper, I'm going to introduce you to this beer, and the difference between commercial and craft brewing.

Key words: the art of brewing, boutique brewing, quality ingredients

1 UVOD

Sem dijak četrtega letnika na Srednji šoli za kemijo, elektrotehniko in računalništvo, smer kemijski tehnik. Sem velik ljubitelj butičnega pivovarstva – tako samega piva kot tudi procesa varjenja. Glavna razlika med butičnim in komercialnim pivovarstvom je v kvaliteti. Pri butičnem pivovarstvu je več pozornosti namenjeno izbiri sestavin in samemu procesu. Količina piva, zvarjenega v butični pivovarni, je veliko manjša kot v navadnih pivovarnah, zato lahko pri butičnih pivovarnah posvečamo več pozornosti pri varjenju posameznih šarž.

Namen raziskovalne naloge je bil narediti pivo po lastnem receptu in ga analizirati. Zadal sem si kar velik zalogaj, saj sem si izmislil svoj recept in ga nato spravljal do končnega produkta. Izmislil sem si recept za pivo black ipa. Po tem receptu sem zvaril pivo in v procesu sekundarne fermentacije dodal spremenljivko – količino sladkorja. Tako sem dobil tri različna piva, ki sem jih analiziral. Opravljal sem analizo pH ter analizo IBU s spektrofotometrijo.

Zastavljal sem naslednje hipoteze:

- vsa tri piva bodo po sekundarni fermentaciji obdržala pH med 5,1 in 5,5;
- količina dodanega sladkorja ne bo vplivala na pH;
- sladkor v sekundarni fermentaciji ne bo vplival na okus piva.
- da bo pivo vrednost alkohola nad 7,5 vol%

2 TEORETIČNI DEL

V teoretičnem delu vam bom predstavil zgodovino piva, teorijo pridobivanja piva in butično pivovarno, ki mi je pomagala do končnega izdelka.

2.1 Zgodovina piva

Pivo naj bi izviral iz Mezopotamije, kjer so ga izdelovali že v 4. tisočletju pr. n. št. in so ga uvrščali med osnovna živila. Pivo je v pisnih virih prvič omenjeno v Hamurabijevem zakoniku in v Himni boginji Ninkasi, nekakšni molitvi mezopotamski boginji piva, ki je hkrati služila tudi kot recept. Obstajajo podatki, da so v Mezopotamiji predelali v pivo kar 40 % vsega pridelanega žita (predvsem pšenice in ječmena). Do danes se je ohranilo veliko mezopotamskih receptov za pivo, med katerimi so tudi takšni, ki zahtevajo dodatek k drozgi v obliki različnih aromatičnih rastlin, ki dajo pivu poseben okus. Za posebno močno pivo so Mezopotamci drozgi dodajali med vretjem tudi med.

Prvi kemični ostanki piva so bili najdeni na arheološkem najdišču Godin Tepe v gorovju Zagros v zahodnem Iranu in izvirajo iz časa med 3500 in 3100 pr. n. št.

Kdaj je pivo prišlo v Evropo, ne vemo zagotovo. Znano je, da so ga pridobivali že v zgodnji bronasti dobi okoli leta 3000 pr. n. št. Takratno pivo se je od današnjih precej razlikovalo, saj je vsebovalo tudi sadje, med, različne rastline, začimbe in celo narkotične substance. Največja razlika med današnjim pivom in prvimi pivi je bila v tem, da v prvotnih pivih ni bilo hmelja, ki je bil v pisnih virih kot dodatek pivu omenjen šele okoli leta 822 v zapiskih nekega karolinškega meniha. Kasneje je hmelj kot dodatek k pivu v svojih zapisih omenila tudi srednjeveška opatinja Hildegarda iz Bingna. Pivo so pred industrijsko revolucijo izdelovali in prodajali v majhnih količinah, predvsem doma. Do 7. stoletja se je pivovarstvo razširilo tudi v samostane, ko so pivo izdelovali in prodajali v vse večjem obsegu. Med industrijsko revolucijo so se pojavile prve manufakture, ki so proizvajale pivo. Do 19. stoletja je tako postala domača proizvodnja piva že skoraj povsem zanemarljiva. Z iznajdbo areometra in termometra so pivovarji prišli do dveh pomembnih pripomočkov, ki sta ključno vplivala na proces varjenja piva, ker sta zagotavljala boljši nadzor nad procesi ter boljšo kakovost končnega proizvoda. Prvotno pivo (prapivo) so izdelovali brez kuhanja, samo z

alkoholnim vrenjem. Razgradnjo škroba iz žita so dosegli s pomočjo človeške slin, ki vsebuje tudi nekaj amilaz [14], alkoholno vrenje pa so povzročile divje glive kvasovke iz zraka. Žito so v ustih dobro prežvečili, potem izpljunili v posode, kjer je zavrelo. Tako pripravljeno pijačo danes imenujemo prapivo. Nekatera ljudstva še danes pridobivajo pivo na podoben način.

2.2 Pridobivanje in vrste piva

2.2.1 Priprava vode

V pivu je približno 90 % vode, zato je za kvalitetno pivo le-ta najpomembnejša sestavina. Pomembno je da med drozganjem spremljamo pH drozge. Pri izkušenih pivovarjih je postopek priprave vode malo drugačen. Pri njih se voda predpripravi, tako da analizirajo vodo (kemijsko sestavo vode – npr. vsebnost kalcija, magnezija, natrija, kloridov, sulfatov, ipd.) in jo potem regulirajo z bazičnimi kemikalijami (npr. s kalcijevim karbonatom, s kalcijevim sulfatom, kalcijevim kloridom, ipd.).

2.2.2 Priprava sladu

Slad so žitna zrna, ki so namočena, nakaljena in po določenem času z vročim zrakom posušena ali pražena. Bistvo kaljenja je aktivacija encimov. Slad pripravljamo v glavnem iz ječmena, lahko pa uporabimo tudi druge žitarice, kot so pšenica, riž, oves, rž, ipd. Slad je včasih pripravljala vsaka pivovarna zase, danes pa ga večinoma proizvajajo samostojne sladarne, kot npr. Mouterij Dingemans. Slad mora pred uporabo zoreti najmanj šest tednov, nato pa se lahko uporabi za izdelavo piva. Največkrat ga uporabljamo v obliki zrnja, pojavlja pa se še v obliki ekstrakta (suh ali tekoč). Najprej se ječmen obdela, in sicer tako, da se odstranijo vse tuje primesi. Potem se ga sortira, da se doseže enakomernost zrn, kar je zelo pomembno za pravilno izdelovanje slada. Tako očiščeni in sortirani ječmen se potem namoči, da se temeljito napije vode. Nato se pusti ječmen kaliti, in sicer tako dolgo, da se izloči koreninska kal in da listna kal zraste približno do $\frac{3}{4}$ dolžine zrna. Ta procedura traja od 9 do 10 dni. Kaljeni ječmen se potem previdno umetno suši in praži – tako nastane pivovarski slad. Slad mora pred uporabo zoreti še najmanj šest tednov. Češki pivovarji pravijo, da se mora udomačiti. Med kaljenjem v zrnju nastajajo encimi amilaze (t. i. saharifikacija škroba, angl. sacharification), ki bodo pri drozganju razgrajevali škrob v

vodotopne sladkorje (monosaharidni glukoza/dekstroza, disaharid maltoza, trisaharidni maltotrioza, oligosaharidi ter polisaharidi maltodekstrini). Encimi so proteini, ki so naravno prisotni v vseh živih celicah. Njihova funkcija je kataliziranje naravnih kemičnih reakcij. So močno selektivni. Vsak encim katalizira samo eno specifično reakcijo.

Kako pa slad sploh vpliva na pivo? Slad je za pivo pomemben zaradi naslednjih lastnosti:

1. **aroma** – je stranski produkt kaljenja in kuhanja, ponavadi je to aroma toasta, karamele in praženja (kot kava, čokolada itd.);
2. **okus** – enako kot pri aromi; okusi toasta, karamele in praženja;
3. **barva** – kaljenje, sploh pa praženje sladu poskrbita za specifično barvo, ki je lahko zelo bleda, rumena, rdeča, rjava ali temna kot jo poznamo iz porterjev in stoutov;
4. **tekstura** – oziroma občutek v ustih je v velikem delu zasluga sladu in se kaže v različnih lastnostih piva, kot so gladko, suho, gosto, ...

Po namenu lahko delimo slade še na naslednje tipe:

- osnovni,
- karamelni,
- praženi in
- posebni.

Osnovni se uporabljajo za pridobivanje sladkorjev za fermentacijo, ostali trije pa so namenjeni predvsem oblikovanju okusa in barvi piva.

2.2.3 Drozganje

Drozganje je proces, v katerem se zdrobljeni slad pomeša z vročo vodo, da se aktivirajo encimi (alfa in beta amilaze), ki razgradijo škrob in ga pretvorijo v vodotopni enostavni sladkor, večinoma v maltozo. Zdrobljeni slad se pomeša z do štirikratno količino vode in stalno meša. Začetna temperatura drozge je 35 °C, potem pa se postopoma segreje na 69 °C. Drozganje traja eno do dve uri, v odvisnosti od slada. Zmes slada in vode se imenuje pivska brozga, sama raztopina pa sladica.

Temperaturna lestvica

Faza	Temperatura	pH	Opis
Proteaze	45-55°C	4.6-5.3	Razgrajuje beljakovinskih verige v polipeptide, dipeptide, aminokisliline. Ni potreben v primeru dobrega slada. Priporočljiv je za pšenično, kosmiče, nesladeno zrnje, rž ipd.
β -amilaze	55-66°C	5.0-5.5	Proizvajajo enostavne sladkorje – maltozo in s tem visoko fermentirano sladico. To naredi pivo bolj pusto.
Obe amilazi	65-69°C	5,1-5,5	Ciljno drozganje. Proizvede fermentajoči in nefermentajoči del sladice.
α -amilaze	68-72°C	5.3-5.7	Proizvajajo kompleksne sladkorje in s tem manj fermentirano sladico. To naredi pivo bolj polno.
	76°C		Zaustavitev delovanja amilaz
	77°C		'Sparge' oziroma izplakovanje slada. Izplakne preostanke sladkorjev. Previsoka temperatura proizvede TANIN.

Slika 1: Slika tabele temperaturne lestvice

Amilaze – encimi za pretvorbo škroba

α -amilaze – sodijo med endoamilaze, ki cepijo α -1,4 vezi, in sicer tiste, ki so v notranjosti amilozne in amilopektinske molekule. Končni produkti so oligosaharidi z različnimi dolžinami verig. Če imajo na voljo dovolj časa, lahko razgradijo tudi nepoškodovana škrobna zrnca. Razširjena je med rastlinami, živalmi in mikroorganizmi. α -amilaze zmanjšajo elastičnost in trdoto sredice. Njihov cilj je spreminjanje škroba v dekstrine → proizvajajo nefermentirano sladico.

β -amilaze – vsebujejo jih samo rastline (ječmen, pšenica, itn.). Razgradijo le škrob iz poškodovanih škrobnih zrn. Le-te cepijo zunanje α -1,4 vezi in ne α -1,6 vezi v amilozi ter amilopektinu. Njihov končni produkt sta lahko le glukoza ali maltoza. Njihov cilj je spreminjanje škroba v maltozo → proizvajajo visoko fermentirano sladico.

Ciljna temperatura drozganja je med 65 °C in 69 °C pri pH 5,1 do 5,5.

2.2.4 zaključek drozganja in odcejanje

Odcejanje je ločevanje sladice od izluženega slada. Ko so v sladni drozgi končani vsi encimski procesi in so se topne snovi drozge raztopile v vodi, je potrebno sladico ločiti od tropin. To poteka v dveh stopnjah. Prva stopnja je odcejanje, pri katerem je pomembna temperatura drozge. Če se ta ohladi, postane viskozna (gosta), kar otežuje odcejanje, zato je potrebno izpiranje z vročo vodo, ki ima temperaturo med 75 in 77 °C.

Izpiranje zrnja z vročo vodo z zrnja spere ostanke sladice. Drozgane tropine izpiramo z dvakratno do trikratno količino segrete vode kot suhega slada. Izpiranje poteka v posebni posodi, ki ima posebno zasnovano dno, tako da lahko sladica odteka v posodo za kuhanje. Če želimo, da je naše pivo posebej kvalitetno, tropin ne smemo preveč izpirati.

2.2.5 Koagulacija beljakovin ter zaključek kuhanja

Za stabilizacijo in bistrenje pivine mora pri kuhanju priti do popolne koagulacije beljakovin, saj nekogulirane beljakovine povzročajo motnost piva in motijo proces fermentacije.

2.2.6 Alkoholno vrenje

Pivino, ohlajeno na 18 °C, prenesemo v **fermentor**. Pazimo, da ne prenesemo usedlin hmelja ter sladu, saj usedline negativno vplivajo na končen okus piva.

Predpriprava kvasovk: kvasovke na začetku potrebujejo kisik. Če pivino prezračimo, pomaga kvasovkam pri razmnoževanju. Priporočljivo je, da kvasovke rehidriramo in razmnožimo, ni pa obvezno. Kvasovke so tiste, ki povzročijo alkoholno vretje.

Ko se večina sladkorjev pretvori v alkohol, se fermentacija upočasni, kvas pa se začne usedati na dno posode. Rezultat fermentacije je mlado pivo.

Priporočeno je ohlajanje na 1 do 4 °C, kar povzroči posedanje kvasa ter dodatno koaguliranje beljakovin. Zaradi zmanjšanja topnosti se izločijo tudi snovi z neprijetnim vonjem, kot so spojine fenola, kar izboljša okus piva. Postopek lahko poteka kar v fermentorjih ali pa v posebnih posodah pri povišanem tlaku, da ogljikov dioksid ne izpari. Večina piv se nato filtrira, da se iz piva izloči vse trdne delce, s čimer se izboljša okus in izgled piva. Pivo po fermentaciji ustekleničimo ali pretočimo v sode, kjer mora ob dodatku sladkorja dozoreti (poteče sekundarna fermentacija). Čas in temperatura zorenja se razlikuje z vrsto piva.

2.3 Pivovarna Clef

Clef pivovarna je pivovarna, ki deluje s tradicijo. Pivovarna je zgrajena v majhni hiši v Arji vasi, ki je spomeniško zavarovana. Odprla se je leta 2019. V njihovi pivovarni je vse povezano z glasbo, tudi ime »Clef« pomeni notni ključ. Tako sodelujejo z na primer skupino Mi2 in Tabu. Člani teh skupin so stalni gostje pivovarne in so sodelovali pri izdelavi piva, ki se imenuje po omenjenih skupinah. Kot zanimivost o pivovarni – tudi njihovi fermentorji so poimenovani po glasbenih skupinah, npr. AC/DC, Dire Straits, ...

V pivovarni pa varijo tudi tako imenovana sprotna piva, ki jih niti ne poimenujejo. V trendu so kislila piva z različnimi okusi, ki so kot nalašč za poletne dni. Ponujajo jih na svoji lokaciji – nasproti poslopja namreč stoji kozolec, toplar, ki je namenjen obiskovalcem. Mnogo obiskovalcev tega kozolca povprašuje po pivu. Pivovarjem je to zelo všeč, saj je ravno to njihov cilj; povečati zanimanje ter znanje o pridelavi piva. Velika želja njihovih pivovarjev je, da se v kraft pivovarstvu približajo ZDA.



Slika 2: Primeri piv pivovarne Clef

2 EKSPERIMENTALNI DEL

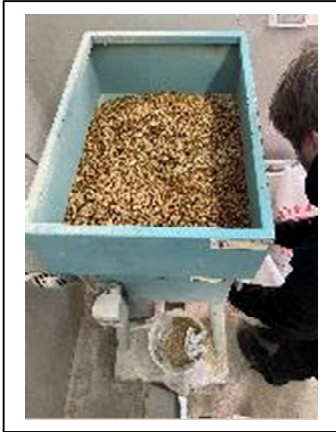
2.1 Sestava recepta in varjenje piva

V pivovarno Clef sem se odpravil 22. 11. 2024, kjer sem prvič videl proces pridobivanja piva. Z vodjo pivovarne sem si ogledal in natančno predelal vsak korak posebej. Podučili so me o pivih, ki jih pridelujejo, o zgodovini njihove pivovarne in o so samem poteku dela. Tako sem si takrat skrbno zapisoval vsak korak, da bom na dan, ko bom tudi jaz naredil svoje pivo, pripravljen in bom vedel, kako kaj poteka. Istega dne smo prišli do skupnega recepta, ki je nastal na osnovi piva, ki je meni všeč, vendar smo ga malenkost spremenili in moje pivo naredili še boljše.

Recept za pivo smo sestavili v programu Beer Smith. To je program, v katerega vnesemo željene sestavine, le-ta pa izračuna, koliko česa potrebujemo za željen volumen piva, kako dolgo izvajati določen korak postopka, izračuna tudi vsebnost alkohola na koncu ter pH, na katerem je potrebno pivo vzdrževati skozi celoten postopek. V mojem pivu so tako na koncu trije različni hmelji oziroma hopi. Prvi je bil dodan cascade, ki spada med najpopularnejše hmelje za aromo, z uravnoteženo grenčico in aromami cvetic ter citrusov. Drugi t. i. hop je bil citra. Ta vrsta hmelja daje pivu močno aromo ter okus tropskih sadežev in je v pivovarstvu zelo priljubljen. Zadnji hmelj, ki smo ga dodali, pa se imenuje strata. Ta daje pivu aromo po različnih sadjih.

2.2 Priprava sladu

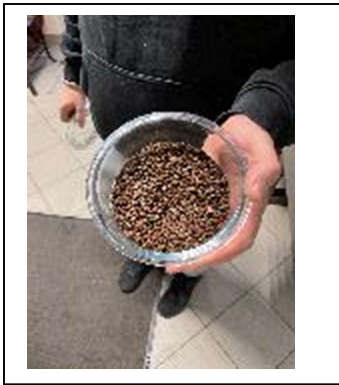
20. januar pa je bil dan, ko je moje pivo začelo dobivati realno idejo. Ponovno sem se znašel v Arji vasi. Z ekipo pivovarne Clef smo začeli z mletjem ječmenovega sladu. Večino sladu je bilo nepraženega, dodali pa smo ga tudi določeno količino s kar visoko stopnjo praženosti, saj smo delali pivo black ipa. Mlin smo nastavili na določeno debelino ter zmleli kar 66 kilogramov ječmena.



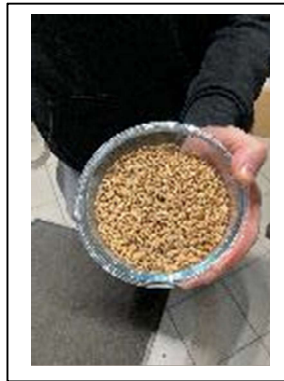
Slika 3: Mletje sladu



Slika 4: Zmleta slad



Slika 5: Različno pražena slad



Slika 6: Različno pražena slad



Slika 7: Mlin

2.3 Priprava vode in dodajanje sladu (»mash«)

V kotel smo po receptu nalili 300 litrov vode, ki jo je bilo potrebno še pripraviti. Za pivo, ki smo ga delali, je bilo potrebno dodati določeno količino sulfatne soli. To je za kvalitetno pivo zelo pomemben korak, saj je v pivu približno 90 % vode. Vodo smo nato segreli na 72 °C, kar je primerna temperatura za dodajanje sladu, ki ga dodamo vsega naenkrat. Med tem je temperatura padla, ker je bil slad hladnejši, zato smo morali počakati, da se je temperatura dvignila na 65 °C. Pri tej temperaturi slad kuhamo 60 minut. Ta korak se imenuje drozganje. Med drozganjem je potrebno biti pozoren na pH. Uravnavamo ga z dodajanjem mlečne kisline, ki smo jo najprej dodali določeno količino po receptu, na to pa še nekaj dodatne, da se je pH res ustalil.



Slika 8: Dodajanje sladu



Slika 9: Sulfatna sol



Slika 10: Ekran za nadziranje pogojev

2.4 Odcejanje (»sparge«)

Odcejanje poteka v našem primeru pri temperaturi 75 °C. To je korak, kjer se ves slad posede na dno. Pivo od spodaj črpamo navzgor in ga polivamo po sladu, da se ta maksimalno ekstrahira. S tem se pivo tudi očisti trdnih delcev in zbistri. Ko je pivo dovolj bistro, ga pretočimo v drug kotel, v katerem ga bomo kasneje zavreli in dodali hmelje. Ta korak imenujemo odcejanje, ker ima kotel posebno dno z luknjicami, kjer se pivo loči od slada. Ko

je pivo že v drugem kotlu, je iz kotla, v katerega smo dodali slad, potrebno odstraniti vse ostanke. To storimo s posebnimi orodji ali pa kar z veliko leseno kuhalnico.



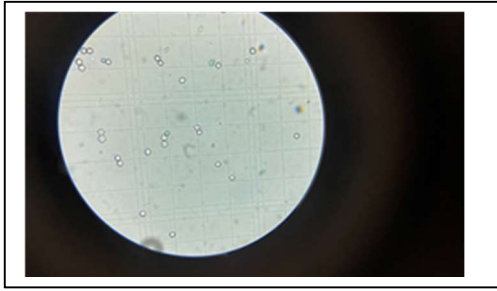
Slika 11: Odstranjevanje sladu



Slika 12: Odcejanje

2.5 Vretje (»boil«) in dodajanje hmeljev

Vretje je korak, kjer se pivo prekuha. V tem koraku moramo vzdrževati stalno temperaturo 100 °C. Ko bomo pivo pretočili v ta kotel, bo njegova temperatura med 70 in 80 °C, zato moramo počakati, da temperatura naraste. Takoj ko pivo zavre, začnemo z merjenjem časa. Vretje naj traja 60 minut. V tem koraku bomo po 30 minutah dodali prvo šaržo hmelja. To bo hmelj cascade, nato po določenem času dodamo še dve šarži ostalih dveh hmeljev. Hmelji se dodajajo v posebnih prepustnih vrečah, nekaj pa smo ga dodali tudi v briketih. Medtem ko je pivo vrelo, smo preverili tudi aktivnost kvasovk. Najprej smo v plastičen kozarček odpipetirali 1 mililiter kvasovk in 9 mililitrov vode. To raztopino smo na to dalje razredčili. Odpipetirali smo 1 mililiter raztopine in dodali še 99 mililitrov vode. Aktivnost kvasovk smo nato preverili pod mikroskopom – naše so bile aktivne nad 95 %. Ko je bil postopek dodajanja hmelja končan, smo izvedli metodo, ki se imenuje vrtinec ali po angleško whirlpool. To je metoda, s katero pivo ločimo od hmeljnih briketov, da se ti posedejo na dno. Metodo smo izvajali pri 80 °C, poteka pa s pomočjo mešalcev, ki so vgrajeni v kotel.



Slika 13: Preverjanje kvasovk



Slika 14: Hmelj v briketih



Slika 15: Vrenje piva z dodanim hmeljem

2.6 Fermentacija

Pivo smo nato pretočili v fermentorje. Teklo je skozi vodni hladilnik, kjer se je ohladilo na 18 °C. To je temperatura, pri kateri so kvasovke najaktivnejše. Pivo pustimo fermentirati med 5 in 7 dni. Dva tedna preden pivo pretočimo v steklenice, je po našem receptu potrebno pivo še »suho pohmeljati«, kar pomeni, da pivu dodamo še nekaj hmelja za grenčico in aromo. Dodali smo hmelja citra in strata.

Sledi še sekundarna fermentacija. Preden smo pivo ustekleničili, smo v steklenice dodali sladkor. V mojem primeru smo v nekaj steklenic dodali 1 gram sladkorja, v nekaj steklenic 2 grama in v nekaj steklenic 3 grame. Tako je pivo moralo še dozoreti. To je trajalo 7 dodatnih dni. Da smo sekundarno fermentacijo ustavili, je bilo pivo potrebno za nekaj časa postaviti v hladilnik.



Slika 16: Fermentor (Pink Floyd)

2.7 Zaključek izdelave piva

Tako smo prišli do končnega izdelka. Dobili smo prečudovito in okusno kraft pivo Black Ipa, s 7,5 procenti alkohola, ki sem ga poimenoval Slow Monkeys pivo. Ime Slow Monkeys je dobilo po naši glasbeni skupini, saj smo vsi člani veliki oboževalci dobrega in kvalitetnega piva ter smo si od nekdanj želeli svoje pivo.



Slika 17: Končni produkt

3 ANALIZA PIVA

3.1 Analiza pH

3.1.1 Eksperimentalni pogoji

T= 22 °C

p= 99,55 kPa

3.1.2 Osnova vaje

pH je merilo za koncentracijo oksonijevih ionov v raztopini in s tem merilo za njeno kislost oziroma bazičnost. Pojem pH je uvedel danski kemik Søren Peder Lauritz Sørensen. Faktor pH je definiran kot:

$$pH = -\log_{10} [H_3O^+]$$

Pri tem je $[H_3O^+]$ koncentracija oksonijevih ionov pogosto zapisana tudi kot $[H^+]$. pH se številči med 0 in 14. Snovi oziroma raztopine s pH manjšim od 7 so kisle, snovi s pH 7 so nevtralne in snovi s pH več kot 7 so bazične.

Metode za določanje pH

Obstaja več metod za analizo pH, ki se uporabljajo glede na zahtevano natančnost in vrsto vzorca.

a) Indikatorski papirji in pH lističi: to je preprosta in hitra metoda, kjer se listič, prepojen s pH indikatorji, potopi v raztopino. Barva lističa se nato primerja s standardno barvno lestvico. Metoda je cenovno ugodna, vendar manj natančna (ločljivost običajno 0,5–1 pH enote).

b) pH-indikatorske raztopine: določeni kemijski indikatorji (npr. fenolftalein, metiloranž, bromtimol modro) spremenijo barvo glede na pH raztopine. Ta metoda se pogosto uporablja pri titracijah in kvalitativnih analizah.

c) pH-meter (elektrokemijska metoda): najbolj natančna metoda za merjenje pH vključuje uporabo pH-metrov, ki temeljijo na elektrokemijskih principih. pH-meter vsebuje:

- stekleno elektrodo, ki je selektivna za H^+ ione,

- referenčno elektrodo, ki zagotavlja stabilen referenčni potencial,
- merilno enoto, ki pretvori elektrokemijski signal v pH vrednost.

Postopek merjenja s pH-metrom

Kalibracija – pred vsako uporabo je treba pH-meter kalibrirati s puferskimi raztopinami znanih vrednosti (npr. pH 4, 7, 10).

Merjenje – elektroda se potopi v vzorec, kjer naprava izmeri potencial, ki ga povzroči prisotnost H⁺ ionov.

Odčitavanje – pH vrednost se prikaže na zaslonu instrumenta.

Dejavniki, ki vplivajo na točnost meritev

Temperatura – pH elektrode so temperaturno občutljive, zato se pogosto uporablja temperaturna kompenzacija.

Kontaminacija elektrode – nepravilno shranjevanje ali umazanija lahko vplivata na natančnost.

Prisotnost močnih oksidantov ali reducentov – nekatere kemikalije lahko vplivajo na delovanje elektrode.

Uporaba pH analize

V laboratorijih – kontrola kemijskih reakcij in analizne metode.

V industriji – nadzor kakovosti v farmaciji, živilski in kozmetični industriji.

V okolju – spremljanje kakovosti vode, tal in zraka.

V medicini – določanje pH krvi, urina in telesnih tekočin.

pH analiza je ključna v številnih znanstvenih in tehničnih disciplinah, saj vpliva na kemijske in biološke procese.

3.1.3 Naloga

Moja naloga je bila izmeriti pH trem različnim vzorcem piva.

3.1.4 Inventar

Za delo sem uporabil dve 150 mililitrski ter eno 100 mililitrsko čašo za vzorce, brezžično Vernier sondo za merjenje pH, staničevino za brisanje sonde, 400 mililitrsko čašo za spiranje sonde, puhalko z deionizirano vodo ter telefon z aplikacijo Graphical Analysis za odčitanje rezultatov.



Slika 18 in 19: Merjenje pH

3.1.5 Delo

V 100 oziroma 150 mililitrske čaše sem nalil vzorce piva in jih pustil stati 10 minut. Med tem sem kalibriral sondo za merjenje pH. Sondo sem potopil v pufer z znano pH vrednostjo. Najprej je bil to pufer s pH vrednostjo 4. V aplikacijo Graphical Analysis sem vnesel znan podatek ter počakal nekaj sekund, da se je sonda kalibrirala. Isto sem ponovil s pufrom, ki ima pH vrednost 7. Ko je bila sonda kalibrirana, sem jo potopil v vzorce piva in vsako meritev trikrat ponovil. Rezultate sem odčital s telefona.

3.1.6 Meritve

	vzorec 1			vzorec 2			vzorec 3		
št meritve	1	2	3	1	2	3	1	2	3
pH vrednost	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9

Tabela 1: Meritve pH vrednosti

3.1.7 Rezultati meritev

vzorec	1	2	3
pH vrednost	4,9	4,9	4,9

Tabela 2: Rezultati meritev

3.1.8 Komentar

Vsi trije vzorci piva, ne glede na dodano količino sladkorja za sekundarno fermentacijo, so imeli enako vrednost pH. Pivo vrednosti pH ni obdržalo. Pred fermentacijo je bil pH piva 5,5, po fermentaciji pa se je ta spustil na 4,9.

3.2 Analiza prevodnosti

3.2.1 eksperimentalni pogoji

$T = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$p = 99,55 \text{ kPa}$

3.2.2 Osnova vaje

Električna prevodnost (enota S/m ali mS/cm) meri sposobnost raztopine za prevajanje električnega toka. Ta sposobnost je odvisna od prisotnosti ionov v raztopini – večja kot je koncentracija ionov, višja je prevodnost. Analiza električne prevodnosti je ključna pri nadzoru kakovosti vode, kemijskih raztopin in industrijskih procesov.

Princip merjenja električne prevodnosti

Električna prevodnost temelji na premikanju nabitih delcev (ionov) v električnem polju. Ko v raztopino potopimo dve elektrodi in nanju priključimo napetost, se pozitivni ioni (kationi) premikajo proti negativni elektrodi (katodi), negativni ioni (anioni) pa proti pozitivni elektrodi (anodi). Električni tok, ki pri tem teče, je sorazmeren s koncentracijo ionov.

Postopek merjenja električne prevodnosti

Priprava in kalibracija

Priprava elektrode – elektrodo je treba pred uporabo očistiti in sprati z destilirano vodo.

Kalibracija – meritev se izvede s standardnimi raztopinami znane prevodnosti (npr. 1413 $\mu\text{S/cm}$ ali 12.88 mS/cm). Naprava se prilagodi na ustrezne vrednosti.

Izvedba meritve

Potopitev elektrode – elektroda se potopi v vzorec, pri čemer ne sme biti zračnih mehurčkov, saj lahko vplivajo na natančnost.

Meritev – konduktometer po nekaj sekundah stabilizira vrednost in prikaže prevodnost na zaslonu.

Odčitavanje in zapis rezultatov – prevodnost se pogosto izrazi v $\mu\text{S}/\text{cm}$ ali mS/cm in se lahko pretvori v skupno koncentracijo raztopljenih snovi (TDS) ali slanost.

Dejavniki, ki vplivajo na točnost meritve

Temperatura – prevodnost narašča s temperaturo (približno 2 % na $^{\circ}\text{C}$), zato je pomembna temperaturna kompenzacija.

Vrsta ionov – različni ioni imajo različno gibljivost; npr. K^+ in Na^+ prevajata bolje kot Ca^{2+} .

Onesnaženje elektrode – ostanki na elektrodi lahko spremenijo meritve, zato je potrebno redno čiščenje.

Uporaba meritev električne prevodnosti

Nadzor kakovosti vode – pitna voda, industrijska voda, odpadne vode.

Farmacija in živilska industrija – preverjanje čistosti raztopin.

Kemijske analize – spremljanje ionskih reakcij.

Hidrologija in ekologija – spremljanje onesnaženosti rek, jezer in morij.

Električna prevodnost je pomemben parameter, ki omogoča hitro in natančno oceno ionske sestave raztopin, zato se pogosto uporablja v različnih laboratorijskih analizah.



Slika 20: Sonda za merjenje prevodnosti

3.2.2 Naloga

Moja naloga je bila izmeriti prevodnost pivom z različno količino dodanega sladkorja za sekundarno fermentacijo.

3.2.3 Inventar

Uporabil sem dve 150 mililitrski in eno 100 mililitrsko čašo, brezžično Vernier sondo za merjenje prevodnosti, telefon z aplikacijo Graphical Analysis, staničevino, puhalko z deionizirano vodo in 600 mililitrsko čašo za spiranje sonde.



Slika 21 in 22: Sonda za merjenje prevodnosti, ki sem jo uporabil

3.2.4 Delo

V 100 oziroma 150 mililitrske čaše sem nalil vzorce piva in jih pustil stati 20 minut, da so se termostatirali na sobno temperaturo, medtem sem pripravil sondo. Bilo jo je potrebno kalibrirati v standardni raztopini s prevodnostjo 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ko so bili vzorci termostatirani, sem pričel z meritvami. Meritev za vsak vzorec sem ponovil trikrat. Med vsako meritvijo sem sondo spral z deionizirano vodo in jo obrisal s staničevino. Rezultate sem nato razbral iz telefona.



Slika 23: Potek meritve prevodnosti

3.2.5 Meritve

	vzorec 1			vzorec 2			vzorec3		
št. Meritve	1	2	3	1	2	3	1	2	3
prevodnost [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	1900	1900	1900	1920	1920	1920	1860	1860	1860

Tabela 3: Meritve prevodnosti

3.2.6 Rezultati

	vzorec 1	vzorec 2	vzorec 3
prevodnost [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	1900	1920	1860

Tabela 4: Rezultati meritev prevodnosti

3.2.7 Komentar

Pivo z dodanim 1 gramom sladkorja je imelo prevodnost 1900 $\mu\text{S}/\text{cm}$, z 2 gramoma 1920 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in pivo s 3 grami 1860 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Prevodnost je odvisna od temperature, morda je bila med meritvami prevelika časovna razlika, saj se prevodnosti malo razlikujejo, sladkor pa načeloma ne bi smel vplivati na prevodnost.

3.3 Analiza IBU (grenkoba piva)

3.3.1 eksperimentalni pogoji

$T = 22\text{ }^\circ\text{C}$

$P = 99,55\text{ kPa}$

3.3.2 Osnova vaje

IBU oziroma grenkobo piva smo določali spektrofotometrično pri valovni dolžini 250 nm.

$$IBU = 50 \times A_{275}$$

Spektrofotometrija je analitična metoda, ki temelji na merjenju absorpcije ali prenosa svetlobe pri določenih valovnih dolžinah skozi vzorec. Gre za eno najpogosteje uporabljenih tehnik v kemiji, biologiji, farmaciji, medicini, materialih in okoljskih znanostih, saj omogoča kvantitativno določanje koncentracije snovi v raztopini.

Osnovna načela spektrofotometrije

Spektrofotometrija temelji na interakciji elektromagnetnega sevanja s snovjo. Ko svetloba določene valovne dolžine prehaja skozi vzorec, ga lahko ta absorbira ali prepušča. Intenziteta absorbirane svetlobe je odvisna od vrste snovi, njene koncentracije in dolžine poti svetlobe skozi vzorec.

Vrste spektrofotometrije

Spektrofotometrijo delimo glede na območje elektromagnetnega spektra, ki ga uporabljamo.

UV-Vis spektrofotometrija (ultravijolična in vidna svetloba, 200–800 nm): najpogostejša metoda za analizo organskih in anorganskih spojin, ki absorbirajo svetlobo v tem območju.

Uporablja se v biokemiji za merjenje koncentracije proteinov (npr. metoda Bradford, BCA), nukleinskih kislin (A260/A280 razmerje) in barvil.

IR spektrofotometrija (infrardeča svetloba, 800 nm–1 mm): preučuje vibracijske in rotacijske prehode molekul. Uporablja se za identifikacijo funkcionalnih skupin v organskih molekulah.

Fluorescenčna spektrofotometrija (merjenje emisije po absorpciji svetlobe): osredotoča se na emisijo svetlobe po absorpciji določene valovne dolžine. Pogosta metoda v biokemiji in medicini za označevanje biomolekul.

Zgradba spektrofotometra

Spektrofotometer je sestavljen iz več ključnih komponent.

Vir svetlobe: halogenska žarnica (za vidni del spektra) ali deuterijeva svetilka (za UV svetlobo).

Monokromator: optični sistem, ki izbere specifično valovno dolžino svetlobe (prizma ali mreža).

Vzorčna kiveta: vsebuje analizirano raztopino, običajno iz kremenčevega ali steklenega materiala.

Detektor: zazna prepuščeno svetlobo in jo pretvori v električni signal (fotodioda, fotomultiplikator).

Računalniški sistem: izračuna absorbanco in koncentracijo snovi na podlagi kalibracijskih podatkov.

Uporaba spektrofotometrije

Spektrofotometrija ima široko uporabo v znanosti in industriji, med drugim za določanje koncentracij snovi (npr. koncentracija hemoglobina v krvi), analizo zdravil (preverjanje čistosti farmacevtskih izdelkov), preučevanje kemijskih reakcij (sledenje kinetiki reakcij) in okoljsko analizo (detekcija onesnaževal, npr. težkih kovin v vodi).

Spektrofotometrija je natančna, hitra in vsestranska metoda za analizo snovi. S pomočjo absorbance pri določeni valovni dolžini omogoča določanje koncentracij in identifikacijo kemijskih spojin. Zaradi enostavne uporabe in širokega spektra aplikacij ostaja eno najpomembnejših orodij v kemijskih ter biomedicinskih laboratorijih.



Slika 24: Primer spektrofotometra

3.3.3 Naloga

Moja naloga je bila izmeriti absorbanco vsem trem pivom pri valovni dolžini 275 nm.

3.3.4 Inventar

Uporabil sem tri 300 mililitrske erlenmajerice, 10 epruvet, stojalo za epruvete, 10 kvarčnih kivet, spektrofotometer, 10 mililitrsko polnilno pipeto, kapalke, staničevino, nastavek za pipetiranje, lij, filtrirni papir za hitro filtracijo, laboratorijsko stojalo, obroč za filtriranje ter 10 in 5 mililitrski merilni valj.

3.3.5 Kemikalije

- HCl



- n-heksan



V skladu s predpisi sem uporabil vso zaščitno opremo:

- zaščitne rokavice,
- zaščitna halja,

- zaščitna očala.

3.3.5 Delo

Najprej sem pivo degaziral. To sem naredil tako, da sem najprej pivo stresal, nato pa ga v erlenmajericah še močno mešal. Nato sem vzorce prefiltriral, da sem se znebil morebitnih trdnih delcev in usedlin. V epruvete sem nalil po 10 mililitrov vzorcev piva. V po tri epruvete sem dal enak vzorec, da sem imel tri paralelke. Vzorce sem zakisal, tako da sem dodal v vsako epruveto 1 mililiter 1 molalne HCl. Na koncu sem v vzorce dodal še 8 mililitrov n-heksana. Vzorce sem stresal, vsakega približno 5 minut, in jih na to pustil stati, da so se plasti ločile. S kapalko sem previdno odstranil zgornjo plast in jih prenesel v kivete. Kivete sem dal v spektrofotometer in izmeril absorbaco pri valovni dolžini 275 nm.



Slika 25: Spektrofotometer, ki sem ga uporabil



Slika 26: Spektrofotometer z vzorci



Slika 27: Filtracija piva



Slika 28: Epruvete z vzorci

3.3.6 Meritve

	slepi vzorec			vzorec 1			vzorec 2			vzorec3		
št. Meritve	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
absorbanca	0	0	0	0,601	0,609	0,61	1,24	1,237	1,236	0,595	0,594	0,595

Tabela 5: Meritve absorbance

3.3.7 Račun

$$IBU = 50 \times A_{275}$$

$$IBU = 50 \times 1,236 = 61,8$$

Zaradi preglednosti naloge sem prikazal samo en izračun IBU.

3.3.8 Rezultati

št vzorca	IBU
vzorec 1	30,5
vzorec 2	61,8
vzorec 3	29,75

Tabela 6: Rezultati IBU

3.3.9 Komentar

Rezultati analize IBU niso najbolj točni, ker sem uporabljal kvarčne kivete ob prisotnosti n-heksana, ki je organsko topilo. Najboljši rezultat je rezultat vzorca številka 2. Prava vrednost bi morala biti 80+ IBU. Menim, da je metoda dobra in bi jo bilo vredno ponoviti, vendar v šolskem laboratoriju nismo imeli pravih kivet, pa sem vseeno poskusil.

3.4 Analiza piva na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo

Na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo v Žalec sem osebno dostavil vzorce. Tam so mi izmerili vsebnost ogljikovega dioksida v pivu, vsebnost alkohola, ekstrakte in energijsko vrednost. Najbolj me je pri pivu zanimala vsebnost alkohola za to bom to metodo tudi predstavil.

3.4.1 Osnova analize alkohola

Vsebnost alkohola smo izmerili z NIR spektrofotometrijo. Izmerili so mi jo z metodo: Analytica EBC: 2008, 9.2.6. *Bližnja infrardeča spektroskopija (NIR) je vrsta spektroskopije, pri kateri se bližnja infrardeča regija elektromagnetnega spektra uporablja kot ocenjevalno orodje. Ta tehnologija se uporablja v številnih različnih panogah, vključno s farmacevtsko, živilsko in kmetijsko industrijo, pri nekaterih medicinskih diagnostičnih testih ter v znanosti o izgorevanju in polimerih. Bližnja infrardeča spektroskopija je še posebej uporabna v diagnostični medicini, ker je sposobna zabeležiti spremembe stanja hemoglobina, molekule, ki nosi kisik v krvi. [Kaj je bližnja infrardeča spektroskopija? - Razloženo]*

3.4.2 Rezultati analize alkohola

Rezultat analize alkohola je pokazal, da je vsebnost alkohola v mojem pivu 8,53 vol%. To je v primerjavi s konkurenčnimi pivi kar visoka vrednost.

Oddelek za agrokemijo in pivovarstvo, Cesta Žalskega tabora 2, 3310 Žalec, Slovenija
T: +386 (0)3 71 21 608, (0)3 71 21 600 • F: +386 (0)3 71 21 620

Poročilo o preskusu št. (Test Report No.) 0719/25-OAP

Naročnik preskusa (Customer)

Žiga Hrup

Vpisna številka vzorca

(Journal No.) **0719/25**

Datum prejema vzorca

(Date of sample receipt) **07.04.2025**

Datum izdaje Poročila o preskusu

(Test report issued on) **07.04.2025**

Opis vzorca (Description of the sample): **Slow Monkeys, steklenica 0,5L**

Rezultati preskusa (Analytical Results)

Parameter (Parameter)	Rezultati (Results)	Datum preskusa (Date of analysis)	Merilna negotovost $U = K \cdot u$, $k = 2$ (Measurement Uncertainty)	Vir in naziv preskusne metode (Source and name of test method)
Ekstrakt (Extract)	18.30%	07.04.2025	0.04%	Mebak 2013, 2.9.6.3 Ekstrakt v sladici (extract in beer)
Alkohol (Alcohol)	8.53 vol%	07.04.2025	0.04 vol%	Analytica EBC:2008, 9.2.6 Vsebnost alkohola v pivu (Alcohol in beer)
CO ₂ (CO ₂)	4.77 g/L	07.04.2025	0.1 g/L	Analytica EBC:2007, 9.28.3 Ogljikov dioksid (Carbon dioxide in beer: Pressure method)
Energijska vrednost (Energy value)	67.7 kcal/100ml #	07.04.2025	-	Energijska vrednost kcal (Energy value kcal)

Merilna negotovost: Razširjena merilna negotovost (U), ki je podana pri merilnih rezultatih, je standardna merilna negotovost rezultata meritev pomnožena s faktorjem pokritja $k = 2$, kar pomeni v primeru normalne porazdelitve 95 % nivo zaupanja.

Vodja oddelka:
(Head of department)
dr. Iztok Jože Košir

• Rezultati preskusa se nanašajo izključno na prejeti vzorec!
• Poročilo o preskusu se brez pisnega pristanka preskusnega laboratorija ne sme delno razmnoževati, niti v celoti!
OBR 11.01 Izdaja: 14, Veljavnost: 20. 8. 2024

stran (page) 1 - 1

Slika 29: Rezultati analize iz Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije

4 ZAKLJUČEK

Mojo prvo hipotezo, da bo pivo obdržalo pH med 5,5 in 5,1 bom moral zavreči. Pivo se je v postopku sekundarne fermentacije še malo skisalo, in sicer na pH vrednost 4,9. So pa vsa tri piva obdržala enak pH ne glede na količino dodanega sladkorja, kar potrjuje mojo drugo hipotezo, da količina dodanega sladkorja za sekundarno fermentacijo ne bo naredila razlike med njimi. Kar se tiče okusa piva, nekateri razliko okusijo, drugi spet ne: sam opazim manjšo razliko med pivoma z 1 in 3 grami sladkorja. Če bi mi dali pivo za poskusiti na slepo, razlike ne bi okusil. Mojo 4. hipotezo lahko potrdim. Izmeril sem vsebnost alkohola pivu z največ dodanim sladkorjem za sekundarno fermentacijo. Tako so imele kvasovke več sladkorja in so ga lahko več predelale v alkohol. Vsebnost alkohola v mojem pivu je 8,53 vol%. V primerjavi s konkurenčnimi pivi, je to višja vrednost. Vsebnost alkohola se v podobnih butičnih pivih giblje med 4,5 in 8 vol%. Zavedam se da je moje pivo v primerjavi s konkurenčnimi za približno 1% dražje, ampak je potrebno upoštevati, da je to pivo iz kvalitetnih sestavin in narejeno z ljubeznijo.

5 SEZNAM UPORABLJENE LITERATURE

<https://www.objava.si/hrana/kraft-pivovarstvo#:~:text=Kraft%20pivovarstvo%20je%20buti%C4%8Dna%20izdelava%20krafi%20piv%2C%20ki,in%20izdelajo%20majhne%20koli%C4%8Dine%20piva%20po%20unikatnih%20recepturah>.

<https://pivo-man.blogspot.com/2016/01/pivska-abeceda.html>

<https://sl.wikipedia.org/wiki/Pivo>

<https://pivovarnar.si/postopek-varjenja-piva/>

<https://www.clefbrewery.com/zgodba/>

https://demokracija.si/nasi-kraji/clef-brewery-piva-poimenovana-po-slovenski-glasbi/#goog_rewarded

<https://www.clefbrewery.com/>

https://en.wikipedia.org/wiki/Beer_measurement#Bitterness

<https://sl.wikipedia.org/wiki/PH>

https://studentski.net/gradivo/ulj_mdf_md1_bif_vaj_tok_v_elektrolitih_01

[Kaj je bližnja infrardeča spektroskopija? - Razloženo](#)

IZJAVA*

Mentor/-ica Sebastian Klovár v skladu z 20. členom Pravilnika o organizaciji mladinske raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi z naslovom Varjenje in analiza lastnega kraft piva, katere avtor/-ica je Žiga Hrup:

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu,
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno nalogo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno nalogo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju,
- da smo seznanjeni z razpisni pogoji projekta Mladi za Celje.

Celje, 4.4.2025



Podpis mentorja

Podpis odgovorne osebe

POJASNILO

V skladu z 20. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje je potrebno podpisano izjavo mentorja (-ice) in odgovorne osebe šole vključiti v izvod za knjižnico, dovoljenje za objavo avtorja (-ice) fotografskega gradiva, katerega ni avtor (-ica) raziskovalne naloge, pa hrani šola v svojem arhivu.