



Šolski center Celje
Srednja šola za kemijo,
elektrotehniko in računalništvo

VSEBNOST ALKOHOLA V RAZLIČNIH VRSTAH PIVA

RAZISKOVALNA NALOGA

Področje: kemija in kemijska tehnologija

Avtor:
Domen Divjak, K4A

Mentorica:
Mojca Drogenik Čerček, univ. dipl. inž. kem. teh.

Celje, februar 2014

Kazalo vsebine:

1	POVZETEK	3
2	UVOD	3
3	TEORETIČNI DEL.....	4
a.	Etanol (alkohol)	4
b.	Ogljikovi hidrati	4
I.	Ječmen.....	5
II.	Pšenica.....	5
c.	Pivo	6
I.	Zgodovina piva:	6
II.	Osnovne sestavine piva:.....	7
a.	Priprava piva.....	9
I.	Priprava pivine.....	9
II.	Prva fermentacija	9
III.	Stekleničenje	10
IV.	Druga fermentacija.....	10
b.	Določanje vsebnosti etanola s piknometri	10
I.	Destilacija vzorca	10
II.	Določanje gostote s piknometri	11
3	PRAKTIČNI DEL.....	11
a.	Encimska pretvorba.....	11
b.	Kuhanje pivine	12
c.	Prva fermentacija	13
d.	Stekleničenje in druga fermentacija.....	13
e.	Destilacija	14
f.	Merjenje gostote s piknometri.....	15
4	MERITVE IN IZRAČUNI	15
a.	Določanje vsebnosti alkohola v ječmenovem pivu z dodanim sladkorjem.....	15
b.	Določanje alkohola v ječmenovem pivu brez dodanega sladkorja	16
c.	Določanje alkohola v pšeničnem pivu z dodanim sladkorjem.....	16
d.	Določanje alkohola v pšeničnem pivu brez dodanega sladkorja.....	17
e.	Grafični prikaz rezultatov:	17
5	Razprava	18
a.	Priprava piva.....	18

b.	Destilacija	18
c.	Določanje gostote s piknometri	18
6	ZAKLJUČEK	19
7	VIRI	19
a.	Vsebina	19
b.	Slike	20
8	ZAHVALA.....	21

Kazalo tabel

Tabela 1:	Hranilna vrednost ječmena	5
Tabela 2:	Hranilna vrednost pšenice	6
Tabela 3:	Meritve določanja gostote s piknometrom	15
Tabela 4:	Meritve določanja gostote s piknometrom	16
Tabela 5:	Meritve določanja gostote s piknometrom	16
Tabela 6:	Meritve določanja gostote s piknometrom	17

Kazalo grafov

Graf 1:	Končni rezultati.....	17
---------	-----------------------	----

Kazalo slik

Slika 1:	Etanol	4
Slika 2:	Ječmen.....	5
Slika 3:	Pšenica	5
Slika 4:	Hieroglif, ki prikazuje uživanje piva v starem Egiptu	7
Slika 5-	Zrna ječmena	7
Slika 7:	Hmelj sorte Savinjski golding.....	8
Slika 6:	Kvasovke pod mikroskopom	8
Slika 8:	Pivovarna Laško je nastala ob reki Savinji	9
Slika 9:	Destilacijska naprava	10
Slika 10:	Primer piknometra	11
Slika 11:	Encimska pretvorba v termostatski kopeli	12
Slika 12:	Kuhanje pivine	12
Slika 13:	Prva fermentacija piva	13
Slika 14:	Pivo pred filtriranjem.....	14
Slika 15:	Potek destilacije	14

1 POVZETEK

V raziskovalni nalogi sem pripravil štiri različne vrste piva, in sicer ječmenovo pivo, ječmenovo pivo z dodatkom glukoze, pšenično pivo in pšenično pivo z dodatkom glukoze. Po pripravi piva sem vsakemu pivu določil vsebnost etanola tako, da sem jim izmeril gostoto s piknometri v treh paralelkah in nato sem vsebnost alkohola odčital iz tabele.

2 UVOD

Pivo velja za najstarejšo alkoholno pijačo. Prvi so ga namensko pridobivali Mezopotamci, ki so zgradili celotno civilizacijo zaradi potrebe po ječmenu, ki se je uporabljal za pridobivanje piva. S proizvodnjo piva so nadaljevali Egipčani, ki so uporabljali pivo kot plačilno sredstvo za sužnje, ki so gradili piramide. V času Grkov in Rimljanov je proizvodnja piva upadla, ker je postalo bolj priljubljeno vino, pivo so varila takratna germanska in slovanska plemena.

Ob propadu Zahodnorimskega cesarstva je proizvodnja piva vedno bolj naraščala. Pivo so v srednjem veku pridelovali pivovarji in menihi. Najbolj uspešni v pridelavi piva so bili Čehi, katerim gre tudi zahvala za odkritje hmelja. Hmelj je dal pivu pravo aromo in grenak okus, kar je pripomoglo k temu, da je pivo postajalo čedalje bolj priljubljena pijača.

Danes je pivo najbolj priljubljena alkoholna pijača na svetu in je med vsemi pijačami tretja po svetovni porabi, pred njim se nahajata le voda in čaj. Poznamo veliko vrst piva, v grobem pa ga delimo na tradicionalna piva zgornjega vrenja, tako imenovana ale, in novejša piva spodnjega vrenja, tako imenovana lager. Lager je danes najbolj priljubljena vrsta piva in ga pridelujeta tudi dve naši največji pivovarni Laško in Union, pivo ale pa znajo najbolje pridelovati Britanci, ki ohranjajo tradicionalne recepte pridelave še iz srednjeveških časov.

Pred raziskovalno nalogo sem si zastavil dve hipotezi, in sicer:

1. V ječmenovem pivu bo večja vsebnost etanola kot v pšeničnem, ker ječmen vsebuje večji delež ogljikovih hidratov in
2. v pivu, ki sem mu dodal glukozo, bo več etanola kot v pivu brez glukoze, ker bo pri alkoholnem vrenju iz glukoze nastalo več etanola.

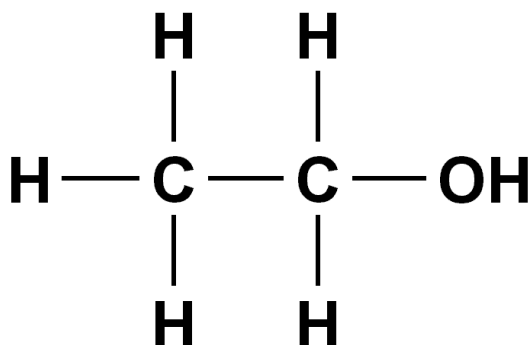
V praktičnem delu raziskovalne naloge sem izdelal ječmenovo in pšenično pivo po tradicionalni metodi s kvasovkami zgornjega vrenja. Dobljeno količino vsakega piva sem razdelil na dva dela in v en del vsakega piva dodal glukozo pred stekleničenjem. Dobljene vzorce piva sem destiliriral, destilatom določil gostoto s piknometri ter iz ustreznih tabel določil vsebnost etanola.

3 TEORETIČNI DEL

a. Etanol (alkohol)

Etanol je alkohol, ki ima kemijsko formulo C_2H_5OH , molsko maso 46,07 g/mol, gostoto 0,79 g/cm³ pri 20 °C, s tališčem pri -114 °C in vreliščem pri 78 °C. Pri sobni temperaturi je kapljevina, brez barve in prijetnega vonja. V večjih količinah in koncentracijah je strupen in ob uživanju povzroči kratkotrajne psihofizične odzive ter lahko povzroči zasvojenost. Etanol v naravi nastaja pri alkoholnem vrenju iz glukoze. Pri višji koncentraciji etanola glive kvasovke odmrejo, zato se pijače z večjo vsebnostjo etanola od 25 % pridobivajo z destilacijo, s katero je možno doseči 95,7 % etanola.

Enačba alkoholnega vrenja: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_2H_5OH + CO_2$



Slika 1: Etanol

Vir: [4.], [6.]

b. Ogljikovi hidrati

Ogljikovi hidrati so organske kisikove spojine. Sestavljajo jih molekule ogljika, kisika in vodika. Delijo se na monosaharide, oligosaharide in polisaharide. Ogljikovi hidrati nastajajo pri fotosintezi iz ogljikovega dioksida in vode in so vir energije vseh živih bitij. V naravi se jih največ nahaja v žitaricah (pšenica, ječmen, oves, rž, koruza, riž ...), krompirju, medu, sadju in v rastlinah, iz katerih se pridobiva sladkor (sladkorna pesa, sladkorni trst, stevija ...).

Vir: [6.]

I. Ječmen

Izvira iz Etiopije in jugovzhodne Azije iz časa več kot 7000 let pred našim štetjem in je najstarejša vrsta žitaric. V današnjem času se ga ne uporablja veliko, vendar se ga zaradi nedavnih odkritij, da vsebuje veliko v vodi topnih vitaminov in aminokislin, čedalje bolj prideluje. Zaenkrat se ga uporablja največ za proizvodnjo piva in ješprena.

Tabela 1: Hranilna vrednost ječmena

Makrohranilo	Delež v ječmenu
Ogljikovi hidrati	84 %
Maščobe	14 %
Beljakovine	4 %

Vir: [2.], [7.]



Slika 2: Ječmen

II. Pšenica

Je žitarica, ki spada v družino sladik. Izvira iz časa med 7800 in 5200 let pred našim štetjem in je takoj za ječmenom druga najstarejša vrsta žita. Njena masovna pridelava se je začela, ko se je začel peči beli kruh in je danes najpogosteje posejana vrsta žita. Največ jo uporabljamo za pšenično moko, krmo za živali in za pridelovanje pšeničnega piva.



Slika 3: Pšenica

Tabela 2: Hranilna vrednost pšenice

Makrohranilo	Delež v pšenici
Ogljikovi hidrati	83 %
Maščobe	15 %
Beljakovine	2 %

Vir: [2.], [8.]

c. Pivo

Je alkoholna pijača, ki se pridobi s fermentacijo in varjenjem sladkorja, nastalega iz škroba s pomočjo encimske pretvorbe. Vir škroba so običajno žita, najpogosteje je to ječmen, uporabljajo pa se tudi pšenica, riž, koruza, krompir in proso. Velja za najstarejšo in najbolj priljubljeno alkoholno pijačo na svetu.

I. Zgodovina piva:

Pivo velja za najstarejšo alkoholno pijačo. Prvo pivo je nastalo v času neolitika, ko je po nesreči nekdo pustil ječmenova zrna v loncu. V tisti lonec je padal dež in nastala je pivina. Čez čas je pivina zavrela in neolitski človek je lonec našel ter pivino poizkusil. Pijača mu je bila zelo všeč in je postopek ponovil. Ta vrsta pridobivanja piva je bila najbolj primitivna. Pivo je bila zelo priljubljena pijača med Egipčani in Sumerci, ki so že znali zrna kaliti in pražiti. S pridobivanjem piva v času antike pa so nadaljevali Germani in Slovani. Ob propadu rimskega cesarstva in začetku srednjega veka so Germani in Slovani preplavili Evropo in proizvodnja piva se je nadaljevala. Na enak način se je pivo v srednjem veku pridobivalo vse do leta 800. Po letu 800 so Češki pivovarji odkrili hmelj, ki je ključna sestavina, ki da pivu pravo aromo. Do leta 1000 se je uporaba hmelja razširila po vsej Evropi in pivo je postajalo čedalje bolj priljubljena pijača. Ob industrijski revoluciji se je proizvodnja piva industrializirala in tako močno povečala.



Slika 4: Hieroglif, ki prikazuje uživanje piva v starem Egiptu

Vir: [1.], [2.]

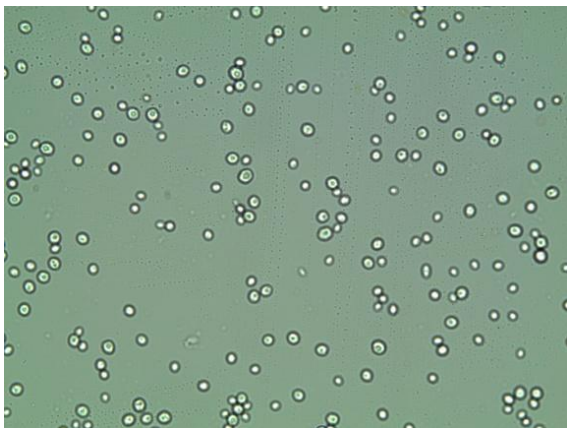
II. Osnovne sestavine piva:

- JEČEMENOV SLAD: Ves čas, od časa Egipčanov in Sumercev do danes, se slad pridobiva na enak način. Ječmenova zrna namočimo v vodo, dokler ne začnejo kaliti, potem kaljenje namerno ustavimo, zrna osušimo in zmeljemo. Ob kaljenju se razvijejo potrebni ogljikovi hidrati. Sledi postopek drozganja slada, kjer zmleta zrna namakamo v topli vodi, da encimi pretvorijo topni škrob v sladkor, ki je potreben pri alkoholnem vrenju. Pri temnem pivu pa se skaljena zrna še pred encimsko pretvorbo prepražijo do karamelizacije sladkorjev v njih.



Slika 5- Zrna ječmena

- KVASOVKE: So enocelični organizmi, ki jih uvrščamo med glive. Prehranjujejo se s sladkorji. Obstaja več tisoč vrst kvasovk, vendar so za pridobivanje piva uporabne samo pivovarske kvasovke, ki so vzgojene posebej za izdelavo piva. Pivovarske kvasovke delimo na kvasovke zgornjega vrenja in kvasovke spodnjega vrenja. Kvasovke zgornjega vrenja so starejšega tipa in se jih uporablja za varjenje tradicionalnega piva, ki ga imenujemo ale. Ime so dobile zaradi tega, ker se med alkoholnim vrenjem kopičijo na površini piva. Najbolje delujejo pri temperaturi od 15 do 25 °C. Kvasovke spodnjega vrenja je vzgojil Danec Hansen in se uporabljajo od leta 1842. Danes so bolj priljubljene kot kvasovke zgornjega vrenja in z njimi pridobivamo pivo, ki se imenuje lager. Ime so dobile zaradi tega, ker se med alkoholnim vrenjem ne zadržujejo na površini pivine. Uspevajo najbolje pri temperaturah med 5 in 13 °C.



Slika 6: Kvasovke pod mikroskopom

-HMELJ: Je rastlina trajnica, ki izvira iz vlažnih in senčnih obronkih gozdov na Kavkazu in v Sibiriji. V pivovarstvu uporabljamo plodove, ki uspevajo na ženski rastlini. Hmelj se dodaja pivu za aromo okusa in vonja. V Sloveniji pridobivamo kvaliteten hmelj sorte Savinjski golding, ki ga gojimo na poljih Savinjske doline.



Slika 7: Hmelj sorte Savinjski golding

-VODA: Sestavlja približno 90 odstotkov piva, zato okus vode prispeva velik delež pri okusu piva. V preteklosti so najboljše pivovarne nastajale v bližini kakovostnih vodnih virov, zdaj pa to ni več tako pomembno, ker pivovarji vodo kemično obdelajo in prilagodijo svojim potrebam.



Slika 8: Pivovarna Laško je nastala ob reki Savinji

Vir: [1.], [2.]

a. Priprava piva

Priprava piva je sestavljena iz štirih glavnih delov, in sicer iz priprave pivine, prve fermentacije, stekleničenja in druge fermentacije.

I. Priprava pivine

Zmlet ječmenov slad raztopimo v vroči vodi in mešamo najmanj eno uro, da se s pomočjo encimov ves škrob pretvori v sladkor. Pivino, ki je nastala, kuhamo z vretjem in pazimo, da ne prekipi. Zadnjih 15 minut kuhanja dodamo hmelj. Prekuhano pivino precedimo in ohladimo na 20 do 25 °C.

II. Prva fermentacija

Ohlajeno pivino zlijemo v fermentacijsko posodo in ji dodamo kvasovke, ki jih predhodno raztopimo v mlačni vodi. Posodo zapremo in pustimo pivino fermentirati približno en teden. Temperatura, pri kateri moramo fermentirati, je odvisna, ali smo dodali kvasovke spodnjega ali zgornjega vrenja. Ob koncu vrenja bodo kvasovke postale neaktivne in kvas se bo posedel na dno posode. Dokončno pa preverimo konec fermentacije tako, da pivini z areometrom merimo gostoto in ko se ta več ne spreminja, je fermentacija končana.

III. Stekleničenje

Steklenice razkužimo in pripravimo za polnjenje. Pivo pred stekleničenjem še prefiltriramo. Ko smo pivo nalili v steklenice, mu lahko dodamo primerno količino glukoze za drugo fermentacijo. Na koncu steklenice zapremo.

IV. Druga fermentacija

Steklenice postavimo v hladen in temen prostor za približno en teden. Med drugo fermentacijo se fermentira dodani sladkor in se izloči ogljikov dioksid, ki povzroči, da se pivo peni in da nastanejo mehurčki. Po enem tednu bo druga fermentacija potekla in pivo se bo očistilo. Pivo pustimo še kakšen teden v hladilniku in pripravljeno je za uživanje.

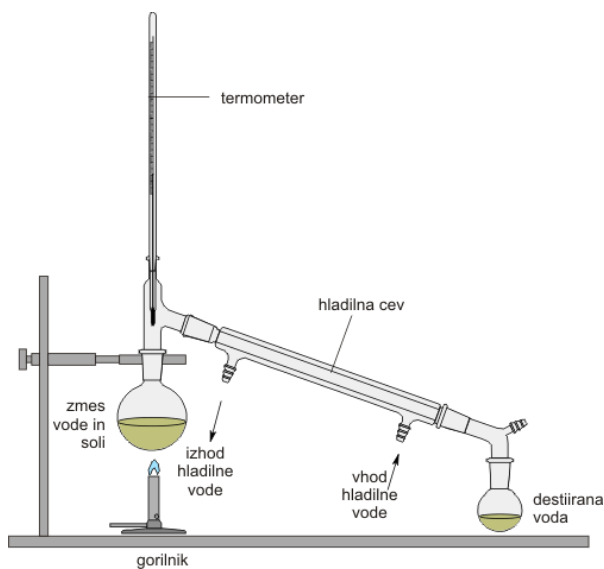
Vir: [1.], [5.]

b. Določanje vsebnosti etanola s piknometri

Določanje etanola s piknometrom temelji na določanju relativne gostote destilata brez ekstrakta pri konstantni temperaturi 20 °C glede na relativno gostoto destilirane vode pri konstantni temperaturi 20 °C. Na podlagi tako dobljene gostote odčitamo delež alkohola iz tabele po Osbornu.

I. Destilacija vzorca

Destilacija je fizikalni proces termičnega ločevanja tekočinskih zmesi na osnovi različnega parnega tlaka in vrelišča posameznih komponent. Poznamo več vrst destilacij, in sicer navadno destilacijo, frakcionirno destilacijo in destilacijo z vodno paro.

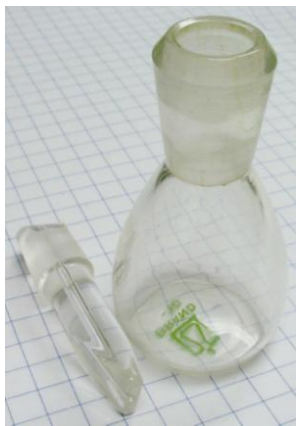


Slika 9: Destilacijska naprava

II. Določanje gostote s piknometri

Piknometer je steklena merilna priprava za merjenje gostote kapljev in trdnih snovi. Sestavljen je iz stekleničke z brušenim vratom in prilegajočega se zamaška s kapilaro. Piknometer ima umerjeno prostornino pri neki temperaturi, zato ga je potrebno vedno termostatirati. Z njim merimo gostoto tako, da vzorec v piknometru natančno stehtamo, volumen pa določimo s tehtanjem primerjalne tekočine z znano gostoto pri enaki temperaturi.

Formula za izračun gostote vzorca:
$$\rho_{vzorec} = \frac{m_{piknometer+vzorec} - m_{piknometer}}{m_{piknometer+voda} - m_{piknometer}} \times \rho_{voda}$$



Slika 10: Primer piknometra

Vir: [3.], [9.]

3 PRAKTIČNI DEL

Delo je sestavljeno iz dveh delov. Prvi del je priprava piva, ki je sestavljena iz encimske pretvorbe, kuhanja pivine, fermentacije in stekleničenja. Drugi del je določanje vsebnosti etanola, ki je sestavljen iz destilacije piva in določanja gostote destilata z piknometri.

a. Encimska pretvorba

Za encimsko pretvorbo potrebujemo naslednji inventar in reagente:

Inventar: dve 3000 mL čaši, ena 600 mL čaša, ena 200 mL čaša, termometer, grelna plošča, posoda za termostatsko kopel, precizna tehtnica, steklena palčka in žlička.

Reagenti: ječmenov slad, pšenični slad in voda.

Delo: V prvi 3000 mL čaši segrejemo vodo na približno 78 °C. V 600 mL čašo zatehtamo 250 g sladu na precizni tehtnici. Zatehtan slad stresemo v drugo 3000 mL čašo in ga prelijemo s segreto vodo. Pripravimo termostatsko kopel v kuhinjski posodi in jo postavimo na grelno ploščo. V termostatsko kopel damo 3000 mL čašo s segreto vodo in sladom ter vzdržujemo temperaturo med 65 in 70 °C najmanj eno uro. Temperaturo kontroliramo s termometrom in med segrevanjem večkrat premešamo s stekleno palčko.



Slika 11: Encimska pretvorba v termostatski kopeli

b. Kuhanje pивine

Za kuhanje pивine potrebujemo naslednji inventar in reagente:

Inventar: 3000 mL čaša, grelna plošča in steklena palčka.

Reagenti: pивina, ki je nastala pri encimski pretvorbi.

Delo: 3000 mL čašo s pивino postavimo na grelno ploščo in segrevamo do vretja. Ko pивina zavre, jo pustimo vreti eno uro, vendar pazimo, da ne prekipi. Med vretjem večkrat premešamo.

Opomba: Pri pripravljanu piva za uživanje se pri tem procesu doda hmelj, ki pivu spremeni aromo. V tem primeru je bilo pivo izdelano za raziskovalne namene, zato hmelj ni bil dodan.



Slika 12: Kuhanje pивine

c. Prva fermentacija

Za prvo fermentacijo potrebujemo naslednji inventar in reagente:

Inventar: fermentacijska posoda, kristalizirka za termostatsko kopel in termometer.

Reagenti: prekuhana pivina, glive kvasovke in led.

Delo: Čašo, v kateri smo vreli pivino, damo v kristalizirko in jo obdamo z ledom. Ko pivino ohladimo na 24 °C, jo damo v fermentacijsko posodo. Dodamo 1g gliv kvasovk in fermentacijsko posodo zapremo. Posodo spravimo v temen prostor s temperaturo od 13 do 24 °C in pustimo stati najmanj en teden.



Slika 13: Prva fermentacija piva

d. Stekleničenje in druga fermentacija

Za stekleničenje in drugo fermentacijo potrebujemo naslednji inventar in reagente:

Inventar: dve 250 mL bučki, dva kvalitativna lija, filtrirni papir za hitro filtriranje, analizna tehtnica, ladijca za tehtanje, laboratorijska žlička.

Reagenti: fermentirano pivo, glukoza.

Delo: Na 250 mL merilni bučki damo kvalitativna lija in filtrirni papir. Fermentirano pivo začnemo filtrirati. Ko v obe erlenmajerici prefiltriramo 250 mL, eno od erlenmajeric zapremo. Za drugo erlenmajerico zatehtamo na tehtalni ladijci na analizni tehtnici 1,00 g glukoze in ga raztopimo v pivu v erlenmajerici. Obe erlenmajerici pustimo za en teden v hladnem in temnem prostoru, da poteče druga fermentacija.



Slika 14: Pivo pred filtriranjem

e. Destilacija

Za destilacijo potrebujemo naslednji inventar in reagente:

Inventar: 250 mL bučka z okroglim dnom, nastavek za na bučko, hladilnik, termometer za destilacijo, petelinček, 100 mL merilna bučka, 100 mL merilni valj, trinožno stojalo, keramična mrežica, plinski gorilnik, dvizna mizica.

Potrebni reagenti: pivo, vrelni kamenčki, deionizirana voda.

Delo: Sestavimo napravo za destilacijo. Z merilnim valjem odmerimo 100 mL piva brez dodane glukoze in ga prelijemo v destilirno bučko. Dodamo vrelni kamenčke za enakomerno vretje in preprečevanje nastajanja pene. V 100 mL merilno bučko, ki jo uporabljamo za lovljenje destilata, dodamo 5 mL deionizirane vode. Ko predestiliramo približno 80 do 85 ml destilata, destilacijo prekinemo. Dolijemo deionizirano vodo skoraj do oznake. Nato postopek ponovimo še z vzorcem piva, ki smo mu dodali glukozo.



Slika 15: Potek destilacije

f. Merjenje gostote s piknometri

Za merjenje gostote s piknometri potrebujemo naslednji inventar in reagente:

Potreben inventar: kristalizirka za termostatsko kopel, analizna tehtnica, trije 5mL piknometri, sušilnik, eksikator, urno steklo, pinceta.

Potrebni reagenti: destilat, pridobljen iz piva, deionizirana voda, alkohol.

Delo: Piknometre operemo najprej z deionizirano vodo, nato še z alkoholom in jih damo v sušilnik sušiti na 105 °C. Med sušenjem piknometrov termostatiramo merilno bučko z destilatom na 20 °C 30 minut. Po končanem termostatiranju, napolnimo bučko do oznake z deionizirano vodo. Piknometre s pinceto vzamemo iz sušilnika in jih v eksikatorju ohlajamo 10 minut. Ko so piknometri ohlajeni, jih tehtamo na analizni tehtnici in pri tem pazimo, da se jih ne dotikamo z rokami, ampak jih primemo s pinceto. Ko piknometre tehtamo, jih napolnimo z destilatom do vrha in zapremo s pokrovčkom tako, da na vrhu pokrovčka ostane kapljica. Piknometre termostatiramo na 20 °C 20 minut. Po termostatiranju tehtamo piknometre skupaj z vzorcem. Nato piknometre speremo in jih napolnimo s primerjalno tekočino, ki je v tem primeru deionizirana voda. Termostatiranje in tehtanje ponovimo. Izračunamo gostoto vzorca s formulo za računanje gostote vzorca s piknometri. Iz tabele po Osbornu odčitamo vsebnost alkohola glede na gostoto vzorca. Celoten postopek merjenja gostote izvedemo za pivo z dodatkom glukoze in pivo brez glukoze.

4 MERITVE IN IZRAČUNI

a. Določanje vsebnosti alkohola v ječmenovem pivu z dodanim sladkorjem

Tabela 3: Meritve določanja gostote s piknometrom

	Piknometer (m_1)	Piknometer + vzorec (m_2)	Piknometer + primerjalna tekočina (m_3)
Piknometer št. 1	14,5246 g	19,8707 g	19,9018 g
Piknometer št. 2	15,0096 g	20,4924 g	20,5234 g
Piknometer št. 3	14,5258 g	19,7847 g	19,8197 g

Izračun gostote:

$$\rho_1 = \frac{19,8707g - 14,5246g}{19,9018g - 14,5246g} \times 0,9982 \frac{g}{mL} = 0,9924 \frac{g}{mL}$$

$$\rho_2 = \frac{20,4924g - 15,0096g}{20,5234g - 15,0096g} \times 0,9982 \frac{g}{mL} = 0,9925 \frac{g}{mL}$$

$$\rho_3 = \frac{19,7847g - 14,5258g}{19,8197g - 14,5258g} \times 0,9982 \frac{g}{mL} = 0,9916 \frac{g}{mL}$$

$$\bar{\rho} = 0,9925 \text{ g/mL}$$

Odčitani delež alkohola iz tabele po Osbornu: vol % (alkohol) = 4,00 %

b. Določanje alkohola v ječmenovem pivu brez dodanega sladkorja

Tabela 4: Meritve določanja gostote s piknometrom

	Piknometer (m_1)	Piknometer + vzorec (m_2)	Piknometer + primerjalna tekočina (m_3)
Piknometer št. 1	15,0819 g	20,2722 g	20,2972 g
Piknometer št. 2	14,0182 g	19,3233 g	19,3484 g
Piknometer št. 3	14,9183 g	20,0670 g	20,0918 g

Izračun gostote:

$$\rho_1 = \frac{20,2722g - 15,0819g}{20,2972g - 15,0819g} \times 0,9982 \frac{g}{mL} = 0,9934 \frac{g}{mL}$$

$$\rho_2 = \frac{19,3233g - 14,0182g}{19,3484g - 14,0182g} \times 0,9982 \frac{g}{mL} = 0,9935 \frac{g}{mL}$$

$$\rho_3 = \frac{20,0670g - 14,9183g}{20,0918g - 14,9183g} \times 0,9982 \frac{g}{mL} = 0,9934 \frac{g}{mL}$$

$$\bar{\rho} = 0,9934 g/mL$$

Odčitani deleži alkohola iz tabele po Osbornu: vol %(alkohol)= 3,29 %

c. Določanje alkohola v pšeničnem pivu z dodanim sladkorjem

Tabela 5: Meritve določanja gostote s piknometrom

	Piknometer (m_1)	Piknometer + vzorec (m_2)	Piknometer + primerjalna tekočina (m_3)
Piknometer št. 1	14,0185 g	19,2935 g	19,3246 g
Piknometer št. 2	15,0822 g	20,2608 g	20,2722 g
Piknometer št. 3	14,9182 g	20,0301 g	20,0647 g

Izračun gostote:

$$\rho_1 = \frac{19,2935g - 14,0185g}{19,3246g - 14,0185g} \times 0,9982 \frac{g}{mL} = 0,9923 \frac{g}{mL}$$

$$\rho_2 = \frac{20,2608g - 15,0822g}{20,2722g - 15,0822g} \times 0,9982 \frac{g}{mL} = 0,9960 \frac{g}{mL}$$

$$\rho_3 = \frac{20,0301g - 14,9182g}{20,0647g - 14,9182g} \times 0,9982 \frac{g}{mL} = 0,9915 \frac{g}{mL}$$

$$\bar{\rho} = 0,9919 g/mL$$

Opomba: Meritev v piknometru št. 2 izstopa, zato je nisem računal v povprečju.

Odčitani deleži alkohola iz tabele po Osbornu: vol %(alkohol)= 4,36 %

d. Določanje alkohola v pšeničnem pivu brez dodanega sladkorja

Tabela 6: Meritve določanja gostote s piknometrom

	Piknometer (m_1)	Piknometer + vzorec (m_2)	Piknometer + primerjalna tekočina (m_3)
Piknometer št. 1	15,0107 g	20,4538 g	20,4823 g
Piknometer št. 2	14,5269 g	19,7784 g	19,7990 g
Piknometer št. 3	14,5252 g	19,8578 g	19,8934 g

Izračun gostote:

$$\rho_1 = \frac{20,4538g - 15,0107g}{20,4823g - 15,0107g} \times 0,9982 \frac{g}{mL} = 0,9930 \frac{g}{mL}$$

$$\rho_2 = \frac{19,7784g - 14,5269g}{19,7990g - 14,5269g} \times 0,9982 \frac{g}{mL} = 0,9943 \frac{g}{mL}$$

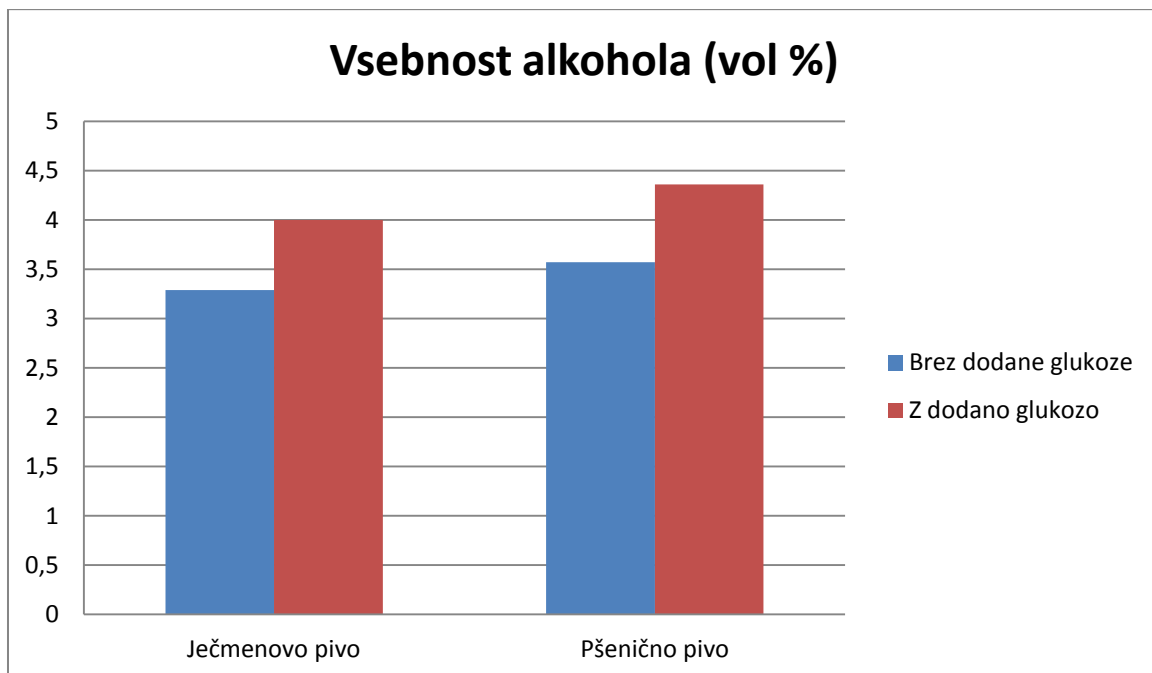
$$\rho_3 = \frac{19,8578g - 14,5252g}{19,8934g - 14,5252g} \times 0,9982 \frac{g}{mL} = 0,9916 \frac{g}{mL}$$

$$\bar{\rho} = 0,9919 g/mL$$

Odčitani delež alkohola iz tabele po Osbornu: vol % (alkohol) = 3,57 %

e. Grafični prikaz rezultatov:

Graf 1: Končni rezultati



5 Razprava

a. Priprava piva

Običajno se pivo začne pripravljati iz semen ječmena, ki se pustijo kaliti, nato se jih zmelje in nastane slad. Jaz sem uporabil že zmlet in pripravljen suhi slad, ker je kaljenje semen zelo zamudno. Pripravljeno pivo ni bilo namenjeno uživanju, ampak kemijski analizi, zato nisem uporabljal veliko higienskih postopkov. Ves inventar, ki sem ga uporabljal, bi moral biti razkužen in spran z destilirano vodo brez mikroorganizmov. Vodo, ki sem jo uporabljal za pripravo pivine, bi moral prevreti in s tem odstraniti mikroorganizme. Pri kuhanju pivine nisem dodal hmelja, ker je hmelj pri pivu potreben le za aromo, pivo pa ni bilo namenjeno pitju. Fermentacijska posoda, ki sem jo uporabljal, bi morala biti popolnoma očiščena, razkužena, brez mikroorganizmov in uporabljena le za fermentacijo. Jaz pa sem uporabljal improvizirano posodo, kar se je poznalo po prvi fermentaciji, ker je imela pivina kiselkast vonj, na vrhu pivine pa so bile nečistoče. Verjetno so bili vzrok mikroorganizmi v posodi in zrak, ki je uhajal v posodo skozi majhne luknjice, ki so nastale pri pripravljanju posode. Pripravljeno pivino sem nato filtriral in izgubilo se je nekaj neprijetnega vonja. Po drugi fermentaciji v steklenicah je pivo, ki sem mu dodal glukozo skoraj popolnoma izgubil kiselkast vonj, pivo brez glukoze pa delno, vendar pivo še vseeno ni imelo pravega vonja, kot bi ga moralo imeti, ker nisem dodal hmelja med kuhanjem. Pivo je bilo kljub nečistosti primerno za nadaljnjo analizo.

b. Destilacija

Pri destilaciji je bilo potrebno paziti, da se pivo, ki se je destiliralo, ni preveč penilo, ker bi lahko pena odtekla skozi hladilnik in bi razredčila destiliran alkohol. Destilacija vseh vrst piv je potekala približno enako dolgo in ni bilo razlik v destilaciji med različnimi vrstami piva. Destilacija je pri vseh vrstah piva potekla brez napak in lahko sem nadaljeval z analizo.

c. Določanje gostote s piknometri

Pri določanju gostote s piknometri sem moral biti izjemno natančen. Po sušenju piknometrov se jih nisem smel dotikati z rokami in tudi čim manj s pinceto. Natančen sem moral biti tudi pri termostatiranju, da je bila temperatura termostatske kopeli natanko 20°C in da so se piknometri dovolj časa termostatirali. Najbolj je bilo potrebno paziti pri polnjenju piknometrov, da ni v piknometru ostalo nič mehurčkov, ker bi takoj prišlo do napake pri analizi. Po končani analizi sem dobil najbolj ponovljive rezultate pri destilaciji ječmenovega piva, najmanj pa pri pšeničnem pivu z dodanim sladkorjem. Manjša ponovljivost je bila posledica manj natančnega ravnanja s piknometri. Pri merjenju gostote pšeničnega piva in pšeničnega piva z dodanim sladkorjem sem dobil tudi dva rezultata, ki sta popolnoma izstopala od preostalih dveh in sem ju moral iz izračuna povprečne vrednosti izločiti.

6 ZAKLJUČEK

Po izračunu gostote sem iz tabele odčital vsebnosti alkohola. Ugotovil sem, da je imelo največjo vsebnost alkohola pšenično pivo z dodanim sladkorjem, za njim je bilo ječmenovo pivo z dodanim sladkorjem, na tretjem mestu je bilo pšenično pivo brez dodanega sladkorja in najmanj alkohola je vsebovalo ječmenovo pivo brez dodanega sladkorja. S temi rezultati sem prvo hipotezo, ki trdi, da bom dobil pivo z večjo vsebnostjo alkohola iz ječmena in ne iz pšenice, ker ječmen vsebuje večji delež ogljikovih hidratov, ovrzel, ker je imelo pšenično pivo večjo vsebnost alkohola kot ječmenovo. Predvidevam, da je vzrok za to ovrženo hipotezo kupljen slad, ki je imel verjetno drugačno sestavo hranilnih vrednosti, kot pa surova zrna ječmena in pšenice. Sestava hranilne vrednosti sladov pa na embalaži ni bila navedena.

Drugo hipotezo, ki govori, da bo v pivu, ki sem mu dodal glukozo večja vsebnost alkohola, kot v tistem brez dodane glukoze, sem pa potrdil, ker se je izkazalo, da sta imela piva z dodano glukozo večjo vsebnost alkohola od piv brez dodane glukoze.

Ugotovil sem tudi, da pivo, ki sem ga pripravljaj, pod nobenim pogojem ni bilo pitno iz več razlogov. Prvi je bil, da sem uporabljal inventar, ki se uporablja tudi za nevarne kemikalije. Drugi je bil ta, da nisem bil pozoren dovolj na čistočo in posledica je bila nečisto pivo, ki je imelo vonj po kisu. Tretji je bil, da sem uporabljal improvizirano fermentacijsko posodo, ki ni bila dobro zatesnjena. Zadnji pa je bil, da pivu nisem dodal hmelja, ki je ključna sestavina, da je pivo užitno. Če bom še kdaj pripravljaj pivo, ga bom pripravljaj v novem inventarju ali kuhinjski posodi, z zatesnjeno fermentacijsko posodo, namenil bom več pozornosti čistoči in dodal bi hmelj.

7 VIRI

a. Vsebina

- [1.]Tratar, Z. (1996): Domače pivo. Priročnik za ljubitelje piva. Ljubljana: ČZD Kmečki glas.
- [2.]Repe, B. (1993): Knjiga o pivu. Ljubljana: MEDIACARSO, d.o.o.
- [3.]Sodja Božič, J. in Klasinc, M. (1997): Analizna kemija. Fizikalno-kemijska analiza. Ljubljana: Zavod republike Slovenije za šolstvo. 11–15
- [4.]Smrdu, A. (2008): Kemija, Snov in spremembe 3. Učbenik za kemijo v 3. Letniku gimnazije. 118–127
- [5.]<http://www2.arnes.si/~ljlek12/prvo.htm> (8. 3. 2014)
- [6.]<http://sl.wikipedia.org/wiki/Etanol> (8. 3. 2014)
- [7.]<http://www.cenim.se/hranilne-vrednosti.php?id=6112> (8. 3. 2014)
- [8.]<http://www.cenim.se/hranilne-vrednosti.php?id=6175> (8. 3. 2014)

[9.] https://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCoQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.pisrs.si%2FPis.web%2Fnpb%2F2004-01-1342-2003-01-3999-npb2-p1.pdf&ei=iw4bU_DXCqKzywO_7IGgAQ&usg=AFQjCNG11Wv8eo0cZ9qfTHXaFJQr-vb21Q&sig2=uFQKVbPzvssewaT0Aggj4g&bvm=bv.62578216,d.bGQ&cad=rja (8.3.2014)

b. Slike

Slika 1: Etanol. Dostopno na: <http://www.uni-saarland.de/fak8/schneider/anichem/struktur/ethanol.gif> (8.3.2014)

Slika 2: Ječmen. Dostopno na: http://www.astrolife.cz/wp-content/uploads/2011/08/Jecmen_dvourady.jpg (8.3.2014)

Slika 3: Pšenica. Dostopno na: <http://www.agroportal.hr/wp-content/uploads/2012/11/psenica-hit-jeseni.jpg> (8.3.2014)

Slika 4: Hieroglif, ki prikazuje uživanje piva v starem Egiptu. Dostopno na: http://b.vimeocdn.com/ts/321/831/321831336_640.jpg (8.3.2014)

Slika 5: Zrna ječmena. Dostopno na: <http://www.bodieko.si/wp-content/uploads/2011/05/jecmen.jpg> (8.3.2014)

Slika 6: Kvasovke pod mikroskopom. Dostopno na: <http://www.druga.org/Video/kemija/KemijaInHrana/Sestavine/kvasovke.jpg> (8.3.2014)

Slika 7: Hmelj sorte Savinjski golding. Dostopno na: <http://www.hopunion.com/cart-hop-images/hop-variety-70-1.jpg> (8.3.2014)

Slika 8: Pivovarna Laško je nastala ob reki Savinji. Dostopno na: http://krajci.eu/PICTURES/korosko_savinjska/lasko_z_okolico/lasko/pivovarna_lasko/DSC_2861_pivovarna_lasko_big.jpg (8.3.2014)

Slika 9: Destilacijska naprava. Dostopno na: <http://www.kii3.ntf.uni-lj.si/e-kemija/file.php/1/output/locevanje1/destilacija.png> (8.3.2014)

Slika 10: Primer piknometra. Dostopno na: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6d/PycnometerEmpty.jpg> (8.3.2014)

Slika 11: Encimska pretvorba v termostatski kopeli. Lasten vir.

Slika 12: Kuhanje pivine. Lasten vir.

Slika 13: Prva fermentacija piva. Dostopno na: <http://freeweb.siol.net/bkunej/Welike%20slike/fermentacija.jpg> (8.3.2014)

Slika 14: Pivo pred filtriranjem. Lasten vir.

Slika 15: Potek destilacije. Lasten vir.

8 ZAHVALA

Najprej bi se rad zahvalil mentorici raziskovalne naloge prof. Mojci Drofenik Čerček, ki je prispevala največ, da je je raziskovalna naloga uspela. Zahvalil se bi tudi prof. Aniti Laznik, ki je poskrbela, da je raziskovalna naloga slovnično pravilna. Rad bi se zahvalil tudi vsem laborantom in celotni Srednji šoli za kemijo, elektrotehniko in računalništvo, ki mi je omogočila izvedbo naloge.