

MOGUĆNOST UPOTREBE RAZNIH VRSTA KROMPIRA I KVASACA ZA DOBIJANJE BIOETANOLA

Aleksandar Savić, Saša Papuga, Aleksandar Kusić, Ana Velemir

Univerzitet u Banjoj Luci, Tehnološki fakultet, Bulevar vojvode Stepe Stepanovića 73, 78000
Banja Luka, Bosna i Hercegovina, aleksandar.savic@tf.unibl.org

SAŽETAK

Bioetanol spada u kategoriju obnovljivih biogoriva i uglavnom se dobija iz skrobnih ili lignoceluloznih sirovina. Jedna od skrobnih sirovina koja se sa uspjehom može koristiti za dobijanje bioetanol je krompir (*Solanum tuberosum* L.). Za proizvodnju etanola iz skrobnih sirovina, skrob treba hidrolizovati u glukozu, maltozu i druge usvojive ugljene hidrate, tako da se može lako apsorbovati od strane mikroorganizma, kao što je kvasac *Saccharomyces cerevisiae*. Cilj ovog rada je ispitivanje uticaja 3 različite vrste krompira (Desiree, Arizona i Kennebec) i 3 komercijalna kvasca (pekarski, rakijski i vinski) na SHF postupak fermentacije bioetanol. Intenzitet fermentacije je praćen 7 dana preko promjene mase boca za fermentaciju, a najveća količina nastalog etanola ostvarena je kod kombinacija Kennebec-vinski kvasac i Kennebec-pekarski kvasac (3.37 % vol), a najmanji udio alkohola je nastao kombinovanjem krompira sorte Arizona sa rakijskim kvascem (1.97 % vol). Najveća promjena sadržaja suve materije tokom fermentacije ostvarena je kod krompira sorte Kennebec, fermentisanog sa pekarskim kvascem i to u količini od 4.30%. Sve sorte krompira su se pokazale pogodnim za dobijanje bioetanol, a najboljom se pokazala kombinacija krompira Kennebec sa pekarskim kvascem.

Ključne riječi: krompir, bioetanol, kvasac, SHF.

UVOD

Goriva proizvedena direktno ili indirektno iz biomase nazivaju se biogorivima, pri čemu biomasu predstavljaju materijali biološkog porijekla, izuzev fosilizovanih materijala iz geoloških formacija. Biogoriva se uobičajeno klasifikuju na primarana i sekundarna biogoriva. Primarana biogoriva podrazumijevaju neprocesuiranu biomasu, tj. biomasu koja se obrađuje isključivo mehaničkim tehnologijama, kao što je ogrjevno drvo, drvna sječka, briketi ili peleti, dok se sekundarna biogoriva, odnose na goriva dobijena procesuiranjem biomase, kao što su bioetanol, biodizel, dimetil eter i dr. Biogoriva se mogu klasifikovati i na „generacije“, na osnovu tipa i porijekla biomase iz koje se proizvode, odnosno na biogoriva prve, druge i treće generacije (Papuga, 2022). Najčešće obnovljivo gorivo današnjice je etanol tj. bioetanol i uglavnom se dobija iz skrobnih ili lignoceluloznih sirovina. Bioetanol je uobičajeni naziv za etanol, kao gorivo dobijeno iz biomase. Pored etanola dobijenog iz biomase znatne količine etanola dobijaju se i sintezom iz petrohemijskih sirovina, prvenstveno kiselokatalizovanom hidratacijom etilena. Bioetanol prve generacije je etanol proizveden od skroba iz različitih žitarica ili krompira. Bioetanol dobijen iz lignoceluloznih materijala, odnosno biljaka koje nisu energetske ili prehrambene kulture ili iz biootpada, predstavlja biogorivo druge generacije i često se naziva još i celuloznim etanolom. Proizvodnja ove vrste etanola je nešto složenija u odnosu na bioetanol prve generacije i zahtijeva prethodnu hidrolizu sirovine do fermentabilnih šećera (Papuga, 2022). Ipak, danas se najviše proizvodi bioetanol prve generacije, za čiju se proizvodnju kao sirovina koristi šećerna trska i cvekla, na koje otpada oko 40% svjetske proizvodnje, kao i biomasa sa visokim sadržaj skroba: krompir, slatki krompir i manioka (Bušić et al., 2018; Honma, Tanaka, Vareschini, & Gimenes, 2019; Lopez-Diago et al., 2018), a u porastu je proizvodnja iz lignoceluloznih sirovina. Jedna od skrobnih sirovina koja se sa uspjehom može koristiti za dobijanje bioetanol je krompir (*Solanum tuberosum* L.), ali samo u slučaju kada pri preradi krompira nastaju značajne količine otpadnog materijala, pri čemu se moraju uzeti u obzir relativno visoke cijene krompira,

neekonomičnog transporta i sezonskog rada postrojenja (Baras, & Jakovljević, 1996). Takođe, korištenje krompira kao izvora skroba je rezultat i lakog izdvajanja skroba iz krtola (Boškov, 1979), a krompir predstavlja jeftinu sirovinu koja je otporna na sušu (Duvernay, Chinn, & Yencho, 2013; Ren, Zhao, Chen, Guo, & Cao, 2016) i dobro uspijeva na našim područjima. Hemijski sadržaj krompira može znatno da varira, a u prosjeku sadrži više od 75 % vode i do 25% suve materije (pri čemu oko 70-75% suve materije otpada na skrob, a ostatak na bjelančevine, šećere, celulozu itd.) (Podhorsky, Požar, & Štefanović, 1997). S obzirom da većinu suve materije krompira čini skrob, on se prethodno mora obraditi na pogodan način, najčešće kiselinskom ili enzimskom hidrolizom do šećera koje mikroorganizmi alkoholnom fermentacijom mogu prevesti u etanol (Bai, Anderson, & Moo-Young, 2008; Lucyna, Zielonka, & Jaros, 2013). Alkoholnu fermentaciju najčešće provode kvasci koji su već prisutni na samoj sirovini ili naknadno dodana čista kultura kvasca. Ekonomska važnost kvasca *Saccharomyces cerevisiae* i podvrsta (sojeva, izolata) posljedica je svojstava ovog mikroorganizma da vrlo brzo fermentiše šećere do etanola i CO₂, te da pokazuje visoku toleranciju na alkohol kao proizvod. Svi sojevi kvasca *S. cerevisiae* fermentišu monosaharide i disaharide veoma brzo, maltotriozu previru nešto sporije, a samo djelimično rafinozu. Takođe, pojedini sojevi kvasca *S. cerevisiae* pokazuju visoku toleranciju na visoke koncentracije šećera u kominama i alkohola kao produkta (Grba, 2010). Kvasci za brzi rast trebaju različite makro i mikroelemente. Supstance poznate kao faktori rasta za kvasac *S. cerevisiae* su uglavnom vitamini B grupe, u koje spadaju biotin, pantotenska kiselina, inozitol, tiamin, nikotinska kiselina i piridoksin. Većina proizvodnih sojeva kvasca *S. cerevisiae* dobro raste pri temperaturi 20-35 °C i u pH području od 4-7. Prevođenje skrobne sirovine u bioetanol može se provoditi na više načina, a najčešće se koriste ova dva postupka: nakon ošćenja – odvojena hidroliza i fermentacija (eng. Separate Hydrolysis and Fermentation, SHF) ili istovremeno (simultano) hidroliza i ošćenje (eng. Simultaneous Saccharification and Fermentation, SSF). Uzimajući u obzir sve prethodno navedeno, cilj ovog rada bio je ispitivanje uticaja 3 različite vrste krompira (Desiree, Arizona i Kennebec) i 3 komercijalna kvasca (pekarski, rakijski i vinski) na SHF postupak fermentacije bioetanola.

MATERIJALI I METODE

Za potrebe rada korištene su 3 vrste krompira: Desiree (D), Arizona (A) i Kennebec (K). Prije provođenja enzimske hidrolize sve tri vrste krompira su oguljene i oprane vodom, nakon čega je urađena analiza njihovog hemijskog sastava.

Enzimska hidroliza

Sve tri vrste krompira su oguljene i oprane vodom, usitnjene i isječene na kriške, te samljevene u blenderu. Na ovaj način su dobijene 3 kaše od krompira koje su u laboratorijskoj staklenoj čaši pomiješane sa vodom u odnosu 1:3. Zatim je u svaku suspenziju dodana termostabilna α -amilaza Termamyl 120L (Novozymes, Denmark) i CaCl₂ x 2H₂O kao stabilizator enzima za hidrolizu. Nakon toga izvršena je korekcija pH vrijednosti svake suspenzije, upotrebom 1 M NaOH ili 1 M HCl, na optimalnu pH vrijednost za α -amilazu (6.0-6.5). Poslije miješanja suspenzije su stavljene u zagrijano vodeno kupatilo (80-90 °C) i podvrgnute hidrolizi (likvefakciji) u trajanju od 2 časa. Nakon toga, dobijeni hidrolizati su ohlađeni na 45 °C, dodan im je enzim glukoamilaza Dextrozyme (Novozymes, Denmark) i podešena pH vrijednost svake suspenzije na pH ~ 4.5. Sve suspenzije su stavljene u termostat na temperaturi od 45 °C. Nakon 19 h termostatanja, sve tri suspenzije su prebačene u zagrijano vodeno kupatilo (60 °C) i izvršeno je dodatno ošćenje u trajanju od 3 časa. Na kraju je izvršena provjera stepena ošćenja Lugolovim rastvorom. Na kraju procesa, dobijeni hidrolizati su profiltrirani i ohlađeni na temperaturu od 30 °C. Uzorci ohlađeni na 30 °C prebačeni su u boce za fermentaciju (u 2 ponavljanja). U svaki uzorak zapremine 180-190ml dodano je, kao izvor azota i fosfata, po 100mg/l diamonijum fosfata i po 100 mg/l K-metabisulfita, da bi se suzbio razvoj nepoželjnih mikroorganizama, kao što su divlji kvasci i plijesni. U svaku od ovih boca je potom dodano 10% inokuluma koncentracije 600mg/l, slijedećih komercijalnih kvasaca:

- Pekarski kvasac (P), proizvođač Alltech Fermin, Serbia;

- Vinski kvasac Fermol Associees (F), proizvođač AEB, Italy;
- Rakijski kvasac Spirifer M (S), proizvođač Erbsloh, Germany.

Prije nego što je dodan u uzorak, kvasac je prethodno razmućen u toploj vodi i držan u termostatu na temperaturi 35-40 °C u trajanju od 20-30 minuta, da bi se izvršila njegova revitalizacija. Na boce za fermentaciju su postavljene vrenjače, koje se koriste za oslobađanje CO₂ proizvedenog tokom fermentacije, te je izvršeno početno mjerenje mase boca, nakon čega su one stavljene u termostat na 30 °C. Dinamika procesa fermentacije praćena je 7 dana na osnovu mjerenja mase tikvica svaka 24 h (Lakićević et al., 2018).

Metode analize

Za potrebe rada korištene su slijedeće metode analize:

- Određivanja sadržaja vode referentna metoda (ISO 1442:1997);
- Određivanja sadržaja redukujućih šećera DNS metodom (Miller, 1959);
- Određivanje pH vrijednosti baždarenim pH-metrom HI-2211 (Hanna Instruments, USA);
- Određivanje sadržaja skroba po Ewers-u – polarimetrijska metoda (ISO 10520, 1998);
- Određivanje sadržaja ukupnog pepela, mineralizacija uzorka na temperature od 550–600°C (ISO 936:1998);
- Određivanje sadržaja sirovih bjelančevina po Kjeldalu (Kjeldahl) (ISO 937:1992);
- Određivanje koncentracije rastvorljive suve materije pomoću refraktometra Leica Abbe Mark II (Reichert Technologies, USA);

Određivanje sadržaja etanola gasnom hromatografijom na instrumentu Clarus 680 Perkin Elmer sa FID detektorom, pri čemu su korišteni: kolona Elite-Wax L 60 m, ID 0,32, DF 0.5, a kao interni standard acetonitril. Temperatura injektora i detektora bile su 250 °C, volumen uzorka bio je 0.5 µL, a temperaturni režim 45 °C 2 min., 45 °C/min. do 245 °C i 1 min. na 245 °C. Ukupno dužina trajanja 7.44 min., a protok gasa nosača (azot) bio je 3ml/min. Jedan gram apsolutnog etanola i acetonitrila su stavljani u volumetrijsku bocu od 100 mL, a zatim je dodana destilovana voda do oznake od 100 mL. Tako su pripremljeni 1% (v/v) standardni rastvor etanola i interni standardni rastvor (acetonitril). Izračunat je relativni faktor odgovora (RRF) etanola na acetonitril.

Sve hemikalije korištene u radu bile su p.a.stepena čistoće.

REZULTATI I DISKUSIJA

U tabeli 1 prikazani su rezultati analize hemijskog sastava krompira.

Tabela 1. Parametri hemijskog sastava krompira.

Table 1. Parameters of chemical composition of potato.

Komponenta (%) / sorta krompira / Component (%) / type of potato	Desiree (D)	Arizona (A)	Kennebec (K)
voda (%) / water (%)	76,62	77,95	74,02
skrob (%) / starch (%)	19,49	21,98	21,07
pepeo (%) / ash (%)	0,75	0,66	1,09
šećeri (%) / sugars (%)	0,94	1,67	0,13
proteini (%) / proteins (%)	2,22	2,33	1,32

Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da se korištene vrste krompira prilično razlikuju po hemijskom sastavu. Sorta Arizona ima najviši procenat skroba, šećera i proteina, dok je kod sorte Kennebec ustanovljen najmanji sadržaj vode i najviše pepela. Uzimajući u obzir parametre hemijskog sastava može se zaključiti da navedene sorte predstavljaju dobru sirovinu za dobijanje etanola. Hemijski sadržaj krompira može znatno da varira, a u prosjeku sadrži više od 75 % vode i do 25% suve materije (pri čemu oko 70-75% suve materije otpada na skrob, a ostatak na

bjelančevine, šećere, celulozu itd.) (Podhorsky, 1997), što je u saglasnosti sa rezultatima dobijenim u ovom radu. U Tabeli 2 prikazana je promjena mase boca u toku 7 dana fermentacije.

Tabela 2. Promjena mase boca tokom fermentacije.

Table 2. Change in bottle mass during fermentation.

Uzorak/dan fermentacije/Sample/fermentation day	1	2	3	7	Δm (g)
DP	0.94	2.28	5.30	8.96	8.96
DS	0.47	2.38	4.43	8.71	8.71
DF	0.74	2.04	4.94	8.43	8.43
AP	0.62	1.78	4.13	7.31	7.31
AS	0.54	2.19	4.06	7.49	7.49
AF	0.67	2.40	4.02	6.74	6.74
KP	0.46	1.64	5.16	8.01	8.01
KS	0.69	2.77	5.50	7.62	7.62
KF	0.68	3.29	5.58	7.40	7.40
Δm _{max} (g)	0.94	3.29	5.58	8.96	8.96

Kinetika procesa fermentacije praćena je mjerenjem promjene mase boca tokom fermentacije u, i izražena je kao kumulativna masa (Δm (g)) oslobođenog CO₂ u određenom vremenskom periodu. Proizvodnja CO₂ tokom alkoholne fermentacije predstavlja indirektnu mjeru za potrošnju fermentabilnih šećera (Lakićević et al., 2018). Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 2 može se zaključiti da je najveća ukupna promjena mase ostvarena kod uzorka DP (Desiree sorta inokulisana pekarskim kvascem P - 8.96 g), a najmanja kod uzorka AF (Arizona sorta inokulisana vinski kvascem F - 6.74 g). Kada se posmatraju promjene mase po danima fermentacije, može se primijetiti da je prvog dana fermentacije najveća promjena ostvarena kod uzorka DP, drugog i trećeg dana kod uzorka KF, dok je sedmog dana najveća vrijednost izmjerena kod uzorka DP. Takođe, evidentno je da je najveći intenzitet fermentacije ostvaren u toku prva tri dana fermentacije, što se slaže sa konstatacijom Henderson et al. (Henderson, Lozada-Contreras, Jiranek, Longo, & Block, 2013), koji navode da se faza ekspanzionalnog rasta kvasca javlja na samom početku fermentacije, tako da će većina etanola biti proizvedena u ovoj fazi. Kada se uzmu u obzir svi rezultati, najboljim su se pokazali uzorci Desiree sorte, a u većini slučajeva pekarski kvasac se pokazao najboljim.

Tabela 3. Rezultati hemijske analize uzoraka nakon završene fermentacije.

Table 3. The results of the chemical analysis of the samples after the finished fermentation.

Uzorci/Samples	Suva materija na početku (%) Dry matter content at the beginning (%)	Suva materija rezidualna (%) Residual dry matter content (%)	Δ %	% Et-OH (v/v)
DP	5,60	1,65	3,95	2,88
DS	5,60	1,40	4,20	2,88
DF	5,60	1,50	4,10	3,30
AP	4,10	1,05	3,05	2,66
AS	4,10	1,25	2,85	1,97
AF	4,10	1,10	3,00	2,11
KP	6,10	1,80	4,30	3,37
KS	6,10	1,85	4,25	3,16
KF	6,10	1,85	4,25	3,37

Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 3 može se primijetiti da je najveća količina nastalog etanola ostvarena kod kombinacija Kennebec-vinski kvasac (KF) i Kennebec-pekarski kvasac (KP) (3.37 % vol), a najmanji udio alkohola je nastao kombinovanjem krompira sorte Arizona sa rakijskim kvascem (AS) (1.97 % vol). Najveća promjena sadržaja suve materije tokom fermentacije ostvarena je kod krompira sorte Kennebec, fermentisanog sa pekarskim kvascem i to u količini od 4.30%, a najmanja kod uzorka AS. Dobijeni rezultati za sadržaj etanola su manji u

odnosu na podatke koji su dostupni u literaturi. Tako su Tasić et al. (Tasić, Konstantinović, Lazić, & Veljković, 2009), koristeći kiselinsku hidrolizu kukuruznog skroba, dobili 4.2% v/v etanola na kraju fermentacije uz korištenje pekarskog kvasca, dok su u svom radu Carvalho et al. (Carvalho, Canilha, Almeida, & Silva, 2008) dobili sadržaj etanola 6% (v/v), takođe uz korištenje pekarskog kvasca, ali u fermentacionom mediju sa polaznih 15% w/w rastvorljive suve materije, što je značajno više nego u našem radu. *S. cerevisiae* je kvasac koji se najčešće koristi u industriji proizvodnje etanola, jer podnosi širok raspon pH vrijednosti (Lin, Zhang, Li, Sakakibara, Tanaka, & Kong, 2012), zbog čega je proces manje podložan kontaminacijama. Pekarski kvasac se tradicionalno koristi kao starter kultura u proizvodnji etanola zbog niske cijene i lake dostupnosti. Međutim, pekarski kvasac i drugi sojevi *S. cerevisiae* nisu u stanju da se takmiče sa divljim kvascem koji uzrokuju pojavu kontaminacije tokom industrijskih procesa. Stresni uslovi poput povećanja koncentracija etanola, temperatura, osmotski stres i bakterijska kontaminacija su razlozi zbog kojih kvasac ne može da preživi tokom fermentacija (Basso, Amorim, Oliveira, & Lopes, 2008). Rezultati našeg rada su pokazali da su sva tri korištena kvasca bila efikasna u metabolizmu ugljenih hidrata koji su bili prisutni u medijumu tokom procesa fermentacija, ostavljajući nizak koncentracije ovih ugljenih hidrata na kraju fermentacije proces za tri izolata. Osnovna prednost korištenja SHF procesa je u tome što se utečnjavanje i saharifikacija odvijaju pri optimalnim uslovima, ali nedostatak je što enzimi kvasca mogu biti inhibirani od strane krajnjih produkata, naročito sa porastom sadržaja etanola u toku fermentacije.

ZAKLJUČCI

Tok fermentacije je praćen 7 dana preko promjene mase boca za fermentaciju, a najveći intenzitet je ostvaren sa uzorcima Desiree sorte, dok se u većini slučajeva pekarski kvasac pokazao najboljim. Najveća količina nastalog etanola ostvarena je kod kombinacija Kennebec-vinski kvasac i Kennebec-pekarski kvasac (3.37 % vol), a najmanji udio alkohola je nastao kombinovanjem krompira sorte Arizona sa rakijskim kvascem (1.97 % vol). Najveća promjena sadržaja suve materije tokom fermentacije ostvarena je kod krompira sorte Kennebec, fermentisanog sa pekarskim kvascem i to u količini od 4.30%. Sve sorte krompira i vrste kvasaca su se pokazale pogodnim za dobijanje bioetanola, a najboljom se pokazala kombinacija krompira Kennebec sa pekarskim kvascem.

NAPOMENA

Rezultati prikazani u ovom radu dio su istraživanja u okviru projekta „Ultrazvučna i mikrotalasna obrada različitih sirovina i otpadaka u svrhu dobijanja bioetanola“ (Ugovor br. 19.032/961-111/19), koji finansira Ministarstvo za naučnotehnoški razvoj, visoko obrazovanje i informaciono društvo Republike Srpske u periodu od 2020-2021. godine.

LITERATURA

- Bai, F.W., Anderson, W.A., & Moo-Young, M. (2008). Ethanol fermentation technologies from sugar and starch feedstocks. *Biotechnology Advances*, 26(1), 89-105.
- Baras, J., & Jakovljević, J. (1996). *Stanje i mogućnosti razvoja proizvodnje i primene etanola u Jugoslaviji*. Tehnološki fakultet, Novi Sad.
- Basso, L.C., Amorim, H.V., Oliveira, A.J., & Lopes, M.L. (2008). Yeast selection for fuel ethanol production in Brazil. *FEMS Yeast Research*, 8, 1155–1163.
- Boškov, Ž. (1979). *Osnovi tehnologije skroba*. Tehnološki fakultet, Novi Sad.
- Bušić, A., Mardetko, N., Kundas, S., Morzak, G., Belskaya, H., Šantek, M.I., Komes, D., Novak, S., & Šantek, B. (2018). Bioethanol production from renewable raw materials and its separation and purification: A review. *Food Technology and Biotechnology*, 56, 289–311.
- Carvalho, W., Canilha, L., Almeida, E., & Silva, J. B. (2008). Fermentation kinetics and mass balance of cachaça production. *Brazilian Journal of Food Technology*, 1-8.
- ISO 10520:1997. (1997). Determination of starch content - Ewers polarimetric method.
- ISO 937:1992. (1992). Određivanje sadržaja ukupnih proteina - metoda po Kjeldahl-u.

- ISO 936:1998. (1998). Određivanje sadržaja ukupnog pepela, mineralizacija uzorka na temperature od 550–600°C.
- Duvernay, W.H., Chinn, M.S., & Yench, G.C. (2013). Hydrolysis and fermentation of sweetpotatoes for production of fermentable sugars and ethanol. *Industrial Crops and Products*, 42, 527-537.
- Grba, S. (2010). *Kvasci u biotehnološkoj proizvodnji*. Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Henderson, C.M., Lozada-Contreras, M., Jiranek, V., Longo, M.L., & Block, D.E. (2013). Ethanol production and maximum cell growth are highly correlated with membrane lipid composition during fermentation as determined by lipidomic analysis of 22 *saccharomyces cerevisiae* strains. *Applied and Environmental Microbiology*, 79, 91–104.
- Honma, J.M., Tanaka, T.M., Vareschini, D.T., & Gimenes, M.L. (2019). Selection and fermentative cultures in synthetic medium with microorganisms isolated from dairy for use of industrial waste and ethanol production. *Chemical Engineering Transactions*, 75, 199–204.
- Lakićević, H.S., Karabegović, I.T., Nikolić, N.Č., Petrović, M.G., Djordjevic, S.A., & Lazić, L.M. (2018). The kinetics of alcoholic fermentation, phenolic content, antioxidant and antimicrobial activity of the wine obtained from plovđina grape with the addition of aromatic herbs. *Advances technologies*, 7(2), 11-18.
- Lin, Y., Zhang, W., Li, C., Sakakibara, K., Tanaka, S., & Kong, H. (2012). Factors affecting ethanol fermentation using *Saccharomyces cerevisiae* BY4742. *Biomass and bioenergy*, 47, 395-401.
- Lopez-Diago, L.F., Castillo, K., Vidal, M. V., Pasqualino, J., Meza-Castellar, P., & Lambis-Miranda, H.A. (2018). Evaluation of the production of starch from bitter cassava (*Manihot utilissima*) using different methodologies. *Chemical Engineering Transactions*, 65, 613–618.
- Lucyna, S., Zielonka, R., & Jaros, L. (2013). The unconventional single stage hydrolysis of potato starch. *Polish Journal of Chemical Technology*, 15(3), 7-14.
- Miller, G.L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, 31, 426-428.
- Papuga, S. (2022). *Malozagađujuće tehnologije i čistija proizvodnja*. Univerzitet u Banja Luci, Banja Luka.
- Podhorsky, R., Požar, H., & Štefanović, D. (1997). *Tehnička enciklopedija*. Jugoslavenski leksikografski zavod, Zagreb.
- Ren, N.-Q., Zhao, L., Chen, C., Guo, W.-Q., & Cao, G.-L. (2016). A review on bioconversion of lignocellulosic biomass to H₂: key challenges and new insights. *Bioresource Technology*, 215, 92-99.
- Tasic, M. B., Konstantinovic, B. V., Lazić, M. L., & Veljkovic, V. B. (2009). The acid hydrolysis of potato tuber mash in bioethanol production. *Biochemical Engineering Journal*, 43, 208–211.

POSSIBILITY OF USING DIFFERENT TYPES OF POTATOES AND YEASTS FOR BIOETHANOL PRODUCTION

Aleksandar Savić, Saša Papuga, Aleksandar Kusić, Ana Velemir

University of Banja Luka, Faculty of Technology, Bulevar vojvode Stepe Stepanovića 73, 78000
Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, aleksandar.savic@tf.unibl.org

ABSTRACT

Bioethanol belongs to the category of renewable biofuels and is mainly obtained from starchy or lignocellulosic raw materials. One of the starchy raw material that can be successfully used to obtain bioethanol is potato (*Solanum tuberosum* L.). To produce ethanol from starchy raw materials, starch needs to be hydrolyzed to glucose, maltose and other digestible carbohydrates so that it can be easily absorbed during metabolism by microorganisms such as *Saccharomyces cerevisiae*. The aim of this work is to investigate the influence of 3 different types of potatoes (Desiree, Arizona and Kennebec) and 3 different commercial yeasts (baker's yeast, distiller's yeast and wine yeast) on the SHF bioethanol fermentation process. The intensity of fermentation was monitored for 7 days by measuring the change in mass of fermentation bottles, and the highest amount of ethanol was achieved in the combinations Kennebec-wine yeast and Kennebec-baker's yeast (3.37% vol), and the lowest alcohol content was obtained by combining Arizona potatoes with distiller's yeast (1.97% vol). The largest change in the dry matter content during fermentation was achieved in potatoes of the Kennebec variety, fermented with baker's yeast, in the amount of 4.30%. All varieties of potatoes proved to be suitable for obtaining bioethanol, and the combination of Kennebec potatoes with baker's yeast proved to be the best.

Keywords: potato, bioethanol, yeast, SHF.