

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU**

Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu održanoj 24.05.2012. godine imenovani smo za članove Komisije za ocenu naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije Valentine Semenčenko, dipl. inž. tehnologije pod naslovom:

**ISPITIVANJE RAZLIČITIH HIBRIDA KUKURUZA KAO SIROVINE ZA
PROIZVODNJU BIOETANOLA, SKROBA I HRANE ZA ŽIVOTINJE**

O predloženoj temi i njenoj naučnoj zasnovanosti podnosimo sledeći

IZVEŠTAJ

1. PODACI O KANDIDATU

Opšti biografski podaci

Valentina Semenčenko, dipl. inž tehnologije, rođena je 11. jula 1979. godine u Beogradu. Osnovnu školu i Treću beogradsku gimnaziju završila je sa odličnim uspehom u Beogradu. Diplomirala je na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu na Katedri za biohemijско inženjerstvo i biotehnologiju 2007. godine sa ocenom na diplomskom radu 10 (deset) i prosečnom ocenom u toku studija 7,86. Govori, čita i piše engleski jezik, a služi se ruskim jezikom. Doktorske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu je upisala školske 2008/2009. godine, na smeru Biohemijско inženjerstvo i biotehnologija i do sada je položila sve ispite sa prosekom 9,64. Spisak položenih ispita na doktorskim studijama:

Predmet	Broj ESPB	Ocena
1. Hemijska kinetika	5	10
2. Odabrana poglavlja biohemije - vitamini	5	8
3. Matematička obrada eksperimentalnih podataka	5	8
4. Biohemijška kinetika	5	10
5. Industrijska mikrobiologija	5	10
6. Sanitarna mikrobiologija	4	10
7. Odabrana poglavlja hemije prirodnih organskih jedinjenja	4	10
8. Biomasa kao izvor energije	4	10
9. Imobilisani biokatalizatori: tehnike imobilizacije, bioreaktori i primena	6	10
10. Odabrana poglavlja instrumentalne analize	7	10
11. Završni ispit	30	10
UKUPNO	80	-

Od januara 2008. do januara 2009. godine bila je angažovana kao volonter-pripravnik na Odeljenju za gajenje i iskorišćavanje kukuruza, Grupa za iskorišćavanje kukuruza, Instituta za kukuruz. Od januara 2009. do januara 2010. godine bila je zaposlena u Institutu za kukuruz kao mlađi istraživač. Bila je uključena u institutski Projekat 3 „Razvoj ZP

biološki vrednih i ekološki bezbednih proizvoda“. Eksperimentalni deo istraživanja vezanih za doktorsku disertaciju obavlja u Institutu za kukuruz. Trenutno je nezaposlena.

Valentina Semenčenko je koautor dva naučna rada u međunarodnim časopisima (jedan kategorije M22 i jedan M23), i četrnaest saopštenja na međunarodnim i domaćim skupovima (kategorija M33– 6 radova, kategorija M34– 1 rad, kategorija M63– 3 rada i kategorija M64– 4 rada).

Spisak objavljenih naučnih radova:

Radovi u istaknutom međunarodnom časopisu (M22)

1. S. Žilić, V. Hadži-Tašković Šukalović, M. Milašinović, D. Ignjatović-Micić, M. Maksimović, V. Semenčenko: Effect of micronisation on the composition and properties of white, yellow and red maize flour. Food Technology and Biotechnology. 48 (2) (2010), 198–206. IF(2010)=0,976(ISSN 1330-9862)

Radovi u međunarodnom časopisu (M23)

1. V. Semenčenko, Lj. Mojović, S. Petrović, O. Ocić: Novi trendovi u proizvodnji bioetanol, Hemijska industrija 65 (2) (2011), 103–114. IF(2010)=0,137 (ISSN 0367-598X)

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini (M33)

1. S. Mladenović Drinić, V. Semenčenko, M. Radosavljević, D. Terzić, M. Simić, M. Stevanović, B. Stipešević: Maize as raw material for bioethanol, Proceedings. 46th Croatian and 6th International Symposium on Agriculture. 14-18 February 2011 Opatija, Croatia (635-639)

2. M. Radosavljević, Lj. Mojović, V. Semenčenko, M. Milašinović, M. Rakin, G. Todorović: Characterisation of different maize hybrids for bioethanol and starch production, 19th International Congress of Chemical and Process Engineering CHISA 2010 & 7th European Congress of Chemical Engineering – ECCE-7, CD-ROM of Full Texts, 28 August – 1 September, Prague, Czech Republic. 1-10.

3. S. Mladenović Drinić, M. Radosavljević, V. Semenčenko, M. Milašinović, M. Filipović, Z. Dumanović, Maize hybrids as raw material for bioethanol production, Book of Proceedings of the 3rd International Scientific Conference Agriculture in Nature and Environment Protection, May 31 - June 2, 2010, Vukovar, Croatia, p. 205-209.

4. D. Terzić, M. Radosavljević, S. Žilić, M. Milašinović, V. Semenčenko: Quality parameters of ZP hybrids biomass, XII International Symposium on Forage Crops of Republic of Serbia -Forage Crops Basis of the Sustainable Animal Husbandry Development- Kruševac – Serbia 26 – 28 May 2010; Biotechnology in Animal Husbandry 26 (spec.issue), p. 491-497.

5. D. Terzić, M. Radosavljević, S. Žilić, M. Milašinović, S. Sredojević, V. Semenčenko: Possibilities of producing high quality feedstuff using plant residues of sweet maize hybrids, XII 7. International Symposium on Forage Crops of Republic of Serbia - Forage Crops Basis of the Sustainable Animal Husbandry Development- Kruševac – Serbia 26 – 28 May 2010; Biotechnology in Animal Husbandry 26 (spec.issue), p. 505-512, 2010.

6. V. Semenčenko, D. Terzić, M. Radosavljević, S. Žilić, Lj. Mojović, M. Milašinović: Korišćenje agrozidua kukuruza u proizvodnji biogoriva, bioapsorbenata i hrane za ljude i životinje, Industrijski otpad - II međunarodna naučno-stručna konferencija o upravljanju otpadom, Tara, septembar 2009. Zbornik radova, str. 209-218.

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu (M34)

1. S. Žilić, M. Srebrić, V. Hadžitašković Šukalović, B. Kresović, D. Terzić, V. Semenčenko: Comparison of quality characteristics of ZP soya bean genotypes, International Conference “Conventional and Molecular Breeding of Field and Vegetable Crops”, Novi Sad, novembar 2008. , Book of Abstracts, str. 137.

Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u celini (M63)

1. V. Semenčenko, L. Mojović, M. Radosavljević: Biotechnological potentials of maize hybrids as a renewable feedstock in bioethanol production, Biotechnology for Sustainable Development, National Conference with International Participation, Faculty of Technology and Metallurgy, Belgrade, November 2010, Book of Abstracts, p 18, na CD-u celih radova 21-24 str.

2. D. Semenčenko, M. Mosurović, V. Semenčenko: Strukturiranje prioriteta u IR u državama Zapadnog Balkana – pojedinačni stavovi građana, XXXVII Simpozijum o operacionim istraživanjima, SYM-OP-IS-2010, Tara 21-24 Septembar 2010., Zbornik celih radova, str. 335-338.

3. D. Semenčenko, M. Radosavljević, V. Semenčenko: Uloga i mesto istraživanja i primene biogoriva u strategijama razvoja obnovljivih izvora energije, Sym-op-is, XXXVI Simpozijum o operacionim istraživanjima, Ivanjica septembar 2009., Zbornik celih radova, str. 239-242.

Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u izvodu (M64)

1. M. Radosavljević, V. Semenčenko, M. Stevanović, M. Filipović, Z. Čamdžija, S. Mladenović Drinić, B. Stipešević: ZP hibridi kao sirovina za bioetanol. IV Simpozijum Selekcije za oplemenjivanje organizama Društva genetičara Srbije, 2-6. Oktobar 2011. godine, Kladovo, Zbornik apstrakata, 23.

2. V. Semenčenko, L. Mojović, M. Radosavljević: Biotechnological potentials of maize hybrids as a renewable feedstock in bioethanol production, Biotechnology for Sustainable Development, National Conference with International Participation, Faculty of Technology and Metallurgy, Belgrade, November 2010, Book of Abstracts, p 18.

3. Milica Radosavljević, Marija Milašinović Šeremešić, Mile Sečanski, Čedomir Radenović, Valentina Semenčenko: Fizička svojstva i hemijski sastav zrna linija i hibrida kukuruza, VI Naučno-stručni simpozijum iz selekcije i semenarstva, 17-21. maj 2010. godine, Vršac, 74.

4. M. Radosavljević, Lj. Mojović, V. Semenčenko, M. Milašinović: Upotrebna vrednost zrna hibrida kukuruza različite genetičke osnove, Zbornik abstrakata IV kongresa genetičara Srbije, Tara, jun 2009., str.217.

Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu dosadašnjeg rada i pokazanih rezultata tokom posleddiplomskih studija i u okviru naučno-istraživačkog rada Valentina Semenčenko je pokazala interes, sklonost i izrazitu sposobnost za bavljenje naučno-istraživačkim radom. Takođe, tema doktorske disertacije pripada oblasti iz koje je do sada objavila 2 naučna rada štampana u časopisima međunarodnog značaja i 14 saopštenja na međunarodnim i domaćim skupovima, što ukazuje da je vrlo podobna za rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA

Bioetanol je tečno biogorivo koje se dobija procesom fermentacije iz biomase. Zalihe konvencionalnih izvora energije su ograničene i njihovo korišćenje ima negativni uticaj na životnu sredinu tako što povećava emisiju gasova staklene bašte [1]. Ukupni bilans CO₂ je u procesu sagorevanja bioetanola jednak nuli, jer biljke za fotosintezu potroše količinu ovog gasa jednaku onoj koja nastane u toku sagorevanja etanola. Prema izveštaju Svetskog udruženja za obnovljiva goriva (Global Renewable Fuels Alliance), proizvodnja bioetanola se konstantno povećava i u toku 2010. godine je dostigla obim od 85,8 milijardi litara, što predstavlja porast od 17,9 % u odnosu na 2009. godinu. Bioetanol se može koristiti kao čist alkohol ili u smeši sa benzinom (E5, E10, E85). Smeše sa nižim zapreminskim udelom bioetanola su kompatibilne sa konvencionalnim motorima, dok smeše sa više od 30% etanola zahtevaju modifikaciju motora.

Bioetanol se najviše proizvodi od skrobnih (kukuruz, pšenica, tritikale, pirinač, krompir, kasava, slatki krompir, ječam itd.) i šećernih (šećerna trska, šećerna repa, sirak, voće itd.) sirovina, mada upotreba lignoceluloznih sirovina (šumski, poljoprivredni i komunalni otpad) predstavlja izazov za savremenu nauku. Tekuća svetska industrijska proizvodnja bioetanola kao alternativnog goriva je u najvećoj meri zasnovana na skrobnim sirovinama i to prvenstveno na kukuruza (SAD) [2]. Danas u Srbiji ne postoji organizovana proizvodnja i korišćenje bioetanola kao biogoriva iako za to postoji adekvatna sirovinaska baza. S obzirom da proizvodnja kukuruza u Srbiji premašuje domaće potrebe, viškovi bi se mogli korisno upotrebiti za proizvodnju ovog alternativnog goriva. Međutim, zbog ograničene površine raspoloživog poljoprivrednog zemljišta danas se vrše intenzivna istraživanja na polju selekcije hibrida koji bi davali veće prinose i bili pogodni za proizvodnju bioetanola. Takođe su aktuelna istraživanja na unapređivanju efikasnosti procesa proizvodnje alkoholnog goriva. Rezultati ovih istraživanja bi mogli znatno uticati na racionalnije korišćenje kukuruza kao sirovine i dati orijentaciju industriji za izbor određenih hibrida kukuruza. U svetu je najizraženiji trend razvoja integralne tehnologije u kojoj bi sporedni proizvodi bili maksimalno valorizovani, čime se ostvaruje veća produktivnost uz minimalno zagađenje životne sredine.

Osnovne komponente skroba, amiloza i amilopektin iako su izgrađeni samo od α -D-glukoza kao monosaharidne komponente, međusobno se znatno razlikuju po svojim funkcionalnim osobinama. Odnos amiloze i amilopektina u skrobnim granulama predstavlja jedan od najvažnijih parametara koji značajno utiče na funkcionalne osobine skroba [3]. Skrobovi koji sadrže samo jednu polisaharidnu komponentu, imaju specifične osobine i kao takvi proširuju primenu skroba, odnosno kukuruza i otvaraju nove mogućnosti posebnih primena.

Sadržaj amiloze ima veoma važnu ulogu u enzimskoj svarljivosti skrobnih granula. Skoro svi voštani skrobovi se lakše razgrađuju nego normalni, a ovi lakše od visokoamiloznih.

Jedan od najvažnijih faktora koji mogu uticati na prinos etanola je količina tvrdog (staklastog) i mekog (brašnog) endosperma u znu. Ivice mekog endosperma su grube i sadrže više pora od tvrdog endosperma. Izložnije granule skroba i grube ivice mekog endosperma formiraju veću dodirnu površinu koja pozitivno utiče na hidrolizu čvrste faze. Veći udeo brašnaste frakcije endosperma omogućava lakšu razgradnju skrobnih granula tokom enzimske hidrolize, što dovodi do većeg prinosa etanola [4]. U konvencionalnom procesu proizvodnje bioetanola suvom preradom kukuruza, efikasnost enzimske konverzije skroba do glukoze zavisi od stepena želatinizacije skroba i formiranja molekula otpornih na hidrolizu. Porastom stepena želatinizacije skroba povećava se i podložnost enzimskoj hidrolizi [5]. Dokazano je da je sposobnost želatinizacije u jakoj korelaciji sa strukturom

molekula skroba [6]. S toga su ciljevi ove disertacije, između ostalog, utvrditi fizičke i hemijske karakteristike integralnog zrna i pojedinih strukturnih komponenata odabranih hibrida kukuruza, hemijsku strukturu skroba odgovarajućih hibrida i korelaciju između navedenih karakteristika sa fermentabilnim svojstvima pojedinih hibrida odnosno prinosa bioetanola.

Porastom proizvodnje biogoriva u poslednje vreme, naročito bioetanola procesom suve prerade kukuruza, nastaje velika količina sporednog proizvoda u obliku suve destilerijske džibre (engl. *dry distillers' grains with solubles* – DDGS) [7]. Kao posledica uklanjanja skroba, koncentracija preostalih nutrijenata u džibri se povećava približno tri puta [8]. Ona sadrži veći udeo proteina, vlakana i lipida nego kukuruzno zrno. Dok neki hibridi kukuruza sadrže i do 18,7% proteina u endospermu suvo mlevenog zrna, prosečan sadržaj proteina u suvoj džibri je 28-30% [9]. Kukuruzna džibra je relativno jeftina, dostupna u velikim količinama ali ima ograničenu industrijsku primenu. Na svaki galon (3,78 litara) bioetanola proizvedenog od zrna kukuruza nastaje oko 3,36 kg suve kukuruzne džibre [10]. Ovaj sporedni proizvod industrije alkoholnog goriva predstavlja odličan izvor proteina i energije za životinje pa se zbog toga najčešće koristi kao komponenta smeša za ishranu domaćih životinja. Sastav džibre čine sve komponente polaznih sirovina osim u fermentaciji iskorišćeni ugljeni hidrati, zatim biomasa kvasca, kao i novonastali međuprodukti faza utečnjavanja, oštećerjenja i fermentacije koje kvasac ne može da metaboliše do etanola. Mnogi faktori utiču na sastav džibre – vrsta sirovine za proizvodnju etanola, tip fermentacije, dužina i vreme sušenja džibre i dr. S obzirom na veću globalnu proizvodnju bioetanola, nameće se i potreba za što potpunijim iskorišćenjem džibre. Zbog rasta cena hrane za životinje, sve se više razmatra upotreba džibre u koncentracijama većim od tradicionalnih ili kao alternativnog hraniva [11,12]. Ovaj način korišćenja džibre pozitivno utiče na razvoj proizvodnje bioetanola kao goriva i ekonomiju procesa s obzirom da se prodajom džibre kao hrane za životinje može ostvariti dodatan prihod u iznosu od 10-20% od ukupnog [11].

Savremena proizvodnja skroba bazira se uglavnom na tradicionalnoj skrobarskoj odnosno vlažnoj preradi kukuruza [13]. Kukuruzni skrob kao osnovni proizvod skrobarske prerade predstavlja sirovinu za brojne tehnološke i biotehnološke procese u koje spada i proizvodnja bioetanola. Osim skroba i zaslađivača, glavnih proizvoda skrobarske prerade kukuruza, značajno mesto zauzimaju i sporedni proizvodi: kukuruzno ulje i proizvodi namenjeni ishrani domaćih životinja - brašno od kukuruznog glutena, hranivo od kukuruznog glutena, brašno od kukuruznih klica i suvi kukuruzni ekstrakt.

Ovako opsežno koncipirano ispitivanje fermentativnih karakteristika hibrida kukuruza Instituta „Zemun Polje“ u cilju proizvodnje bioetanola do danas nije vršeno. Takođe, do sada nije ispitivana integrisana proizvodnja bioetanola i hrane za životinje iz kukuruznog zrna u našoj zemlji, i cilj ove disertacije je da se definišu parametri i mogućnosti ovakvog integrisanog procesa čime bi se postiglo potpuno iskorišćenje sirovine bez stvaranja otpadnog materijala, što bi potencijalno imalo pozitivan uticaj kako na održivi razvoj tako i na ekonomiju.

Literatura

1. Mojović L, Pejin D, Grujić O, Markov S, Pejin J, Rakin M, Vukašinović M, Nikolić S, Savić D (2009), Chem Ind Chem Eng Q 15(4): 221-226.
2. Nikolić S, Mojović L, Rakin M, Pejin D, Pejin J (2010), Food Chem 122:216–222.
3. Scott MP, Jane J, Soundararajan M (1999), Phytochem, 52: 555-559.
4. Wang P, Liu W, Johnston DB, Rausch KD, Schmidt SJ, Tumbleson ME, Sing V (2010), ASABE 53(1):307-312.

5. Srichuwong S, Gutesa J, Blanco M, Duvick SA, Gardner C, Jane J-L (2010), J ASTM 7(2): 1-10
6. Jane J, Chen YY, Lee LF, McPherson AE, Wong KS, Radosavljevic M, Kasemsuwan T (1999), Cereal Chem 76: 629-637.
7. Liu SX, Singh M and Inglett G (2011), Food Sci Technol 44:713-718
8. Spiehs MJ, Whitney MH, Shurson GC (2002), J Anim Sci 80:2639-2645
9. Singh V, Moreau RA, Hicks KB, Beleya RL, Staff CH (2002), Trans ASAE 45:389-392
10. D. Pimentel (2003), Nat Resour Res 12(2) 127-134.
11. Beckman J, Keeney R and Tyner W (2011), Agribusiness 27:1-18 11.
12. Au F, McKeown L, McAllister TA and Chaves AV(2010), J Sci Food Agric 90:2074-2082
13. Milašinović M, Radosavljević M, Dokić L, Jakovljević J (2007) , Maydica, 52: 289-292.

3. POLAZNE HIPOTEZE

Polazeći od prethodno određenog hemijskog sastava i fizičkih karakteristika zrna ZP kukuruza kao polazne sirovine u ovoj doktorskoj disertaciji izvršiće se selekcija hibrida koji su potencijalno dobri za proizvodnju bioetanola. Brašno dobijeno mlevenjem zrna odabranih hibrida biće korišćeno kao sirovina za dobijanje bioetanola kao primarnog proizvoda a zatim suve kukuruzne džibre kao sekundarnog proizvoda za primenu u ishrani domaćih životinja. Celo zrno će se koristiti u simulaciji industrijskog procesa mokre prerade zrna u cilju izdvajanja nativnog skroba i nusprodukata procesa. Važni parametri procesa proizvodnje bioetanola iz kukuruza (temperatura, pH, koncentracija enzima, mešanje, koncentracija inokuluma itd.) biće ispitani u cilju povećanja prinosa bioetanola. Takođe će se ispitati kvalitet suve kukuruzne džibre, kao i sporednih proizvoda mokre prerade zrna sa aspekta korišćenja kao komponente hrane za životinje. Ekonomska isplativost navedenih tehnoloških postupaka sa različitim hibridima biće ocenjena primenom adekvatne statističke metode.

4. NAUČNE METODE ISTRAŽIVANJA

Reakcija enzimske hidrolize će biti praćena preko promene koncentracije glukoze nastale razgradnjom skroba iz kukuruza i promene sadržaja skroba. Koncentracija glukoze će biti određivana kolorimetrijskom metodom sa 3,5-dinitrosalicilnom kiselinom (DNS). Sadržaj skroba će biti određivan polarimetrijskom metodom (po Ewers-u). Fizičke karakteristike zrna odabranih hibrida kukuruza (otpornost na melevenje, zapremina mliva i udeo tvrde i meke frakcije endosperma kao parametri tvrdoće zrna, udeo morfoloških delova zrna, hektolitarska ili zapreminska masa, masa 1000 zrna ili apsolutna masa, gustina ili specifična masa, indeks flotacije zrna ili procenat plivajućih zrna i indeks apsorpcije vode) biće određene standardnim laboratorijskim metodama, kao i njihov osnovni hemijski sastav (proteini, ulja, celuloza i pepeo). Fermentacija će biti praćena preko promene sadržaja etanola (metoda se zasniva na zavisnosti gustine destilata etanola od sadržaja etanola), koncentracije glukoze i broja ćelija kvasca (brojanje ćelija metodom razblaživanja). Na osnovu eksperimentalnih vrednosti, izračunaće se parametri od značaja za ocenu efikasnosti postupka kao što su volumetrijska produktivnost i odgovarajući koeficijenti prinosa, a takođe će se postaviti i odgovarajući kinetički modeli ispitivanih postupaka, kao i statistički model predviđanja.

Prinos skroba, materijalni bilans mokrog mlevenja i iskorišćenje skroba biće određivani modifikovanom laboratorijskom metodom mokrog mlevenja (*Eckoff et al, 1996., Singh et al, 1997.*). Sadržaj proteina u skrobu biće određen metodom po Kjeldahl-u a sadržaj ulja u skrobu metodom po Soxhlet-u. Odnos amiloze i amilopektina u skrobu biće određen

spektrofotometrijskom metodom. Svarljivost zrna i skroba biće ispitivana enzimskom metodom za *In vitro* određivanje svarljivosti kod preživara (AQ 353 INRA Clermont-Fd Theix, *Aufrère 2006.*).

Nakon destilacije etanola, uzorak kukuruzne džibre kao nusprodukt proizvodnje bioetanola će se centrifugirati i čvrsti deo sušiti u sušnici na 60°C. Sadržaj proteina u džibri biće određen metodom po Kjeldahl-u, procentualni sadržaj ulja metodom po Soxhlet-u, a celuloze po Weender-u. Sadržaj minerala i mikroelemenata biće određivan spektroskopski na atomskom apsorpcionom spektrofotometru. Biće određena i svarljivost suve materije džibre enzimskom metodom (AQ 353 INRA Clermont-Fd Theix, *Aufrère 2006.*). Kvalitet nusproizvoda mokrog mlevenja, kukuruzne klice i glutena kao hrane za životne biće definisan određivanjem njihovog hemijskog sastava.

5. OČEKIVANI NAUČNI DOPRINOS

Važno je naglasiti da integralni proces proizvodnje bioetanola i hrane za životinje iz zrna hibrida kukuruza u našoj zemlji do sada nije bio tema istraživanja. Rezultati doktorske disertacije bi doprineli:

- odabiru hibrida kukuruza Instituta za kukuruz „Zemun Polje“ najpodobnijih za proizvodnju bioetanola u pogledu prinosa ovog alternativnog goriva kao i prinosa i kvaliteta nusprodukta - suve destilerijske džibre kao komponente hrane za životinje velike nutritivne i energetske vrednosti čime bi se omogućilo maksimalno iskorišćenje kukuruznog zrna što bi doprinelo povećanju ekonomičnosti proizvodnje bioetanola na skrobnim sirovinama, odnosno razvoju održivog proizvodnog postupka sa potpunom valorizacijom sporednih proizvoda;
- izboru odgovarajuće optimalne tehnološke šeme (simultana ili odvojena hidroliza i fermentacija) i parametara procesa (koncentracija enzima, pH, temperatura i vreme odvijanja hidrolize i fermentacije itd.) u cilju što veće ekonomičnosti i manjih utrošaka energije;
- definisanju ZP hibrida kukuruza koji daju najveći prinos nativnog skroba i sporednih proizvoda procesa mokre skrobarske prerade kukuruza što bi imalo veliku potencijalnu primenu u prehrambenoj i hemijskoj industriji (modifikati skroba u pekarskim proizvodima, proizvodnji visokofruktoznih sirupa i zaslađivača, slatkiša, žvakaćih guma, hrane za bebe, pudinga, preliava, proizvodnji lepka, briketa, kao vezivna komponenta za voštane boje i krede, boje za papir, u proizvodnji antibiotika i sredstava za dezinfekciju, kozmetike u prahu, proizvodnji sapuna itd.) i ishrani domaćih životinja (mekinje, gluten);
- smanjenju negativnog ekološkog uticaja iskorišćenjem otpadnih produkata iz proizvodnje bioetanola postupkom suve i mokre (skrobarske) prerade kukuruza;

Generalno se očekuje da dobijeni rezultati definišu optimalnu primenu pojedinih ZP hibrida i uslove njihove primene, pa će stoga oni imati izuzetan praktičan značaj.

6. PLAN ISTRAŽIVANJA I STRUKTURA RADA

U okviru ove disertacije ispitaće se fizička svojstva, hemijski sastav i podobnost zrna 27 odabranih ZP hibrida kukuruza različite genetičke osnove za proizvodnju bioetanola, skroba i hrane za životinje.

Definišaće se optimalni parametri za proces dvojno enzimске hidrolize kukuruznog skroba. Utvrdiće se optimalna početna koncentracija supstrata, odnosno hidromodul. Sa aspekta većeg prinosa ali i sa ekonomskog aspekta (zbog visokih cena enzima) utvrdiće se

optimalna koncentracija enzima Termamyl SC i SAN Extra L. Praćenjem promena osnovnih procesnih parametara u fazi fermentacije, utvrdiće se optimalna dužina trajanja fermentacije, optimalna početna koncentracija glukoze i kvasca. Utvrdiće se da li i u kom obimu određeni aktivatori kvasca povećavaju prinos etanola. Uradiće se statistička obrada rezultata dobijenih ispitivanjem fizičkih karakteristika i hemijskog sastava zrna ZP hibrida kukuruza, njihovih fermentabilnih svojstava i karakteristika dobijenog skroba. Na kraju će se formirati statistički model predviđanja ZP hibrida optimalnih za dobijanje bioetanola na osnovu fizičkih karakteristika, hemijskog sastava i fermentabilnih svojstava. Biće ispitivan kvalitet kukuruzne džibre, kao sporednog proizvoda u proizvodnji bioetanola. Ispitaće se parametri kvaliteta džibre (sadržaj vode, pepela, celuloze i proteina), izvršiti analiza sadržaja mineralnih materija (Cu, Zn, Mn, Fe, Ca, Na), kao i svarljivost suve materije, u cilju korišćenja ovog nusprodukta u ishrani domaćih životinja.

U drugom delu ispitaće se pogodnost ZP hibrida za proizvodnju skroba, izvršiće se molekularna karakterizacija skroba različitih ZP genotipova kukuruza (odnos amiloze i amilopektina). Podaci će biti statistički obrađeni. Ispitaće se parametri kvaliteta nusproizvoda mokrog mlevenja kukuruza, kukuruzne klice i glutena, kao hrane za životinje.

U trećem delu će se izvršiti ekonomska analiza zasnovana na rezultatima postignutih prinosa bioetanola, kvaliteta suve kukuruzne džibre i prinosa sporednih proizvoda procesa mokre prerade kukuruznog zrna u cilju određivanja ZP hibrida najpogodnijih za date tehnološke procese s aspekta prinosa etanola i kvaliteta hrane za životinje.

Očekivano je da poglavlja u okviru ove doktorske disertacije budu: **Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultati i diskusija, Zaključak i Literatura.**

U poglavlju **Uvod** biće stavljen akcenat na značaj proizvodnje i primene alternativnog goriva bioetanola kao i iskorišćenja sporednih proizvoda ovog procesa u cilju smanjenja zagađenja životne sredine. Biće naglašen značaj i analizirane osnovne karakteristike kukuruza kao sirovine za procese proizvodnje goriva, skroba i hrane za životinje.

Poglavljje **Teorijski deo** razmatraće literaturne podatke relevantnih istraživanja koji se odnose na:

- Fizičko-hemijske karakteristike zrna ZP hibrida kukuruza kao sirovine za proizvodnju bioetanola, skroba i hrane za životinje
- Tehnologije prerade kukuruznog zrna (suva (mlinarska) i mokra (skrobarska) prerada)
- Značaj bioetanola kao alternativnog goriva
- Sirovine za proizvodnju bioetanola
- Tehnologije proizvodnje bioetanola
- Karakteristike sojeva kvasca i bakterija koji se mogu koristiti u procesu fermentacije
- Pregled i analizu karakteristika i značajnih parametara u procesima hidrolize i fermentacije kukuruznog brašna u cilju dobijanja bioetanola
- Sporedne proizvode procesa proizvodnje bioetanola sa akcentom na suhu destilerijsku džibru
- Karakteristike suve džibre iz proizvodnje bioetanola sa aspekta hrane za životinje
- Tehno-ekonomske aspekte primene kukuruznog zrna ZP hibrida u proizvodnji bioetanola, skroba i hrane za životinje.

U poglavlju **Eksperimentalni deo** očekuje se da budu predstavljene uslovi i metode korišćene u eksperimentalnom radu, prema redosledu eksperimentalnog istraživačkog rada:

- Materijal i metode ispitivanja fizičko-hemijskih karakteristika zrna ZP hibrida

- Metode izvođenja i praćenja dvojno-enzimske hidrolize i fermentacije, sadržaja redukujućih šećera, broja ćelija kvasca i koncentracije bioetanola
- Procedure korišćene za ispitivanje uticaja temperature, pH, mešanja, koncentracije inokuluma i početne koncentracije šećera na proizvodnju bioetanola
- Metode karakterisanja kvaliteta suve kukuruzne džibre kao hrane za životinje, metoda mokre prerade zrna
- Opis metode za izdvajanje nativnog skroba u procesu mokre prerade kukuruza po Eckoff-u i Singh-u
- Uslovi i metode korišćene za karakterizaciju hemijskog sastava i kvaliteta izolovanog nativnog skroba i sporednih proizvoda mokre prerade
- Opis *In vitro* enzimske metode za određivanje sadržaja suve materije
- Primenjene statističke metode.

Poglavlje **Rezultati i diskusija** obuhvatiće prvo rezultate dobijene u okviru hemijske karakterizacije sastava kukuruznog zrna pojedinih hibrida. Potom će biti prikazani rezultati optimizacije procesa dvojno-enzimske hidrolize na izabranom hibridu sa dugom tradicijom proizvodnje i potencijalno najkvalitetnijim svojstvima.

U daljem izlaganju biće predstavljeni i diskutovani rezultati:

- Optimizacije uslova za povećanje produktivnosti fermentacije- temperatura, kontrola pH, koncentracija inokuluma, početna koncentracija šećera, mešanje, uz predstavljanje kinetike proizvodnje bioetanola.
- Rezultati postignuti pri različitim strategijama vođenja procesa (odvojena ili simultana hidroliza i fermentacija) kao i kinetika proizvodnje bioetanola iz odabranih hibrida kukuruza
- Rezultati ispitivanja kvaliteta suve kukuruzne džibre dobijene iz pojedinih hibrida
- Rezultati prinosa i kvaliteta kukuruznog skroba i sporednih proizvoda mokre prerade zrna
- Rezultati tehno-ekonomske analize primene kukuruznog zrna ZP hibrida u proizvodnji bioetanola, skroba i hrane za životinje.

Zaključak će obuhvatiti presek dobijenih rezultata i odgovarajuće zaključke, izvedene na osnovu ispitivanja izloženih u prethodnim poglavljima. Ostvareni rezultati i prednosti ispitanog integrisanog procesa biće dovedeni u vezu sa praktičnom primenom.

U odeljku **Literatura** biće navedene reference citirane u disertaciji, uključujući naučne publikacije proistekle iz eksperimentalnog rada u okviru predložene teme.

7. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu izložene analize podobnosti teme doktorske disertacije Komisija smatra da je predložena tema Valentine Semenčenko „**Ispitivanje različitih hibrida kukuruza kao sirovine za proizvodnju bioetanola, skroba i hrane za životinje**“ naučno zasnovana i predlaže Nastavno-naučnom veću da je prihvati. Za mentora se predlaže prof. dr Ljiljana Mojović, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Tehnološko inženjerstvo - biotehnologija za koju je matična ustanova Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu.

U Beogradu, 21.06. 2012. godine

ČLANOVI KOMISIJE

Dr Ljiljana Mojović, red. prof.
Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu

Dr Marica Rakin, van. prof.
Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu

Dr Milica Radosavljević, naučni savetnik
Institut za kukuruz „Zemun Polje“, Beograd-Zemun

Dr Marija Milašinović Šeremešić, naučni saradnik
Institut za kukuruz „Zemun Polje“, Beograd-Zemun