

Univerzitet u Novom Sadu
Tehnološki fakultet
Bulevar cara Lazara, 1
Novi Sad
10.04.2000.g.

УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ТЕХНОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ

Број 020-403

15.05. 2000 год.
НОВИ САД

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU TEHNOLOŠKOG FAKULTETA UNIVERZITETA U NOVOM SADU

PREDMET: Izveštaj Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije mr Marijane Sakač

Nastavno-naučno veće Tehnološkog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu na XIII sednici održanoj 20.12.1999. godine pod tačkom 10. imenovalo je Komisiju za ocenu i odbranu urađene doktorske disertacije kandidata mr Marijane Sakač, dipl. inž. hemije, pod naslovom "ANTIOKSIDANTI U ZRNU SOJE I NJEGOVI PROIZVODIMA" u sledećem sastavu:

1. Dr Stojan Savić, redovni profesor Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu, predsednik
2. Dr Sonja Đilas, redovni profesor Tehnološkog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu, mentor, član
3. Dr Jasna Čanadanović-Brunet, docent Tehnološkog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu, član.

Komisija u navedenom sastavu pregledala je urađenu doktorsku disertaciju mr Marijane Sakač i Nastavno-naučnom veću podnosi sledeći

IZVEŠTAJ O OCENI DOKTORSKE DISERTACIJE

Doktorska disertacija kandidata mr Marijane Sakač pod nazivom "Antioksidanti u zrnu soje i njegovim proizvodima" napisana je na 140 strana u skladu sa savremenim principima izlaganja rezultata naučnoistraživačkog rada i sadrži 23 tabele, 79 slika i 369 literaturnih navoda. Doktorska disertacija obuhvata 7 poglavlja: Uvod, Opšti deo, Materijal i metode, Rezultati i diskusija, Zaključak, Literatura i Biografija.

U disertaciji su, pored navedenog, prezentirani ključna dokumentacijska informacija sa izvodom na srpskom i engleskom jeziku u skladu sa važećom zakonskom regulativom i sadržaj.

U poglavlju **UVOD** ukazano je da je inhibiranje oksidacije lipida prehrambenih proizvoda i proizvoda namenjenih ishrani životinja, pogotovo onih sa visokim sadržajima masti ili ulja, vezano za upotrebu širokog spektra sintetičkih ili prirodnih antioksidanata, pri čemu je naglašeno da primat u korišćenju u mnogim zemljama širom sveta poslednjih decenija pripada prirodnim antioksidantima.

U skladu sa savremenim trendom upotrebe prirodnih antioksidanata ili antioksidativno delotvornih ekstrakata, efikasnih u supresiji oksidacije lipida, definisano je opredeljenje rada na polju izučavanja prirodnog antioksidativnog potencijala zrna soje i punomasnih hraniva od zrna soje namenjenih ishrani životinja s ciljem da se ispituju:

- uticaj uparenih ekstrakata (heksanski, etanolni, etil-acetatni) zrna soje i kod nas najčešće korišćenih punomasnih hraniva za ishranu životinja, ekstrudiranog sojinog griza (ESG) i hidrotemički tretiranog zrna soje (HTZS), na termičku i katalitičku oksidaciju metil-linoleata primenom najsavremenije spektroskopske metode, elektron spin rezonantne (ESR) spektroskopije;
- sadržaj nekih antioksidativnih materija (α -tokoferol, β -karotin, ksantofili, izoflavoni soje, fitati) zrna soje i ispitivanih punomasnih hraniva, kao i ispitivanih ekstrakata;
- uticaj različitih termičkih tretmana, odnosno procesa prerade na antioksidativni potencijal zrna soje poređenjem antioksidativnih efekata, odnosno sadržaja ispitivanih antioksidanata pojedinih ekstrakata zrna soje i ispitivanih hraniva;
- uticaj primene različitih ekstragenasa na antioksidativne efekte ekstrakata neliposolubilnih antioksidanata ispitivanih hraniva tokom termičke i katalitičke oksidacije komercijalnog sojinog ulja primenom ESR.

U poglavlju **OPŠTI DEO** prezentiran je uvid u direktno štetno delovanje kiseonika na anaerobe i aerobe, kao uvod u detaljno izlaganje o dominantnom štetnom delovanju kiseonika za koje su odgovorni kiseonikovi slobodni radikali.

Deo o kiseonikovim slobodnim radikalima obuhvata prikaz osnovnih karakteristika atmosferskog (tripletnog) kiseonika, aktivnih (singletnih) oblika kiseonika – $^1\Delta gO_2$ i $^1\Sigma gO_2$ i redukovanih oblika kiseonika, s posebnim osvrtom na superoksid-anjon-radikale i hidroksi-radikale.

Navedeni su načini nastajanja superoksid-anjon-radikala *in vivo*, jer je njegovo generisanje preduslov "superoksidne teorije toksičnosti kiseonika", s obzirom da se iz superoksid-anjon-radikala, odnosno iz njega stvorenog vodonik-peroksida, Fentonovom ili Haber-Weissovom reakcijom, stvara izuzetno reaktivna i toksična vrsta – hidroksi-radikali.

Nastajanje hidroksi-radikala, kao jednog od najmoćnijih inicijatora oksidacije lipida, izloženo je, takođe, detaljno, uz osvrt na katalitička svojstva nekih prelaznih metala (gvožđa i bakra) u Fentonovoj reakciji. Izrazita reaktivnost hidroksi-radikala ilustrovana je pregledom konstanti brzine hemijskih reakcija hidroksi-radikala i širokog spektra organskih jedinjenja, pri čemu su načini reagovanja hidroksi-radikala sa mnogobrojnih jedinjenjima klasifikovani u tri osnovna tipa reakcija – izdvajanje vodonika, adiciju i prenos elektrona.

Oksidacija lipida, odnosno proces destrukcije nezasićenih i polinezasićenih masnih kiselina izazvan delovanjem kiseonikovih slobodnih radikala kao inicijatora složenog slobodnoradikalnog mehanizma ove reakcije, prikazana je kao proces koji vodi direktnim oštećenjima na ćelijskom nivou i kao jedna od najnepoželjnijih reakcija u hemiji hrane.

Oksidativne promene lipida hrane, koje su praćene razvijanjem nesvojstvene boje i neadekvatnog mirisa i ukusa hrane – pojavom užegnuća, rezultiraju nutritivno neispravnim i senzorno neprihvatljivim proizvodom. Poznavanje mehanizma ove lančane reakcije (faza inicijacije, faza propagacije i faza terminacije), slobodnoradikalskih vrsta koje se stvaraju tokom ove reakcije (alkil-, peroksi- i alkoksi-radikali) i sekundarnih proizvoda oksidacije lipida, kao, na primer, aldehida (heptanal, 4-hidroksi-2-*trans*-nonenal, malonaldehid) i ugljovodonika (pentan), doprinosi razumevanju neželjenih oksidativnih promena na lipidima hrane tokom proizvodnje, skladištenja i distribucije prehrambenih i drugih proizvoda.

Poznavanje sastava lipida, odnosno hemijske strukture masnih kiselina (stepena nezasićenosti) i njihovog sadržaja, kao i faktora koji promotivno utiču na oksidaciju lipida veoma je važno u adekvatnoj supresiji oksidacije lipida.

Ispitivanje, odnosno detekcija i merenje intenziteta ovog procesa, podrazumeva primenu neke od mnogobrojnih hemijskih ili fizičko-hemijskih metoda kojima se određuje relevantni parametar, odnosno pokazatelj kvaliteta – sadržaj nezasićenih masnih kiselina, količina nekog primarnog ili sekundarnog proizvoda oksidacije lipida, utrošak kiseonika i drugi. Prikaz metoda za detekciju i merenje stepena oksidacije lipida potkrepljen je najnovijim referencama iz ove oblasti, s posebnom osvrtom na elektron spin rezonanciju, jedinu instrumentalnu metodu kojom se detektuju slobodni radikali nastali tokom oksidacije lipida, odnosno "spin-traping" (spin-trapping) tehniku, pogodnu za analiziranje izuzetno nestabilnih, odnosno reaktivnih slobodnih radikala (npr. peroksi-radikala).

Upotreba antioksidanata je jedan od načina smanjivanja ili eliminacije oksidativnih promena lipida hrane. Definisane osnovnih svojstava antioksidanata i prikaz načina njihovog delovanja, uz objašnjenje novog trenda u orijentaciji na prirodne antioksidante i pored delotvornosti i ekonomske opravdanosti upotrebe sintetičkih antioksidanata, prethodi podrobnom izlaganju o antioksidativnoj prirodi i mehanizmima delovanja nekih prirodnih antioksidanata - α -tokoferola, askorbinske kiseline i karotinoida, odnosno β -karotina, likopena, ehinenona i drugih.

Polifenoli su, kao jedna od najvažnijih vrsta antioksidanata, prikazani zasebno, pri čemu je posebna pažnja poklonjena flavonoidima, uz prikaz osnovnih klasa flavonoida, načina na koji oni deluju kao antioksidanti, detaljni uvid u zavisnost antioksidativnog karaktera flavonoida od strukture jedinjenja i niz primera iz najnovije literature koji potvrđuju ispoljavanje snažnog antioksidativnog dejstva nekih polifenola kako u čistom stanju tako i pri upotrebi različitih vrsta ekstrakata koji sadrže polifenole.

S obzirom da je izrada ove doktorske disertacije orijentisana na ispitivanje antioksidativnog potencijala zrna soje, odnosno punomasnih hraniva od zrna soje, ukazano je na neophodnost termičkog tretiranja zrna soje i navedeni su neki načini tretiranja, uz osvrt na ekstruziju i hidrotermičku obradu, kao i posledice tretmana kada je u pitanju sadržaj antinutritienata i nutritienata soje. Sastav sojinog ulja poslužio je kao osnova za tvrdnju o podložnosti punomasnih hraniva od zrna soje oksidaciji lipida, za koju se pretpostavilo da je u izvesnoj meri supresirana delovanjem antioksidanata soje, pre svega α -tokoferola i karotinoida soje, kao liposolubilnih antioksidanata, i izoflavona soje, kao neliposolubilnih antioksidanata. Prikaz strukture izoflavona soje, sadržaja pojedinih dominantnih izoflavona soje i uticaja procesa prerade na sadržaj nekih izoflavona, kao i izuzetan presek najnovijih literaturnih podataka vezanih za uticaj izoflavona na zdravstveni status konzumentata hrane na bazi soje (estrogeno i antiestrogeno dejstvo, kooperativno dejstvo u supresiji osteoporoze, preventivno dejstvo kod faktora rizika srčanih oboljenja, redukcija rizika od kancera) ukazuje na potencijal

i značaj ove klase flavonoida. Antioksidativno delovanje izoflavona soje, koje je sugerirano nizom podataka o njenom antikancerogenom delovanju, potvrđeno je serijom literaturnih navoda i ukazuje na potrebu da se podrobnije ispita doprinos ove klase flavonoida ukupnom antioksidativnom potencijalu zrna soje.

U poglavlju **MATERIJAL I METODE** nabrojane su korišćene hemikalije i materijal – ekstrudirani sojin griz, hidrotermički tretirano zrno soje i sojino ulje.

U ovom poglavlju su, takođe, prikazani:

- metode za određivanje kvaliteta zrna soje i ispitivanih punomasnih hraniva od zrna soje;
- priprema ekstrakata (heksanski, etanolni i etil-acetatni) namenjenih ispitivanjima u model sistemima I i II (termička i katalitička oksidacija metil-linoleata), kao i ekstrakata (etil-acetatni, etanolni i acetonitrilni) namenjenih ispitivanjima u prirodnim sistemima I i II (termička i katalitička oksidacija sojinog ulja);
- ispitivanje termičke (model sistem I) i katalitičke (model sistem II) oksidativne degradacije metil-linoleata i ispitivanje termičke (prirodni sistem I) i katalitičke (prirodni sistem II) oksidativne degradacije sojinog ulja;
- detekcija kiseonikovih slobodnih radikala u model i prirodnim sistemima primenom najsavremenije spektroskopske metode, elektron spin rezonantne (ESR) spektroskopije;
- određivanje sadržaja antioksidativnih materija u zrnu soje, punomasnim hranivima od zrna soje i ispitivanim ekstraktima (α -tokoferol, β -karotin, ukupni ksantofili, izoflavoni soje – genistein i daidžein, ukupni polifenoli, fitati);
- selektivno kvalitativno određivanje izoenzima lipoksigenaza (LOX-1, LOX-2 i LOX-3) u u zrnu soje, punomasnim hranivima od zrna soje i heksanskim ekstraktima

Početak poglavlja **REZULTATI I DISKUSIJA** pripada prikazu kvaliteta punomasnih hraniva od zrna soje, ekstrudiranog sojinog griza i hidrotermički tretiranog zrna soje, koji je ujednačen i zadovoljavajući, bez obzira na primenu različitih termičkih tretmana, što je smatrano osnovom za dalja ispitivanja antioksidativnog delovanja ekstrakata zrna soje i proizvedenih hraniva, odnosno vrsta i količina antioksidativnih materija prisutnih u ispitivanim hranivima.

Termičkom oksidativnom degradacijom metil-linoleata (model sistem I) nastali su peroksi-radikali, koji su stabilizovani u prisustvu "spin-trapa" (spin trap) *N-terc-butyl- α -fenilnitrona* (PBN). Konstante hiperfinog cepanja linija ESR spektara PBN-peroksi-radikal spin-adukata (PBN-OOLM) iznose $a_N = 14.75$ G i $a_H^\beta = 2.80$ G.

Ispitivanje uticaja heksanskih, etanolnih i etil-acetatnih ekstrakata zrna soje, ekstrudiranog sojinog griza i hidrotermički tretiranog zrna soje na termičku oksidativnu degradaciju metil-linoleata vršeno je praćenjem uticaja ispitivanih ekstrakata, pojedinačno dodavanih u model sistem I u količini od 0.02%, na relativni intenzitet (RI) ESR signala PBN-OOLM spin-adukata.

Na osnovu rezultata ispitivanja ustanovljeno je da svi ispitivani ekstrakti zrna soje i ispitivanih punomasnih hraniva inhibiraju termičku oksidaciju metil-linoleata. Heksanski ekstrakti ispoljili su najjaču antioksidativnu aktivnost u model sistemu I, etanolni slabiju, a etil-acetatni zanemarljivu. Heksanski i etanolni ekstrakti punomasnih hraniva bili su antioksidativno delotvorniji u poređenju sa istim vrstama ekstrakata zrna soje.

Katalitička oksidativna degradacija metil-linoleata u prisustvu Fe(II)-jona (model sistem II) rezultura, takođe, nastankom peroksi-radikala, odnosno u prisustvu PBN formiranih

PBN-OOLM spin-adukata. Konstante hiperfinog cepanja linija ESR spektara PBN-OOLM spin-adukata iznose $a_N = 14.75 \text{ G}$ i $a_H^\beta = 2.80 \text{ G}$.

Uticaj heksanskih, etanolnih i etil-acetatnih ekstrakata zrna soje, ekstrudiranog sojinog griza i hidrotermički tretiranog zrna soje na stvaranje i stabilnost peroksi-radikala nastalih tokom katalitičke oksidativne degradacije metil-linoleata ispitan je praćenjem uticaja ispitivanih ekstrakata, pojedinačno dodavanih u model sistem II u količini od 0.02%, na RI ESR signala PBN-OOLM spin-adukata.

Ustanovljeno je da svi ispitivani ekstrakti zrna soje i ispitivanih punomasnih hraniva inhibiraju katalitičku oksidaciju metil-linoleata. Stepene inhibicije izazavane dodavanjem heksanskih i etanolnih ekstrakata u model sistem II su veoma slični, dok etil-acetat ne ispoljava značajno dejstvo. Dodavanje heksanskih i etanolnih ekstrakata punomasnih hraniva u model sistem II rezultiralo je jačim antioksidativnim efektima u poređenju sa onim koje su ostvarile iste vrste ekstrakata zrna soje.

Supresiranje termičke i katalitičke oksidacije metil-linoleata u model sistemima I i II u prisustvu heksanskih ekstrakata zrna soje i ispitivanih punomasnih hraniva pripisano je antioksidativnom delovanju liposolubilnih antioksidanata – α -tokoferola, β -karotina i ukupnih ksantofila, pa je, stoga, određen sadržaj ovih antioksidanata u zrnu soje, ekstrudiranom sojinom grizu, hidrotermički tretiranom zrnu soje i heksanskim ekstraktima.

Ustanovljeno je da su ekstruzija i hidrotermička obrada zrna soje prouzrokovali sniženje koncentracije ispitivanih liposolubilnih antioksidanata.

Ekstrakcija liposolubilnih antioksidanata upotrebom n-heksana bila je najbolja iz ekstrudiranog sojinog griza, nešto slabija iz hidrotermički tretiranog zrna soje, odnosno najslabija iz zrna soje, a rezultovala je relativno sličnim sadržajem ispitivanih antioksidativnih materija u dobijenim ekstraktima.

Liposolubilni antioksidanti heksanskih ekstrakata najverovatnije inhibiraju lančanu reakciju termičke, odnosno katalitičke oksidacije metil-linoleata, snižavajući koncentraciju peroksi-radikala.

Antioksidativni efekti postignuti dodavanjem heksanskih ekstrakata u model sistem I nešto su niži od efekata ostvarenih dodavanjem istih ekstrakata u model sistem II, ali su razlike u inhibitornim efektima male. Iz toga se može zaključiti da pri termičkoj oksidaciji metil-linoleata u model sistemu I uz dodatke ispitivanih heksanskih ekstrakata ne dolazi do bitnije degradacije liposolubilnih antioksidanata i da, takođe, ovi antioksidanti ne deluju kao metal-helatori pri katalitičkoj oksidaciji metil-linoleata u model sistemu II.

Heksanski ekstrakti ispitivanih punomasnih hraniva, dodavani u količini od 0.02% u odnosu na metil-linoleat u model sisteme I i II, pokazali su se efikasnijim u snižavanju RI ESR signala PBN-OOLM spin-adukata u odnosu na heksanski ekstrakt zrna soje, za koga je ustanovljeno da, poput zrna soje, sadrži lipoksigenaze. Paralelno antioksidativno i prooksidativno delovanje heksanskog ekstrakta zrna soje objašnjava slabije antioksidativne efekte postignute dodavanjem ovog ekstrakta u model sisteme I i II, u kojima se deo antioksidanata heksanskog ekstrakta zrna soje angažuje na snižavanje koncentracije enzimski generisanih peroksi-radikala.

Heksanski ekstrakti ekstrudiranog sojinog griza i hidrotermički tretiranog zrna soje nisu sadržali lipoksigenaze, jer su one inaktivirane tokom termičkih tretmana primenjivanih u proizvodnji hraniva.

Upoređivanjem sadržaja ispitivanih liposolubilnih antioksidanata punomasnih hraniva od zrna soje dolazi se do zaključka da su različiti termički tretmani zrna soje, ekstruzija i hidrotermička obrada, slično uticali na sadržaj liposolubilnih antioksidanata zrna soje.

Inhibiranje termičke i katalitičke oksidacije metil-linoleata u model sistema I i II u prisustvu etanolnih ekstrakata zrna soje i ispitivanih punomasnih hraniva pripisano je antioksidativnom delovanju neliposolubilnih antioksidanata – izoflavona soje i fitinske kiseline.

Primenom HPLC metode određen je sadržaj antioksidativno najpotentnijih izoflavona soje – genisteina i daidžeina u zrnu soje, punomasnim hranivima od zrna soje i etanolnim ekstraktima. U navedenom materijalu određen je i sadržaj ukupnih polifenola i fitinske kiseline.

Ekstruzija i hidrotermička obrada zrna soje prouzrokovali su sniženje koncentracije ispitivanih izoflavona, genisteina i daidžeina, koje nije bilo praćeno padom sadržaja ukupnih polifenola i fitinske kiseline u proizvedenim hranivima.

Ekstrakcija ispitivanih izoflavona upotrebom etanola bila je najbolja iz hidrotermički tretiranog zrna soje, dok su nešto slabiji, međusobno ujednačeni, stepeni ekstrakcije ostvareni iz zrna soje i ekstrudiranog sojinog griza. Rezultat ekstrakcije etanolom je relativno sličan sadržaj genisteina i ukupnih polifenola u dobijenim ekstraktima, dok su sadržaji daidžeina i fitinske kiseline u etanolnim ekstraktima različiti. Najniži sadržaj fitinske kiseline registrovan je u etanolnom ekstraktu zrna soje, dok su sadržaji ovog jedinjenja u etanolnim ekstraktima hraniva daleko viši.

S obzirom da je razlika u inhibitornim efektima ostvarenim dodavanjem ma kog etanolnog ekstrakta u model sisteme I i II velika, ispitivan je uticaj čistih preparata genisteina i daidžeina na termičku i katalitičku oksidativnu degradaciju metil-linoleata. Navedeno ispitivanje je vršeno praćenjem uticaja genisteina i daidžeina, pojedinačno dodavanih u model sisteme I i II u količini od 0.02%, na RI ESR signala PBN-OOLM spin-adukata.

Ustanovljeno je da genistein slabo utiče na termičku oksidativnu degradaciju metil-linoleata u model sistemu I (stepen inhibicije – 10.12%), dok daidžein praktično ne ispoljava antioksidativno dejstvo u navedenom slučaju.

Dodavanje genisteina u model sistem II rezultira inhibicijom katalitičke oksidacije metil-linoleata u model sistemu II (stepen inhibicije – 23.07%), dok dodatak daidžeina ostvaruje zanemarljiv efekat (stepen inhibicije – 6.65%).

Dobijeni rezultati ukazuju da genistein u model sistemu I inhibira lančanu reakciju oksidacije metil-linoleata snižavajući koncentraciju peroksi-radikala, dok u model sistemu II deluje dvojako, i kao inhibitor lančane reakcije oksidacije metil-linoleata i kao metal-helator. Delovanje genisteina kao metal-helatora u model sistemu II podrazumeva da on kompleksiranjem Fe(II)-jona inhibira stvaranje peroksi-radikala, što je u saglasnosti sa hemijskom strukturom ovog izoflavona.

Antioksidativni efekti postignuti dodavanjem etanolnih ekstrakata zrna soje i punomasnih hraniva od zrna soje u model sistem I (stepeni inhibicije – 28.00% zrno soje; 37.91% ESG; 29.02% HTZS) objašnjavaju se zbirnim, moguće i sinergističkim, delovanjem izoflavona soje.

Dodaci ispitivanih etanolnih ekstrakata u model sistemu II ostvaruju različite stepene supresije katalitičke oksidacije metil-linoleata (stepeni inhibicije – 37.67% zrno soje; 86.51% ESG; 74.19% HTZS), za koje je odgovoran različit sadržaj fitinske kiseline u ispitivanim ekstraktima. Fitinska kiselina u model sistemu II deluje kao metal-helator, koji inhibira

nastanak peroksi-radikala tokom katalitičke oksidacije metil-linoleata mehanizmom kompleksiranja Fe(II)-jona.

Upoređivanjem sadržaja ispitivanih neliposolubilnih antioksidanata u punomasnim hranivima od zrna soje dolazi se do zaključka da su različiti termički tretmani zrna soje, ekstruzija i hidrotermička obrada, slično uticali na sadržaj neliposolubilnih antioksidanata zrna soje.

Poređenje antioksidativnih efekata koje su etanolni i heksanski ekstrakti dobijeni iz istog polaznog materijala ostvarili u model sistemu I sa velikom verovatnoćom ukazuje na dominantnu antioksidativnu ulogu liposolubilnih antioksidanata soje pri termičkoj oksidaciji ulja zrna soje i punomasnih hraniva.

Antioksidativna efikasnost neliposolubilnih antioksidanata ispitivanih etanolnih ekstrakata, mada registrovana i pri termičkoj oksidaciji metil-linoleata u model sistemu I, dolazi posebno do izražaja pri inhibiciji katalitičke oksidacije metil-linoleata u model sistemu II, sugerirajući da ovi antioksidanti, s obzirom na visok sadržaj gvožđa u ulju zrna soje ili punomasnih hraniva, mogu da daju značajan doprines u supresiji katalitičke oksidacije sojinog ulja.

Termičkom oksidativnom degradacijom komercijalnog sojinog ulja (prirodni sistem I), odnosno katalitičkom oksidativnom degradacijom komercijalnog sojinog ulja (prirodni sistem II) nastali su peroksi-radikali, koji su stabilizovani u prisustvu "spin-trapa" PBN-a. Konstante hiperfinog cepanja linija ESR spektara PBN-OOL spin-adukata iznose $a_N = 14.75$ G i $a_H^{\beta} = 2.80$ G.

Ispitivanje uticaja vrste ekstragensa na antioksidativne efekte ekstrakata neliposolubilnih antioksidanata ekstrudiranog sojinog griza i hidrotermički tretiranog zrna soje podrazumevalo je pojedinačno dodavanje etil-acetatnih (etil-acetat-0.1 mol/dm³ HCl (83:17)), etanolnih (etanol-0.1 mol/dm³ HCl (83:17)) i acetonitrilnih (acetonitril-0.1 mol/dm³ HCl (83:17)) ekstrakata ovih hraniva u količini od 0.02% u prirodne sisteme I i II, te praćenje sniženja RI ESR signala PNB-OOL spin-adukata izazvanog antioksidativnim delovanjem komponenti ekstrakata.

Svi ispitivani ekstrakti neliposolubilnih antioksidanata punomasnih hraniva od zrna soje ispoljili su izraženije antioksidativno dejstvo pri katalitičkoj oksidaciji sojinog ulja.

Etil-acetatni ekstrakti punomasnih hraniva bili su najdelotvorniji u supresiji termičke oksidacije sojinog ulja, etanolni nešto manje delotvorni, dok su acetonitrilni ekstrakti praktično zanemarljivo delovali.

Iste vrste ekstrakata oba punomasna hraniva ispoljile su identično antioksidativno dejstvo u prirodnom sistemu I, odnosno pri termičkoj oksidaciji sojinog ulja.

Inhibicija katalitičke oksidacije sojinog ulja u prirodnom sistemu II najuspešnija je u slučaju dodavanja etil-acetatnih ekstrakata ispitivanih hraniva, slabija uz dodatke etanolnih ekstrakata hraniva, odnosno najslabija uz dodatke acetonitrilnih ekstrakata hraniva.

Ispitivani ekstrakti ekstrudiranog sojinog griza ispoljili su jače antioksidativno dejstvo pri katalitičkoj oksidaciji sojinog ulja u poređenju sa odgovarajućim ekstraktima hidrotermički tretiranog zrna soje.

Na osnovu rezultata ispitivanja uticaja vrste ekstragensa na antioksidativne efekte ekstrakata neliposolubilnih antioksidanata punomasnih hraniva od zrna soje može se zaključiti da je korišćenje etil-acetata najpovoljnije, mada ni upotreba etanola nije loš izbor.

Poglavlje **ZAKLJUČAK** sadrži sumarni pregled realizacije postavljenih ciljeva, odnosno pregled zaključaka koji proizilaze iz rada na problematici ove doktorske disertacije.

ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu izloženog Komisija zaključuje da rezultati do kojih je kandidat mr Marijana Sakač došla u svojim istraživanjima predstavljaju originalan i značajan doprinos u izučavanju inhibiranja oksidacije lipida zrna soje i punomasnih hraniva od zrna soje, pri čemu treba istaći i mogućnost apliciranja rezultata istraživanja u praksi. Kandidat je pokazao zavidan nivo u naučnom pristupu istraživanjima, obradi rezultata i njihovom prikazivanju.

Imajući sve ovo u vidu Komisija **pozitivno** ocenjuje doktorsku disertaciju kandidata mr Marijane Sakač, istraživača-saradnika Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu, pod nazivom **"ANTIOKSIDANTI U ZRNU SOJE I NJEGOVI PROIZVODIMA"** i predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu da prihvati ovu ocenu, odredi datum odbrane i pozove kandidata na usmenu javnu odbranu.

KOMISIJA

1. Dr Stojan ~~Savic~~, red. profesor
Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu,
predsednik
2. Dr Sonja Đilas, red. profesor
Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu,
mentor, član
3. Dr Jasna Canadanović-Brunet, docent
Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu, član