

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

Број захтева: 32/9-8.4.

Датум: 29.06.2022.

ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ
БИОТЕХНИЧКИХ НАУКА

ЗАХТЕВ

**за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији
за кандидата на докторским студијама**

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 4. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације:

Кандидат **АЛЕКСАНДРА (Слободан) СТОЈИЋЕВИЋ**, студент докторских студија на студијском програму Прехрамбена технологија, пријавила је докторску дисертацију под називом: „Стабилизација хладно пресованог сунцокретовог уља применом етарских уља и екстракта одабраних врста лековитог и зачинског биља“ из научне области Прехрамбена технологија.

Универзитет је дана 15.05.2018. године, својим актом 02-08 Број: 61206-2021/2-18 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила: **«Стабилизација хладно пресованог сунцокретовог уља применом етарских уља и екстракта одабраних врста лековитог и зачинског биља»**.

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације образована је на седници одржаној 30.03.2022. године, одлуком Факултета број 32/6-6.3. у саставу:

име и презиме члана комисије, звање, научна област, установа у којој је запослен

1. др Малиша Антић, редовни професор, Хемија, Универзитет у Београду - Пољопривредни факултет,
2. др Станислава Горјановић, научни саветник, Биохемија, Институт за општу и физичку хемију у Београду,
3. др Ана Алимпић Арадски, научни сарадник, Морфологија, фитохемија и систематика биљака, Институт за ботанику и Ботаничка башта „Јевремовац“ у Београду,
4. др Биљана Рабреновић, ванредни професор, Наука о преради ратарских сировина, Универзитет у Београду - Пољопривредни факултет,
5. др Славица Јелачић, редовни професор, Лековито, ароматично и зачинско биље, Универзитет у Београду - Пољопривредни факултет.

Наставно-научно веће факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној 29.06.2022. године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
Проф. др Душан Живковић

Универзитет у Београду
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ
Број: 32/9-8.4.
Датум: 29.06.2022. године
БЕОГРАД-ЗЕМУН

На основу члана 44. Статута Пољопривредног факултета, Наставно-научно веће Факултета на седници одржаној 29.06.2022. године, донело је

О Д Л У К У

I ПРИХВАТА СЕ извештај о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднела **АЛЕКСАНДРА СТОЈИЋЕВИЋ, дипл. инж.** и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: **«СТАБИЛИЗАЦИЈА ХЛАДНО ПРЕСОВАНОГ СУНЦОКРЕТОВОГ УЉА ПРИМЕНОМ ЕТАРСКИХ УЉА И ЕКСТРАКТА ОДАБРАНИХ ВРСТА ЛЕКОВИТОГ И ЗАЧИНСКОГ БИЉА».**

II Универзитет је дана 15.05.2018. године, актом 02-08 број: 61206-2021/2-18, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

III Радови кандидата у научним часописима који га квалификују за одбрану докторске дисертације:

Stojićević, A.S., Pastor, F.T., Gorjanović, S.Ž., Šolević Knudsen, T.M., Antić, M.P. (2020) Modification of DC polarographic antioxidant assay - Application to aromatic plants and their active principles. *Flavour Fragrance Journal*, 35(2):219–226. doi:10.1002/ffj.3555

Plić, A., Antić, M., Jelačić, S., Šolević Knudsen, T. (2019): Chemical composition of the essential oils of three *Ocimum basilicum* L. cultivars from Serbia. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(2):347-351. doi: 10.15835/nbha47111250

**ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА
ДЕКАН**

(Проф. др Душан Живковић)

Доставити: кандидату, ментору, Институту за прехранбену технологију и биохемију, Студентској служби и архиви.

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ПОЉОПРИВРЕДНОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Датум: 28. 04. 2022.

Предмет: Извештај Комисије о оцени урађене докторске дисертације Александре С. Стојићевић, дипломираног инжењера прехранбене технологије биљних производа.

Одлуком наставно-научног већа Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, бр. 32/6-6.3, од 30.03.2022. године, именовани смо у Комисију за оцenu и одбрану урађене докторске дисертације под насловом: „**Стабилизација хладно пресованог сунцокретовог уља применом етарских уља и екстраката одабраних врста лековитог и зачинског биља**“, кандидата Александре С. Стојићевић, дипломираног инжењера прехранбене технологије биљних производа.

Комисија у саставу др Малиша Антић, редовни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, др Станислава Горјановић, научни саветник Института за општу и физичку хемију у Београду, др Ана Алимпић Арадски, научни сарадник Института за ботанику и Ботаничке баште „Јевремовац“ Биолошког факултета Универзитета у Београду, др Биљана Рабреновић, ванредни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Београду и др Славица Јелачић, редовни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, на основу прегледа, анализе и оцене докторске дисертације подноси Наставно-научном већу Пољопривредног факултета следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ОПШТИ ПОДАЦИ О ДИСЕРТАЦИЈИ

Докторска дисертација Александре С. Стојићевић, дипломираног инжењера прехранбене технологије биљних производа, под насловом „Стабилизација хладно пресованог сунцокретовог уља применом етарских уља и екстраката одабраних врста лековитог и зачинског биља“ написана је на укупно 178 страница (166 нумерисаних). Ненумерисани делови дисертације су: насловне стране на српском и енглеском језику, страница са информацијама о члановима Комисије, странице са изјавама захвалности, страница са сажетком на српском и енглеском језику са кључним речима и страницама са листом скраћеница коришћеним у тексту. Нумерисани део дисертације садржи следећа поглавља: Увод (стр. 1-2), Преглед литературе (стр. 3-45), Циљ истраживања (стр. 46), Материјал и методе (стр. 48-60), Резултати и дискусија (стр. 61-119), Закључак (стр. 120-123), Литература (стр. 124-160) и Прилог (стр. 161). На крају текста налазе се Биографија аутора (стр. 162), Изјава о ауторству (стр. 163), Изјава о истовестности штампане и електронске верзије докторског рада (стр. 164) и Изјава о коришћењу (стр. 165-166). Поглавља Преглед литературе, Материјал и методе као и Резултати и дискусија подељени су на више подпоглавља. У оквиру докторске дисертације приказано је 18 слика и 25 табела (од тога 24 у тексту). Цитирано је 535 литературних извора.

2. ПРИКАЗ И АНАЛИЗА ДИСЕРТАЦИЈЕ

Увод. У овом поглављу указано је на значај конзумације хладно пресованог сунцокретовог уља које, произведено од сунцокрета гајеног на нашем поднебљу, карактерише висок удео линолне масне киселине. Овакав хемијски састав чини хладно пресовано сунцокретово уље високовредном намирницом, али истовремено негативно утиче на оксидативну стабилност како уља тако и производа који га садрже, будући да је линолна киселина подложна оксидативним променама. Истакнут је значај оксидативне стабилности уља која иако није стандардни, представља незаобилазни параметар којим се дефинише квалитет уља. Такође, указано је и на најзначајније факторе који утичу на оксидативну стабилност. У овом поглављу је наглашен и значај употребе лековитог и зачинског биља у циљу одлагања оксидативних промена, чији додатак уљу са собом носи и измену сензорних карактеристика уља. Будући да етарска уља и екстракти изоловани из сувих надземних делова ртањског чаја и босиљка, као и плодова коријандера, кима и аниса, имају доказану антиоксидативну активност, као главни циљ докторске дисертације престављена је могућност њихове примене ради стабилизације хладно пресованог сунцокретовог уља.

Преглед литературе. Ово поглавље се састоји од пет подпоглавља са више подналова у којима је кандидат дао приказ литературних података релевантних за област проучавања докторске дисертације. У првом подпоглављу ***Производња сунцокрета и сунцокретовог уља***, кандидат даје приказ положаја Републике Србије у односу на друге земље у односу на производњу сунцокретовог семена и сунцокретовог уља. Такође, дат је и осврт на процес производње хладно пресованог сунцокретовог уља. У другом подпоглављу ***Хемијски састав сунцокретовог уља*** кандидат је указао на хемијске компоненте сунцокретовог уља са највећим утицајем на одрживост уља, као и факторе који утичу на њихов удео у уљу. У оквиру трећег подпоглавља, ***Оксидативна стабилност уља***, кандидат је указао на значај липидне оксидације као једног од неизбежних процеса који се одвијају у уљу. Такође, кандидат је указао на то да хемијски састав уља у највећој мери дефинише одрживост уља али и да су начин производње и складиштења уља фактори који умногоме могу утицати на спречавање негативних промена у уљу уколико су оптимизовани. Кандидат је у оквиру овог подпоглавља дао приказ метода за одређивање оксидативне стабилности уља и праћења процеса оксидације, наводећи принцип методе као и предности и мане за сваку од њих. ***Опште карактеристике испитиваних биљних врста*** приказане су у четвртм подпоглављу. За одабране биљне врсте (ртањски чај, босиљак, коријандер, ким и анис) кандидат је дао приказ основних карактеристика, наводећи које су главне компоненте хемијског састава етарског уља и екстракта изолованих из сваке од њих а које су носиоци биолошке активности. Поред тога, кандидат је указао и на то да су одабране биљне врсте лековитог и зачинског биља широко заступљене у различитим гранама индустрије, традиционалној медицини, хомеопатији и кулинарству. У оквиру кратког описа сваке биљне врсте, кандидат је табеларно дао приказ литературних навода који се односе на биолошка дејства етарског уља и екстракта, са посебним освртом на антиоксидативно и антимикуробно дејство будући да су била предмет испитивања у докторској дисертацији. Пето подпоглавље, ***Примена лековитих и зачинских биљака у прехранбеној индустрији***, конципирано је као приказ релевантних литературних навода који се односе на примену одабраних лековитих и зачинских биљака у циљу стабилизације јестивих биљних уља и масти и примену у другим гранама прехранбене индустрије. Кандидат је у оквиру овог подпоглавља указао на то да су одабране врсте

лековитих и зачинских биљака добро проучене у смислу одлагања оксидације уља али и да се највећи број латературних навода односи на рафинисана уља тј. да су хладно пресована уља била знатно ређе предмет оваквих испитивања. У овом подпоглављу описани су услови под којима су спроведена истраживања цитираних аутора при чему је посебна пажња усмерена на оне литературне наводе који су обухватили методе испитивања примењене у докторској дисертацији.

Циљ истраживања. Као основни циљ докторске дисертације кандидат је навео утврђивање додатка етарских уља и екстракта одабраних врста лековитог и зачинског биља на оксидативну стабилност хладно пресованог сунцокретовог уља. У оквиру основног циља, дефинисано је и неколико посебних. Прелиминарним испитивањима хемијског састава и одређивањем антиоксидативне и антибактеријске активности, кандидат је издвојио део припремљених екстракта за даља испитивања заједно са етарским уљима. Истраживање је конципирано на додатку одабраних екстракта и етарских уља хладно пресованом сунцокретовом уљу у више концентрација и праћењу њиховог утицаја на одрживост помоћу више метода, као и одређивању утицаја на сензорне карактеристике уља које су овим видом стабилизације измењене.

Материјал и методе. Ово поглавље је подељено на осам подпоглавља. У првом подпоглављу *Полазни материјал* описан је узорак хладно пресованог сунцокретовог уља који је коришћен за испитивања, као и биљни материјал, тј. карактеристике одабраних врста лековитих и зачинских биљака и начин њиховог складиштења до примене у експерименталном раду. Такође, у овом подпоглављу кандидат је навео и списак хемикалија које су коришћене у извођењу експерименталног дела дисертације. У другом подпоглављу, *Испитивање нутритивне вредности хладно пресованог сунцокретовог уља*, кандидат је описао методе одређивања садржаја и састава масних киселина, садржаја изомера токоферола и методе одређивања пигмената – каротеноида и хлорофила. У оквиру дефинисања нутритивне вредности, кандидат је у овом подпоглављу приказао и нутритивне показатеље (атерогени, тромбогени и хипохолестеролски/хиперхолестеролски индекс) добијене рачунским путем на основу маснокиселинског састава уља. Треће поглавље, *Испитивање оксидативног статуса и хемијских карактеристика хладно пресованог сунцокретовог уља*, односи се на испитивање полазног квалитета хладно пресованог сунцокретовог уља утврђивањем да ли су и у којој мери наступили процеси хидролитичке и оксидативне разградње одабраног узорка. Степен хидролитичке разградње кандидат је дефинисао на основу киселинског броја и садржаја слободних масних киселина, док је оксидативни статус одређен преко пероксидног и анисидинског броја, оксидативне вредности и садржаја конјугованих диена и конјугованих триена. *Испитивање одабраних врста лековитих и зачинских биљака* као четврто поглавље, описује начин изоловања етарског уља и анализе хемијског састава. Такође, детаљно је описан начин припреме екстракта помоћу 70 % и 96 % раствора етанола применом две методе екстракције – мацерације помоћу ултразвука и екстракције по Сокслету. Припремљени екстракти су испитани на садржај укупних фенолних једињења и флавоноида. Кандидат је даље у истом подпоглављу описао методе испитивања антиоксидативне и антибактеријске активности изолованих етарских уља и припремљених екстракта. Антиоксидативна активност је испитана применом три спектрофотометријске методе и поларографском методом, док је антибактеријска активност испитана применом микродилуционе методе. *Испитивање оксидативне стабилности хладно пресованог сунцокретовог уља са додатком етарских уља и екстракта* је пето подпоглавље у коме је кандидат детаљно описао начин на који су припремљени узорци уља. Хладно пресованом сунцокретовом уљу су етарска уља и екстракти добијени екстракцијом помоћу 70 %

раствора етанола додати у три концентрације (200, 500 и 1000 ppm) док су као контроле коришћене уље без додатака и уље са синтетичким антиоксидансом БХТ у концентрацији од 250 ppm. Након хомогенизације, део узорака је одмах издвојен за одређена испитивања, док је остатак чуван у стакленој амбалажи на собној температури и без присуства светлости. Такође, у овом подпоглављу су описане методе одређивања оксидативне стабилности припремљених узорака уља. Отпорност узорака уља према оксидацији Ранцимат тестом испитана је на температури од 100 °C и са протоком ваздуха од 20 L по часу. Тест убрзаног старења уља (Schaal-oven test) је изведен на температури од 63 ± 2 °C. Загревање узорака је изведено у лабораторијској сушници без присуства светлости са отвореним судовима у које су смештени узорци и трајало је 12 дана. Након четири, осам и дванаест дана узиман је део узорка ради одређивања параметара оксидативног статуса – пероксидног броја, анисдинског броја, оксидативне вредности и садржаја конјугованих диена и конјугованих триена. Одређивање почетне температуре оксидације узорака уља са додатим етарским уљима и екстрактима у концентрацији од 1000 ppm одређена је DSC методом. Додатно, у оквиру овог подпоглавља, описан је и начин испитивања оксидативне стабилности уља током шест месеци складиштења. На исти начин припремљени узорци уља су складиштени на собној температури и на тамном током шест месеци, с тим да су праћени параметри анализирани на месечном нивоу. У посебном подпоглављу **Сензорна оцена квалитета** је описан начин испитивања сензорних својстава узорака уља са додацима (боја, мирис и укус). Оцењивање је спроведено према ИСО стандарду (1993) од стране групе панелиста. Боја као карактеристика узорка уља која је измењена додатком етарских уља и екстраката хладно пресованом сунцокретовом уљу испитана је и инструменталном методом на начин који је кандидат описао у седмом подпоглављу **Инструментално одређивање боје узорка помоћу компјутерског визуелног система**. Одређивање боје овом методом спроведено је у три наврата – по додатку етарских уља и екстраката, као и након три и шест месеци складиштења на тамном. На основу параметара боје (L^* - светлоће, a^* - удела црвене и b^* - удела зелене боје) промена боје у току складиштења описана је преко укупне промене боје (TCD), индекса жуте боје (YI) и индекса посмеђивања (BI). У осмом подпоглављу, **Статистичка анализа**, дат је приказ поступака статистичке обраде резултата експерименталних истраживања.

Резултати и дискусија. Ово поглавље се састоји од десет подпоглавља у којима су на концизан и прегледан начин представљени резултати експерименталног дела дисертације. Резултате, који су приказани табеларно и графички, прате одговарајућа текстуална тумачења. Прво подпоглавље **Састав и карактеристике хладно пресованог сунцокретовог уља** приказује резултате испитивања нутритивне вредности испитиваног уља, као и његове хемијске карактеристике и оксидативни статус. Најпре су представљени резултати испитивања маснокиселинског састава с обзиром да је квалитет уља у највећој мери дефинисан управо саставом и садржајем масних киселина. На основу добијених резултата, кандидат је утврдио да испитивано уље припада стандардном линолном типу сунцокретовог уља. Кандидат је истакао да је висок удео линолне киселине (75,8 %) погодан са аспекта хранљиве вредности уља али не и у погледу одрживости уља будући да је линолна киселина као полинезасићена масна киселина подложна оксидацији. Рачунским путем добијени нутритивни показатељи квалитета – атерогени (АИ), тромбогени (ТИ) и хипохолестеролски/хиперхолестеролски индекс (ХХ) указују да је испитивано уље високог квалитета будући да су вредности АИ и ТИ ниске, а вредност ХХ индекса висока. Даље је у овом поглављу дат приказ одређивања садржаја изомера токоферола који су битни како са аспекта хранљиве вредности тако и са аспекта одрживости.

Укупни садржај токоферола износио је 22,05 mg/100 g уља што је у односу на литературне податке за сунцокретоу уље ниска вредност. Са друге стране, типично за сунцокретоу уље, као најзаступљенији изомер детектован је α -токоферол са 21,47 mg/100 g уља. Садржај најзаступљенијих пигмената сунцокретоу уља, каротеноида и хлорофила, износио је $3,51 \pm 0,16$ mg/kg односно $0,55 \pm 0,03$ mg/kg. Вредности киселинског броја и процента олеинске масне киселине ($3,07 \pm 0,06$ mg KOH/g односно $1,55 \pm 0,15$) указују да су хидролитичке промене уља наступиле у значајној мери. Како је уље коришћено за испитивање добијено пресовањем непосредно пре анализа, кандидат је закључио да су високе вредности показатеља степена хидролитичке разградње последица квалитета семена сунцокрета. Вредности параметара оксидативног статуса указују да је реч о квалитетном хладно пресованом сунцокретоу уљу које није подлегло оксидативним променама. Друго подпоглавље Резултата и дискусије, ***Хемијски састав етарских уља одабраних биљних врста лековитих и зачинских биљака***, представља табеларни приказ састава изолованих етарских уља добијених гасно-хроматографском анализом. Такође, приказани су и приноси етарских уља одабраних биљних врста међу којима анис и ким имају статистички значајно већи принос у односу на остале лековите и зачинске биљке. За етарско уље ртањског чаја кандидат је утврдио да монотерпенски феноли карвакрол и тимол чине половину детектованих компоненти док је линалол детектован као компонента са највећим уделом у саставу етарског уља босиљка и коријандера. Код наведених етарских уља, доминантно заступљена група једињења су оксидовани монотерпени. У случају етарског уља аниса које има најједноставнији хемијски састав, доминантна компонента је фенилпропаноид *trans*-анетол. Монотерпенски угљоводоници и оксидовани монотерпени су главне класе једињења заступљене у етарском уљу кима са карвоном и лимоненом као главним компонентама. У трећем и четвртном подпоглављу, ***Утицај растварача и методе екстракције на принос екстраката и Садржај укупних фенола и флавоноида у екстрактима испитиваних биљних врста***, приказан је утицај одабраних метода екстракције и растварача односно концентрације етанола на принос екстракције и садржај фенолних једињења и флавоноида у припремљеним екстрактима. Када је у питању принос екстракције, из приложених резултата кандидат је закључио да су без обзира на биљну врсту и примењени метод екстракције, већи приноси добијени применом 70 % раствора етанола. Кандидат је то образложио чињеницом да су бинарни системи, као што је смеша етанола и воде, ефективнији као растварачи за разлику од монокомпонентних. Утицај екстракционе методе се огледао у томе да је за сваку испитивану биљну врсту Сокслетова екстракција дала веће приносе. Из приказаних резултата може се закључити да се највиши приноси могу добити комбиновањем смеше растварача различитих поларности и екстракције на повишеној температури. На основу анализе садржаја укупних фенола и флавоноида показало се да су биљне врсте фамилије Lamiaceae знатно богатије овим биоактивним једињењима у односу на представнике фамилије Apiaceae при чему је већи садржај фенолних једињења добијен 70 % раствором, док су 96 % етанолом добијени већи приноси флавоноида. Код екстраката коријандера, аниса и кима запажен је тренд већег садржаја флавоноида у случају више температуре екстракције и ниже концентрације етанола. Од свих испитиваних биљних врста, ртањски чај је имао највише вредности како укупних фенола тако и флавоноида. ***Антиоксидативна активност етарских уља и екстраката*** је пето подпоглавље где су представљени резултати добијени помоћу четири антиоксидативна теста и упоређени са комерцијалним антиоксидансима – бутилхидроксианизолом (БХА) и бутилхидрокситолуолом (БХТ). Приказани резултати јасно указују да је антиоксидативна активност екстраката знатно већа у односу на етарска уља и да, без

обзира на примењени тест одређивања, ртањски чај и босиљак имају знатно израженији антиоксидативни потенцијал. На основу резултата DPPH и FRAP методе, активност комерцијалних антиоксиданаса је знатно виша у односу на тестиране екстракте и етарска уља, док је β -каротен/линолна киселина тестом утврђено да готово сви екстракти испољавају јачу активност од БХА и БХТ. Резултати антибактеријског дејства етарских уља и екстраката према одабраним сојевима Грам позитивних и Грам негативних бактерија описано је у шестом подпоглављу **Антибактеријска активност етарских уља и екстраката**. На основу приказаних резултата може се закључити да су етарска уља знатно ефикаснија у односу на екстракте тј. при знатно нижим концентрацијама остварују инхибиторни и бактерицидни ефекат. Како најосетљивија бактерија показала се *S. aureus*, док је најрезистентнија била *E. coli*. Етарско уље и екстракти ртањског чаја испољили су најјачу антибактеријску активност тј. имали најниже вредности минималне инхибиторне концентрације а што се може објаснити присуством монотерпенских фенола тимола и карвакрола чија је антимикробна активност у литератури добро описана. Седмо подпоглавље **Оксидативна стабилност хладно пресованог сунцокретовог уља са додатком етарских уља и екстраката** састоји се из три целине. Свака од њих представља резултате добијене испитивањем одрживости уља са додацима при различитим експерименталним условима како би се што потпуније сагледао утицај додатака. Резултати Ранцимат теста јасно указују да су екстракти одабраних врста лековитих и зачинских биљака екифаснији од етарских уља када је у питању одлагање оксидативних промена. Индукциони период изражен у часовима за контролне узорке (уље без додатака и уље са додатком БХТ) износио је 7,42 и 9,26. Изузев коријандера, чији су екстракти у највећој примењеној концентрацији испољили благи прооксидативни ефекат, остали представници фамилије *Apiaceae* имали су индукциони период знатно дужи у односу на узорак уља без додатака а многи од њих дужи и у односу на узорак коме је додат БХТ. Екстракти кима добијени мацерацијом помоћу ултразвука имали су највише вредности индукционог периода (9,62 – 10,19 ч). Вредности индукционог периода за узорке са екстрактима ртањског чаја и босиљка кретале су се између вредности које су утврђене за контролне узорке са изузетком екстракта добијеног Сокслетовом екстракцијом и додатог у конентрацији од 1000 ppm (9,74 ч). Екстракти аниса имали су дуже вредности индукционог периода од узорака уља, са и без додатка БХТ, изузев екстракта добијеног Сокслетовом екстракцијом додатог у концентрацији 250 ppm (9,18 ч). Када су у питању узорци са додатком етерских уља (ЕУ), најбољу одрживост је показао узорак са додатком ЕУ ртањског чаја у највећој концентрацији (IP=8,26 ч). Узорци са додатком ЕУ биљака фамилије *Apiaceae*, додатим у количини од 1000 ppm, имали су вредности IP ниже од узорака без додатака, што указује на прооксидативно дејство при вишим концетрацијама и задатим условима одређивања. Индукциони период за ЕУ₁₀₀₀ коријандера, аниса и кима износили су 6,93 ч, 7,39 ч, односно 7,12 ч. Узорци са додатком екстраката су имали дужи IP (8,74 ч) од узорака којима су додата етарска уља (7,59 ч). До разлике у оксидативној стабилности узорака са додатком ЕУ и екстраката долази због разлике у хемијском саставу али и чињеница да на повишеној температури концентрација лако испарљивих супстанци може бити смањена услед испаравања. Параметри који указују на садржај примарних и секундарних производа оксидације – промене пероксидног броја (Pbr), промене анисидинског броја (Abr), промене оксидативне вредности (OV) и промене садржаја коњугованих диена и коњугованих триена (K_{232} , K_{270}) су резултати Schaal oven теста. За узорак ХПСУ без додатака Pbr је од полазних 0,81 mmol/kg након четири дана достигао вредност од 10,11 mmol/kg, а након 12 дана вредност од 201,90 mmol/kg, што је увећање приближно 250 пута. Вредност Pbr са БХТ је након 4 дана била 6,41 mmol/kg, а након 12 дана 156,24

mmol/kg. Вредности P_{bg} узорака са додатим екстрактима су након 4 дана биле у интервалу 4,71 – 17,53 mmol/kg, након 8 дана 16,06 – 35,20 mmol/kg, да би на крају теста биле 141,85 – 186,05 mmol/kg. Вредности P_{bg} за узорке са додатком ЕУ након четвртог, осмог и дванаестог дана теста били су 5,73 – 11,19 mmol/kg, 17,55 – 51,77 mmol/kg и 155,72 – 178,02 mmol/kg. Вредност A_{br} узорка уља без додатака је од полазних 0,23 након 4 дана достигла вредност од 0,37, да би након 12 дана вредност била 12,40, што је увећање од око 54 пута. Узорак са БХТ је на крају тестирања имао вредност од 8,85 што је увећање од 38 пута. Након четири дана, вредности A_{br} за узорке са додатим екстрактима су се кретале у границама од 0,23 до 0,85, након осам дана од 0,74 до 2,33, да би на крају теста биле у опсегу 7,49 – 13,38. Када су у питању узорци уља са ЕУ, интервали A_{br} су имали сличне вредности: 0,20 – 0,67 након четири дана, 1,43 – 4,34 након осам дана и након дванаестог дана 8,48 – 14,68. Оксидативна вредност је од полазних 1,86 након четири дана достигла вредности у распону од 9,66 до 35,51, колико су износиле вредности за узорке уља са додатком UZM₁₀₀₀ екстракта ртањског чаја и SE₂₅₀ екстракта аниса. Након осам дана вредности су биле 34,08 – 130,05, да би на крају теста биле у опсегу 291,19 – 416,20. Највише вредности имао је узорак без додатака. Вредности за узорак коме је додат БХТ су биле 13,21; 39,76; и 321,32. Ртањски чај је имао најнижу ОВ и у случају узорака са додатим ЕУ. Остали узорци су имали ОВ између вредности добијене за узорак са БХТ и узорак без додатака. Полазне вредности K₂₃₂ и K₂₇₀ износиле су 2,31 и 0,15. Промене K₂₃₂ у току Schaal oven теста за узорак без додатака биле су 2,98; 13,86 и 53,12 након четири, осам и дванаест дана испитивања док су вредности K₂₇₀ износиле 0,30; 1,05 и 2,81. K₂₃₂ и K₂₇₀ за узорак са БХТ су имали знатно ниже вредности у свакој од тачака одређивања – 2,51/0,16; 9,89/0,34 и 20,44/0,95. Пораст вредности K₂₃₂ за узорак без додатака до краја извођења теста био је 2,6 пута већи од пораста K₂₃₂ узорка са БХТ, док је за K₂₇₀ утврђено да су имали 3 пута веће вредности. Промене K₂₃₂ код узорака уља са додатком екстракта су биле мањег интензитета у првој фази испитивања па су се вредности након четири дана кретале у интервалу 2,31 – 3,32, након осмог дана дошло је до пораста вредности за 3 – 5 пута, да би вредност између осмог и дванаестог дана испитивања углавном била дуплирана. На крају експеримента, вредности K₂₃₂ су се кретале од 19,68 до 29,22 за узорак уља коме је додат UZM₁₀₀₀ екстракт аниса односно UZM₂₅₀ екстракт коријандера. Узорци уља са додатком ЕУ су претрпели нешто интензивније промене тако да је садржај K₂₃₂ на крају испитивања био 24,30 – 41,34 а садржај K₂₇₀ у интервалу 1,38 – 2,00. Резултати DSC мерења су се кретали у интервалу 156 – 166,8 °C. ООТ контролног узорка уља без додатака је била 157,1. Само два узорка су имала ООТ незнатно нижу од контролног – узорак са додатком ЕУ ртањског чаја (156,4 °C) и узорак са додатком ЕУ коријандера (156,3 °C) што указује на слабо прооксидативно дејство. Највишу ООТ је имао узорак са SE екстрактом ртањског чаја (166,8 °C), док је узорак са додатком ЕУ босиљка имао највећу оксидативну стабилност међу тестираним узорцима са додатком ЕУ (160,8 °C). У осмом подпоглављу ***Шестомесечно праћење промена параметара оксидативног статуса узорака ХПСУ са додатком старских уља и екстраката*** је описан утицај ЕУ и екстраката одабраних биљака у блажим условима складиштења. Узорци припремљени на истоветан начин као и за тестове оксидативне стабилности, за овај део испитивања су складиштени на собној температури, без присуства светлости у току шест месеци. На месечном нивоу су праћени параметри оксидативног статуса: P_{bg}, A_{br}, ОВ, K₂₃₂ и K₂₇₀. Вредност P_{bg} за узорак уља без додатака је од полазних 0,81 mmol/kg након шест месеци достигао вредност од 13,95 mmol/kg, док је узорак са додатком БХТ на крају експеримента имао значајно нижу вредност – 8,84 mmol/kg. Узорци са додатком екстракта су на крају експеримента имали вредност P_{bg} у границама од 8,41 до 13,74 mmol/kg за узорке са

додатком UZM₁₀₀₀ екстракта ртањског чаја, односно SE₂₅₀ екстракта коријандера. Као најефикаснији у сузбијању настанка примарних производа оксидације показали су се екстракти ртањског чаја и босиљка. Интервал вредности Pbr узорака уља са додатком ЕУ на крају експеримента је био 9,26 – 12,40 mmol/kg. Као нејефикасније се показало ЕУ ртањског чаја, док је најслабији ефекат на стабилизацију уља имало ЕУ аниса. Узорак уља са ЕУ ртањског чаја је при највишој концентрацији на крају испитивања имао вредности од 11,01 до 12,40 mmol/kg. Повећање садржаја секундарних производа оксидације изражених преко ABr, у току шест месеци складиштења на собној температури је присутно код свих тестираних узорака. Вредности ABr узорака са додатком екстраката су на крају испитивања биле у интервалу од 0,42 до 1,23 док је за узорке са додатком ЕУ интервал био нешто ужи (0,58 – 1,15). Најниже вредности ABr након шест месеци имали су узорци са додатком SE₂₅₀ екстракта ртањског чаја (0,42), UZM₁₀₀₀ екстракта кима (0,54) и ЕУ кима при максималној концентрацији (0,58). Узорак уља без додатака је од полазних 1,86 након месец дана имао увећање OV од 2,34 пута да би на крају испитивања имао вредност 28,58 – увећање од 15,36 пута. Узорак са додатком БХТ је након месец дана складиштења имао OV 2,42, док је након шест месеци вредност износила 18,22 што је представљало увећање од 1,3 односно 9,79 пута у односу на полазну OV. Интервал OV за узорке са додатком екстраката након шест месеци је био 17,61 – 28,58 док је за узорке са додатком ЕУ износио 19,25 – 25,95. Вредност нижу од оне која је добијена за узорак са БХТ након шест месеци имали су само узорци са додатком UZM₁₀₀₀ екстракта ртањског чаја и SE₁₀₀₀ екстракта босиљка. До накупљања примарних и секундарних производа K₂₃₂ и K₂₇₀ дошло је и току шестомесечног складиштења узорака на собној температури при чему је пораст апсорпције при 270 nm таласне дужине било мањег интензитета. Узорак уља без додатака је већ након месец дана имао вредност од 3,54 за K₂₃₂ да би на крају испитивања била скоро 5 пута већа од полазне вредности (11,16). Динамика промене K₂₇₀ је била спорија, па је вредност од полазних 0,15 на крају испитивања износила 0,94. За узорак са додатком БХТ након шест месеци вредности K₂₃₂ и K₂₇₀ су износиле 7,58 и 0,73. Додатак како ЕУ тако и екстраката није имао значајнијег утицаја на смањење формирања K₂₃₂ уља у односу на узорак без додатака. Вредности K₂₇₀ за узорке са додатком екстраката су углавном биле ниже од узорака са БХТ и кретале се у интервалу 0,42-0,76. Вредности K₂₇₀ узорака са додатком ЕУ су се кретале 0,55 до 1,38 при чему су узорци са ЕУ аниса и коријандера у свим примењеним концентрацијама имали вредност већу од узорака без додатака. У деветом подпоглављу **Сензорна оцена квалитета узорака ХПСУ са додатком етарских уља и екстраката** је приказано сензорно анализирање узорака уља непосредно након додавања ЕУ и екстраката и контролног узорака уља без додатка. Контролни узорак без додатака оцењен је као одличан са средњом оценом 4,97. Између узорака са додатком ЕУ и екстраката примећено је да је просечна оцена за сваки оцењивани параметар била виша у случају узорака са ЕУ у односу на додатак екстраката. Посматрајући боју као параметар квалитета, интервал просечних оцена за узорке са екстрактима је био 2,70 – 4,50, док је за узорке са ЕУ био 4,40 – 5,00. Додатак екстраката је доводио до промене боје, а додатак ЕУ није, односно уље је задржавало златно-жуту боју што панелисти оценили као позитивно. На основу укуса, узорцима са додатком екстракта додељене су оцене у распону од 2,88 – 4,63, док је распон оцена за узорке са ЕУ био 2,63 – 5,00. Оцењујући мирис узорака, панелисти су у просеку доделили ниже оцене узорцима са екстрактима у односу на узорке са ЕУ. Дискретан, пријатан, свеж мирис који је хармонизован са мирисом ХПСУ имали су узорци уља са ЕУ коријандера, ртањског чаја и босиљка. Узорци са додатком екстраката категорисани су као добри до врло добри, док су узорци са ЕУ оцењени као врло добри до одлични. Десето подпоглавље **Инструментално**

одређивање боје узорака описује оцењивање боје узорака уља са додатком ЕУ и екстраката применом инструменталне CVS технике. Одређивање боје извршено је три пута: непосредно након додатка ЕУ и екстраката, након три и шест месеци складиштења на собној температури без утицаја светлости. Резултати одређивања су приказани као укупна промена боје узорака изражена као TCD (*Total Colour Difference*), настала додатком ЕУ и екстраката, као и у току процеса складиштења у односу на контролни узорак. Додатак БХТ је изазвао укупну промену боје уља у вредности од 1,69. Вредности TCD контролног узорка ХПСУ и узорка са БХТ се након три месеца складиштења нисунстатистички значајно разликовале, док је након шест месеци разлика била значајна. Контролни узорак је у току складиштења претрпео одређене промене боје које су за период након три месеца износиле 10,07, а за период након шест месеци 12,38. Екстракти су значајно утицали на промену боје већ при самом додавању, имали су вредности веће од 3, што указује да се боја већ на почетку складиштења значајно разликовала од боје контролног узорка. Највише вредности TCD имали су узорци са додатком екстраката ртањског чаја и босиљка.

У поглављу **Закључак** су представљени најважнији закључци који су правилно изведени и произилазе из анализе добијених експерименталних резултата. Докторска дисертација је подељена у три сегмента. Први део је обухватио анализу нутритивних карактеристика и оксидативног статуса ХПСУ. Анализом садржаја и састава МК утврђено је да ХПСУ припада уљу линолног типа, најзаступљеније МК су линолна и олеинска. Други сегмент односио се на испитивање одабраних лековитих и зачинских биљака употребљених за стабилизацију ХПСУ. Принос изолованих ЕУ се кретао од 0,41 до 5,53%. Биљне врсте фамилије Ариасеае имале су веће приносе ЕУ у односу на биљке фамилије Ламиасеае. Трећи сегмент био је усмерен на испитивање оксидативне стабилности ХПСУ са додатком ЕУ и екстраката одабраних врста лековитих зачинских биљака. Такође, овај део је обухватио и праћење оксидативног статуса узорака у току вишемесечног складиштења. Уља са додатком екстраката показују боље резултате у погледу оксидативне стабилности, с друге стране уља са додатим ЕУ показују боље сензорне карактеристике и мању промену боје.

У поглављу **Литература** на правилан начин наведено је 535 литературних извора који одговарају проучаваној проблематици у дисертацији.

У поглављу **Прилог** приказана је табела са резултатима који се не налазе у главном тексту, биографија Кандидата, изјава о ауторству, изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјава о коришћењу.

3. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација Александре С. Стојићевић, дипломираног инжењера прехрамбене технологије биљних производа, под насловом „Стабилизација хладно пресованог сунцокретовог уља применом етарских уља и екстраката одабраних врста лековитог и зачинског биља“ представља оригинални и самостални научни рад из области Науке о преради ратарских сировина. Дисертација је резултат успешно спроведеног самосталног научног рада Кандидакиње а, који је у сагласности са планом истраживања прихваћеним при пријави дисертације. Кандидаткиња је успешно применила савремене инструменталне и статистичке методе за експериментални део својих истраживања. Добијене резултате правилно је тумачила и коментарисала у складу са расположивим литературним подацима и на основу њих извела правилне и научно доказане закључке. Одабрана тема истраживања је од посебног научног и

практичног значаја, с обзиром да овако опсежно истраживање у области стабилизације хладно пресованог сунцокретовог уља са екстрактима и етарским уљима добијеним из зачинских и лековитих биљака доприноси укупном фонду знања у области квалитета, безбедности и здравствене исправности хране. Резултати ове дисертације представљају допринос испитивању одабраних врста лековитих и зачинских биљака и њихове потенцијалне примене у уљарству као посебној грани прехранбене индустрије.

Полазећи од наведених констатација, Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију под насловом: „Стабилизација хладно пресованог сунцокретовог уља применом етарских уља и екстракта одабраних врста лековитог и зачинског биља“ кандидаткиње Александре С. Стојићеве, дипломираног инжењера прехранбене технологије биљних производа и предлаже Наставно-научном већу Пољопривредног факултета Универзитета у Београду да усвоји ову оцену и омогући Кандидаткињи јавну одбрану.

У Београду

28. 04. 2022. године

Чланови Комисије

др Малиша Антић, редовни професор, ментор
Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет
Ужа научна област: Хемија

др Станислава Горјановић, научни саветник
Институт за општу и физичку хемију
Ужа научна област: Биохемија

др Ана Алимпић Арадски, научни сарадник
Универзитет у Београду – Биолошки факултет
Институт за ботанику и Ботаничка башта „Јевремовац“
Ужа научна област: Морфологија, фитохемија и систематика биљака

др Биљана Рабреновић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет
Ужа научна област: Наука о преради ратарских сировина

др Славица Јелачић, редовни професор
Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет
Ужа научна област: Лековито, ароматично и зачинско биље

ПРИЛОГ

Објављени радови Александре С. Стојићевић, дипломираног инжењера прехранбене технологије биљних производа у часописима на SCI листи:

1. Rad u istaknutom međunarodnom časopisu (M22)

Stojićević, A.S., Pastor, F.T., Gorjanović, S.Ž., Šolević Knudsen, T.M., Antić, M.P. (2020) Modification of DC polarographic antioxidant assay - Application to aromatic plants and their active principles. Flavour Fragrance Journal, 35(2):219–226. doi:10.1002/ffj.3555

2. Rad u međunarodnom časopisu (M23)

Илић, А., Antić, M., Jelačić, S., Šolević Knudsen, T. (2019): Chemical composition of the essential oils of three *Ocimum basilicum* L. cultivars from Serbia. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 47(2):347-351. doi: 10.15835/nbha47111250

**НАСТАВНО – НАУЧНОМ ВЕЋУ
ПОЉОПРИВРЕДНОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Датум: 28. 04. 2022.

Оцена извештаја о провери оригиналности докторске дисертације „Стабилизација хладно пресованог сунцокретовог уља применом етарских уља и екстраката одабраних врста лековитог и зачинског биља“ кандидаткиње Александре С. Стојићевић, дипломираног инжењера прехранбене технологије биљних производа.

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма iThenticate реализованог од стране Универзитетске библиотеке од 04.03.2022. године, којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације под насловом „Стабилизација хладно пресованог сунцокретовог уља применом етарских уља и екстраката одабраних врста лековитог и зачинског биља“, аутора Стојићевић Александре, дипломираног инжењера прехранбене технологије биљних производа, констатујем да утврђено подударање текста износи 12%. Овај степен подударности последица је описаних поступака и метода, мерних јединица, цитата, личних имена, библиографских података о коришћеној литератури, као и тзв. општих места и података у вези са темом дисертације, и претходно публикованих резултата истраживања проистеклих из ове дисертације, што је у складу са чланом 9. Правилника.

На основу свега изнетог, а у складу са чланом 8. став 2. Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, изјављујем да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

Ментор

др Малиша Антић, редовни професор

Универзитет у Београду - Пољопривредни факултет

(ужа научна област Хемија)