

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ**  
**ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ**  
**Београд-Земун**

Датум: 26.10. 2022.године

**НАСТАВНО НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА**

Предмет: Извештај Комисије за оцену урађене докторске дисертације Милице Б. Лучић, мастер инжењера технологије

Одлуком Наставно-научног већа Пољопривредног факултета Универзитета у Београду број 32/10-6.2 од 28.09.2022.године, именовали смо Комисију за оцену урађене докторске дисертације под насловом: **„Утицај ултразвучног и топлотног предтретмана на технолошка и функционална својства сушене конзумне и зачинске паприке“**, кандидата Милице Б. Лучић, мастер инжењера технологије.

Комисија у саставу др Малиша Антић, редовни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, др Предраг Вукосављевић, редовни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, др Антоније Оџија, редовни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду на основу прегледа, анализе и оцене докторске дисертације подноси Наставном-научном већу Пољопривредног факултета следећи

**ИЗВЕШТАЈ**

**1. Основни подаци о кандидату и дисертацији**

**Основни подаци о кандидату.** Милица Б. Лучић рођена је у Требињу, Босни и Херцеговини (Републици Српској) 29.06.1991. године. Основно и средње образовање (гимназија, општи смер) завршила је у Гацку, Република Српска. Пољопривредни факултет, Универзитета у Београду, студијски програм Прехрамбена технологија, смер Конзервисање и врење уписала је школске 2010/11. године. Основне студије завршила је 2014. године са просечном оценом 9,83/10. Мастер академске студије на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду, студијски програм Прехрамбена технологија, уписала је 2014. године, а завршила их је 2015. године са просечном оценом 9,83/10. У новембру 2015. године одбранила је мастер рад под насловом *“Meripilus giganteus – биолошки потенцијал и примена у производњи хлеба”* са оценом 10.

Добитник је награде „Фонд Никола Спасић“, као најбољи дипломирани студент Пољопривредног факултета 2013/14. године. Током лета 2016. године обављала је стручну праксу у компанији „Delhaize-Serbia“ у сектору контроле квалитета.

Докторске академске студије на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду, студијски програм Прехрамбена технологија, уписала је 2016/17. године. Положила је све испите предвиђене планом и програмом докторских студија са просечном оценом 10,00. Од 2018. године била је ангажована као стипендиста Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије на пројекту „Нове технологије за мониторинг и заштиту животног окружења од штетних хемијских супстанци и радијационог оптерећења“ (евидентациони број пројекта ИИИ43009). Током школовања 2018/19. и 2019/20. године радила је као сарадник на вежбама из Опште хемије и Аналитичке хемије, на Катедри за хемију и биохемију, на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду. Одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду-Пољопривредног факултета (број: 32/11-7.3. од 30.10.2019. године) и Већа научних области биотехничких наука Универзитета у Београду (број: 61206-4492/2-19 од 12.11.2019. године) одобрена јој је израда докторске дисертације под називом: „Утицај ултразвучног и топлотног предтретмана на технолошка и функционална својства сушене конзумне и зачинске паприке“, а за менторе су одређени др Ивана Средовић Игњатовић, доцент и др Стева Левић, ванредни професор. У звање истраживач-приправник изабрана је 25.10.2018. на Универзитету у Београду - Пољопривредни факултет, а у звање истраживач-сарадник изабрана је 26.08.2021. на Универзитету у Београду - Технолошко-металуршки факултет. Од децембра 2020. године запослена је на Иновационом центру Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, у звању истраживач-приправник, а од 2021. године у звању истраживач-сарадник. У сарадњи са другим ауторима објавила је 4 рада у међународним часописима (2 рада из категорије М21 и 2 рада из категорије М23), 1 рад у националном часопису међународног значаја (М24), 1 рад саопштен на међународном скупу штампан у целини (М33) и 4 саопштења на међународним скуповима штампаним у изводу (М34).

**Основни подаци о дисертацији.** Докторска дисертација Милице Б. Лучић, мастер инжењера технологије, под насловом „Утицај ултразвучног и топлотног предтретмана на технолошка и функционална својства сушене конзумне и зачинске паприке“ написана је у складу са Упутством за обликовање докторске дисертације Универзитета у Београду, као и у складу са пријавом теме која је одобрена од стране Наставно-научног већа Пољопривредног факултета Универзитета у Београду и Већа научних области биотехничких наука Универзитета у Београду. Докторска дисертација садржи: насловну страну на српском и енглеском језику, информације о менторима и члановима Комисије, резиме на српском и енглеском језику, садржај и текст дисертације организован по поглављима. Дисертација је написана на 133 страна текста (116 нумерисаних) и садржи 25 табела и 49 слика.

Докторска дисертација садржи 7 основних поглавља, и то: Увод (стр. 1-3), Теоријски део (стр. 4-17), Научни циљ истраживања (стр. 18), Материјал и методе (стр. 19-36), Резултати и дискусија (стр.37-85), Закључак (стр. 86-89) и Литература (стр. 90-105). Поглавља Теоријски део, Материјал и методе и Резултати и дискусија садрже више подпоглавља. На крају текста дисертације налазе се прилози (стр. 106-111), Биографија (стр. 112), Изјава о ауторству (стр. 113), Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторске дисертације (стр. 114) и изјава о коришћењу (стр. 115).

## 2. Предмет и циљ дисертације

**Предмет истраживања** предвиђен изработом ове докторске дисертације обухвата анализу технолошких и функционалних својстава сушених плодова паприке добијених након примене ултразвучног и топлотног предтретмана. Програм рада предвиђа утврђивање нутритивних и антиоксидативних параметара свежих плодова паприке непосредно након бербе. Следећи корак предвиђа сушење плодова (сушење на сунцу, конвективно сушење и лиофилизација) без предтретмана, као и сушење са примењеним предтретманима (бланширање, хемијски третман, ултразвук и њихове комбинације) и поређење добијених резултата нутритивних и антиоксидативних параметара са резултатима за свеже плодове. Код дефинисања предмета истраживања пошло се од чињенице да се велике количине паприке конзервишу поступком сушења, што често утиче на физичке и хемијске промене, које се у највећем броју случајева оцењују као негативне. У циљу постизања што мање деградације биоактивних компоненти хране ради се на изналажењу нових и унапређењу постојећих поступака прераде, а самим тим и развоја нових врста производа који ће омогућити боље очување квалитета поврћа. Код различитих начина сушења веома често се примењују одговарајући предтретмани (бланширање и различити хемијски и физички предтретмани). Адекватни предтретмани омогућавају убрзавање процеса сушења, добијање квалитетнијег производа, као и снижавање цене код, на пример, лиофилизације. Досадашња истраживања указују да ултразвук утиче на снижавање времена сушења поврћа и да омогућава већи степен рехидратације осушених производа у односу на нетретирани узорке, док су подаци о утицају ултразвука на хемијски састав оскуднији.

**Циљ истраживања.** Основни циљ ове докторске дисертације био је утврђивање најповољније комбинације предтретмана и поступка дехидратације плодова конзумне и зачинске паприке, којим се постиже највиши степен очувања квалитета производа (садржај витамина, антиоксидативни потенцијал, нутритивна вредност и технолошки параметри квалитета). Примењени су различити предтретмани: топли предтретман (бланширање) и ултразвучни предтретман, водом, разблаженим растворима соли и слабих органских киселина и три различита начина сушења: традиционално сушење тј. на сунцу, сушење у тунелској сушари (конвективно сушење) и лиофилизација (сушење

сублимацијом у замрзнутом стању). Циљеви ове докторске дисертације су такође били одређивање нутритивних својстава свежих плодова конзумне и зачинске паприке; анализа нутритивних својстава плодова конзумне и зачинске паприке након примењених предтретмана; анализа нутритивних и технолошких својстава конзумне и зачинске паприке након примењених предтретмана и сушења.

### **3. Основне хипотезе од којих се полази у истраживању**

Основна хипотеза од које се полазило у овој истраживању јесте да примена ултразвука може допринети бољем очувању нутритивних параметара сушене конзумне и зачинске паприке. Посебне хипотезе су:

- С обзиром на могући негативни утицај температурног предтретмана (бланширања) на технолошка и функционална својства паприке, постоји потреба да се развије алтернативна метода претходне обраде. Нова алтернативна метода је предтретман потпомогнут ултразвуком ниске фреквенције (и високог интензитета).
- Применом ниже температуре током ултразвучног предтретмана у односу на бланширање, очекује се боље очување биолошки вредних молекула хране, као и промена у излуживању макро- и микро-елемената и тешких метала. Предвиђа се да ће се применом ултразвука смањити време сушења и омогућити већи степен рехидратације осушених производа.
- Модификовање топлотног (бланширања) и ултразвучног предтретмана применом разблажених раствора соли и/или слабих органских киселина утицаће на боље очување функционалних и технолошких својстава осушених производа.
- Комбинација различитих предтретмана са лиофилизацијом као методом сушења ће омогућити добијање сушених производа бољег квалитета у односу на класичне поступке сушења.

### **4. Кратак опис садржаја дисертације**

**Увод.** У уводу докторске дисертације кандидаткиња је дала осврт на својства плодова паприке и њихову употребу у исхрани. Плодови паприке представљају значајан извор витамина и других биоактивних једињења, где садржај витамина Ц неретко може задовољити 100 до 200% препорученог дневног уноса овог витамина. Због лаке кварљивости велике количине плодова паприке се конзервишу, при чему се добијају нови производи различитог квалитета. Сушење је једна од најстаријих техника конзервираних воћа и поврћа, а највише се примењује сушење на сунцу и сушење у тунелским сушарама. Пре процеса сушења могу се применити различити физички и/или хемијски предтретмани који за циљ имају скраћивање времена сушења, побољшање квалитета производа, али и смањење трошкова производње, услед мање потрошње енергије. Ултразвук је физички предтретман, који се примењује у разним областима прехранбене технологије. Досадашња истраживања указују да примена ултразвука пре процеса сушења може скратити време

класичног сушења и лиофилизације, и побољшати рехидратацију осушених производа. Зависно од третираног воћа и поврћа, ултразвучни предтретман може утицати и позитивно и негативно на садржај укупних полифенола и антиоксидативни капацитет осушених производа. Мада се примена ултразвука у прехранбеној технологији интензивно истражује, постоји мали број истраживања где је испитиван утицај овог предтретмана на паприку, а посебно њен хемијски састав; као и утицај интеракције ултразвука и других фактора током процеса производње сушене паприке.

**Теоријски део.** У овоме поглављу описана су главна својства плода паприке и поступци конзервисања плодова, са посебним освртом на сушење и примену предтретмана. Прво подпоглавље **Паприка** даје посебан осврт на *порекло, врсте и својства паприке*, као и на *физичко-хемијски састав плода паприке*. Биљка паприке води порекло из Јужне Америке, а данас се гаји широм света, где је Кина највећи произвођач свеже, а Индија сушене паприке. Ова повртларска култура се доста гаји и у Републици Србији, што говоре и подаци о учешћу Србије у европској производњи са 13,14% за 2019. годину. Постоји више врста и подврста паприке које се комерцијално гаје, а њихови плодови су доста разнолики по изгледу и укусу, што одређује и њихову примену у прехранбеној индустрији. Плодови паприке представљају извор витамина Ц, провитамина А, витамина Б, витамина Е, фолне киселине, каротеноида, фенолних једињења, минерала и бројних других једињења. Љути плодови такође садрже фитохемикалије капасаиноиде, док слатки плодови садрже капсиноиде. Паприка представља значајан извор витамина Ц, те каротеноида које највише садрже црвени и наранџасти плодови. Мада каротеноиди имају бројне улоге (антиоксидативна својства, дају боју плодовима), њихово најзначајније својство је да су провитамини витамина А ( $\beta$ -каротен,  $\alpha$ -каротен и  $\beta$ -криптоксантин). Друго подпоглавље **Прерада плодова паприке** се односи на литературне податке о преради плодова паприке са посебним освртом на *сушење паприке и предтретман*, пре свега *физичке предтретмане и примену ултразвука*. Постоји већи број техника сушења које се данас примењују за сушење плодова паприке. Највише су у примени традиционално сушење на сунцу и сушење струјом топлог ваздуха у тунелским сушарама. Осим тога постоје и друге технике сушења (на пример засноване на микроталасном и инфрацрвеном зрачењу), а користе се појединачно или у комбинацији са другим техникама. Мада је лиофилизација техника дехидратације која даје плод најбољег квалитета, она има и недостатке који се огледају у високим трошковима производње. У циљу скраћивања времена сушења, али и побољшања квалитета сушених плодова често се примењују различити физички и хемијски предтретмани. Физички предтретмани се могу поделити на термичке и нетермичке. Најстарији физички предтретман је бланширање које подразумева потапање плодова у воду температуре 70-100 °C током пар минута. Овај предтретман може довести до великих губитака витамина, минерала, органских киселина и других нутритивно важних једињења. Ултразвучни предтретман се може користити као алтернатива класичном поступку бланширања, чија примена се данас интензивно истражује код

различитих врста воћа и поврћа. Досадашња истраживања указују да ове врсте предтретмана могу скратити време сушења производа и допринети скраћивању времена рехидратације. Са друге стране утицај ултразвучног предтретмана на хемијски састав плодова је мање истраживан, при чему се примећује различит утицај код различитих врста воћа и поврћа. Доста често се примењују и *хемијски предтретмани* за побољшање квалитета сушеног воћа и поврћа. Ови предтретмани могу бити кисели и алкални, а њихова примена зависи од врсте третираног воћа и поврћа. До сада постоје бројна истраживања која се баве испитивањем примене различитих хемијских предтретмана, међутим мали је број истраживања која испитују њихов утицај у спрези са другим факторима, поготово са применом ултразвучног предтретмана.

**Циљеви истраживања.** Циљеви истраживања приказани су у тачки 2. овога Извештаја.

**Материјал и методе.** У овом поглављу наведени су коришћени материјали за рад, као и методе рада кроз 14 подпоглавља. За анализе су **употребљени плодови** конзумних сорти *Куртовска капија*, *Слоново уво*, *Калифорнијска*, *Дукат* и плодови зачинске паприке *Хоргошка слатка б*. У оквиру поглавља **Предтретмани и сушење плодова конзумне и зачинске паприке**, описана је поставка експеримената применом експерименталног дизајна. Експериментални дизајн је подразумевао истовремено варирање већег броја независно променљивих при чему је вршено мерење нутритивних и технолошких параметара квалитета који представљају зависно променљиве (садржај L-аскорбинске киселине, антиоксидативна активност, садржај укупних полифенола, садржај укупних каротеноида, минерални састав, параметри боје, не-ензиматски индекс тамњења, способност рехидратације, микробиолошка својства, текстурна и морфолошка својства). Код конзумне паприке истовремено је испитиван утицај осам фактора (независно променљивих): метод сушења, рН вредност раствора за предтретман, примењени адитив, примена ултразвука, температура предтретмана, време предтретмана, однос чврсте и течне фазе и величина комадића паприке. Код зачинске паприке истовремено је испитиван утицај седам фактора: метод сушења, рН вредност раствора за предтретман, примењени адитив, примена ултразвука, температура предтретмана, време предтретмана и однос чврсте и течне фазе. Извршена је **Анализа макроелемената и елемената у траговима** код комерцијално доступних свежих и прерађених паприка, као и након одговарајућих предтретмана и поступка сушења. Након одређивања елементарног састава извршена је процена дијететског уноса минерала и здравственог ризика који потиче од токсичних елемената услед конзумације плодова паприке. Осим тога код плодова конзумне паприке, сорте *Куртовска капија*, испитивано је испирање макро, микро- и елемената у траговима током ултразвучног предтретмана у води и раствору сирћетне киселине. Код зачинске паприке испитиван је утицај различитих фактора и њихове интеракције на елементарни састав сушених плодова. Даље је урађена **Анализа L-аскорбинске киселине течном хроматографијом високих перформанси** код свежих и сушених плодова конзумне и

зачинске паприке. Код зачинске паприке, а након примењених предтретмана и сушења извршена су следеће анализе: **Анализа садржаја укупних полифенола**, **Анализа садржаја укупних каротеноида**, **Антиоксидативни тестови** (DPPH тест и FRAP тест), **Анализа боје** (CIE Lab боја и не-ензиматски индекс тамњења), **Анализа способности рехидратације**, **Анализа текстурних својстава**, **Мофролошка својства**. Код одабраних узорака сушене зачинске и конзумне паприке, а након примењених предтретмана извршена је **Микробиолошка анализа** која је подразумевала одређивање укупних мезофилних бактерија, квасаца и плесни, колиформних бактерија, *Escherichia coli*, сулфито-редукујућих кластридија, *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes* и *Bacillus cereus*. Оптималан квалитет сушене зачинске паприке, односно најбоља комбинација испитиваних параметара одређена је применом **Функције пожељности** (eng. desirability function). **Статистичка анализа**, подпоглавље осам, пружа информације о постављању матрица експерименталног дизајна и о обради добијених резултата помоћу статистичког софтвера MINITAB.

**Резултати и дискусија.** Резултати истраживања приказани су јасно и прегледно, уз концизна текстуална тумачења, табеле, графиконе и слике које илуструју делове истраживања у оквиру 5 потпоглавља са више поднаслова. У подпоглављу **Утицај предтретмана на садржај елемената у паприци** приказан је (1) елементарни садржај комерцијално доступних свежих и прерађених паприка, процена дијететског уноса и здравственог ризика; (2) излуживање елемената из конзумне паприке током предтретмана и (3) утицај предтретмана и сушења на садржај макро, микро и токсичних елемената у плоду зачинске паприке. Резултати ових анализа указују да плодови паприке не представљају значајан извор минерала, при чему количине присутне у просечним порцијама не подмирују препоручене дневне потребе деце и одраслих. Изузетак су били одређени кисели и свежи плодови са значајнијим садржајем Cu, Cr и Mo. Резултати анализе код плодова сорте *Куртовска капија* су указали на континуалну промену садржаја минерала током сазревања, а што се огледа у вишем усвајању K, Zn, Mg, Cu, B и готово сталној циркулацији Mg и Fe до пуне зрелости плода. Плодови различитих свежих и прерађених паприка немају високе концентрације Al, Hg, Cd и As, а које би представљале здравствени ризик за децу и одрасле. Испитивање излуживања макро-, микро- и елемената у траговима током ултразвучног предтретмана у води и сирћетној киселини је указало да ултразвучни предтретман са сирћетном киселином побољшава екстракцију токсичних елемената као што су Al, Hg и As. Раствор сирћетне киселине је такође утицао и на велике губитке Fe, који су ишли и до 77%. Највећи губици минерала су примењени током прераде зелених плодова. Код сушене зачинске паприке испитиван је утицај већег броја фактора на различите параметре квалитета, а резултати су анализирани применом статистичког приступа и приказани графички Парето графиком, дијаграмом главних ефеката и дијаграмом интеракција. Анализа елементарног састава је указала да испитивани фактори (време предтретмана, температура предтретмана, примењени адитив, рН вредност

раствора за предтретман, примена ултразвука, маса узорка који се третира, величина комадића и начин сушења) утичу на садржај анализираних елемената у осушеној зачинској паприци. Више температуре предтретмана су допринеле већим губицима елемената, а највећи утицај се одразио на садржај Cr, K и P. Примена калијум-метабисулфита је допринела повећању концентрације K, док је садржај Na такође био повишен код већег броја узорака услед додатка NaOH за регулацију pH вредности раствора за предтретман. У делу у коме се обрађује **Утицај предтретмана и сушења на антиоксидативна својства паприке** дат је приказ утицаја примењених предтретмана и сушења на садржај L-аскорбинске киселине, укупних полифенола, укупних каротеноида и антиоксидативну активност мерену са два антиоксидативна теста: DPPH и FRAP. Код свежих плодова паприке одређен је садржај укупног витамина Ц, као збир L-аскорбинске и L-деhidроаскорбинске киселине. Резултати су указали да садржај L-аскорбинске киселине расте са сазревањем плодова сорти *Дукат*, *Слоново уво* и *Куртовска капија*, док код плодова сорте *Калифонијска* опада са степеном зрелости. Редукцијом дехидроаскорбинске у аскорбинску киселину установљено је присуство дехидроаскорбинске киселине код свих степена зрелости код сорти *Слоново уво*, *Калифонијска* и *Куртовска капија*, док код сорте *Дукат* овај облик витамина Ц није детектован. Већина анализираних свежих плодова паприке је имала садржај витамина Ц већи од 100 mg/100 g, што је довољно за задовољење препоручених дневних потреба. Свежи плодови зачинске паприке (сорта *Хоргошка слатка б*) су такође имали висок садржај L-аскорбинске киселине, који је у просеку износио 292 mg/100 g суве материје. Већина испитаних предтретмана је довео до смањења садржаја L-аскорбинске киселине, при чему је висока температура довела до највиших губитака (губици су се кретали од 3,3 до 62,8%). Садржај L-аскорбинске киселине је одређен месец дана након сушења конзумне паприке, односно осам месеци након сушења зачинске паприке. Резултати ових анализа су указали да код обе врсте узорака метод сушења има статистички значајан утицај на садржај L-аскорбинске киселине. Поред тога, код сушене зачинске паприке статистички значајни су били температура и време предтретмана. Боље очување L-аскорбинске киселине постигнуто је приликом сушења поступком лиофилизације у случају обе врсте узорака. Дужи предтретман и ниже температуре предтретмана су обезбедили мање губитке L-аскорбинске киселине код сушене зачинске паприке. Садржај укупних полифенола није се значајно мењао код зачинске паприке након већине примењених предтретмана. Највећи губици су запажени након предтретмана на вишим температурама (50 и 80 °C). Код сушене зачинске паприке боље очување укупних полифенола постигнуто је након сушења у тунелској сушари, док је боље очување укупних каротеноида постигнуто након сушења поступком лиофилизације. Испитивани предтретмани који су подразумевали примену раствора лимунске киселине и/или калијум-метабисулфита су се показали бољим од класичног бланширања за очување укупних полифенола код сушене зачинске паприке, док је ситуација код садржаја укупних каротеноида била обрнута. Резултати су указали да код тунелски сушених узорака



хемијски предтретмани доприносе бољем очувању антиоксидативног капацитета (повећање од 42,2% и 40,9% за DPPH и FRAP тест, респективно) у односу на класично бланширање, док је код лиофилизованих узорака ситуација обрнута. У подпоглављу **Утицај предтретмана на физичка својства сушене паприке** представљен је утицај различитих предтретмана, метода сушења и њихових интеракција на боју, текстуру, способност рехидратације и морфолошке карактеристике сушене зачинске паприке. Већина предтретмана који су подразумевали примену адитива (лимонска киселина и/или калијум-метаби сулфит) су допринели бољем очувању боје и смањењу не-ензиматског индекса тамњења у односу на сушење без предтретмана. Време предтретмана је имало статистички значајан утицај на црвену боју (параметар  $a^*$ ), засићеност боје (параметар  $C^*$ ) и не-ензиматски индекс тамњења. Дуже време предтретмана је позитивно утицало на боју, мада се негативно одразило на не-ензиматски индекс тамњења. У погледу примењеног адитива лимонска киселина је допринела бољем очувању црвене боје, док је калијум-метаби сулфит више допринео смањењу не-ензиматског индекса тамњења. Резултати рехидратације осушених плодова паприке су указали да од свих испитиваних параметара метод сушења има статистички значајан утицај и да се брже рехидратишу лиофилизовани узорци. Мада претходна истраживања указују да примена ултразвука као предтретмана доприноси бољој рехидратацији осушених плодова, у овој истраживању примена ултразвучног предтретмана није имала статистички значај на способност рехидратације сушене зачинске паприке. Анализом текстуре осушених плодова паприке установљено је да је статистички значајна рН вредност. Више рН вредности раствора за предтретман су допринеле већој чврстини осушених плодова, што је највероватније последица гелирања пектина под утицајем моновалентних  $Na^+$  јона. Анализом морфолошких карактеристика сушене зачинске паприке примећено је да већина предтретмана доприноси мањем пуцању површине плода, до којих долази приликом сушења у тунелској сушари. **Функција пожељности** је примењена за процену укупног квалитета сушене зачинске паприке. Овом функцијом је обухваћено тринаест одговора система, при чему је установљено да статистички значајан утицај имају примена ултразвука и врста адитива. Примена ултразвучног предтретмана је имала негативан утицај на укупан квалитет сушене зачинске паприке, док се предтретман са калијум-метаби сулфитом показао бољим за укупан квалитет у односу на лимонску киселину и смешу лимонске киселине и калијум-метаби сулфита. У поглављу **Микробиолошка својства** осушених производа приказани су резултати микробиолошке анализе одабраних узорка сушене зачинске и конзумне паприке. Резултати микробиолошке анализе указују да метод сушења има утицај на микробиолошку слику узорка, као и да примењени предтретмани доприносе смањењу броја микроорганизама. Највећа контаминација узорка и код конзумне и код зачинске паприке примећена је код контролних узорка сушених на сунцу. Узорци осушени на сунцу су имали повишен садржај квасаца и плесни и *Bacillus cereus* код сушене зачинске паприке, односно повишен садржај укупних мезофилних бактерија, квасаца и плесни и колиформних бактерија код сушене конзумне паприке. Мада су вредности ових група

микроорганизама биле повишене у односу на друге анализиране узорке, оне су и даље биле испод граничних вредности, осим у случају броја колиформних организама сушене конзумне паприке (сушење на сунцу) где је вредност била  $1 \cdot 10^4$  cfu/g, а гранична вредност износи  $1 \cdot 10^3$  cfu/g. Код плодова сушене зачинске паприке предтретмани са смешом лимунске киселине и калијум-метабисулфита допринели су смањењу броја укупних бактерија чак и при нижим температурама предтретмана. Такође, предтретман са калијум-метабисулфитом на температури 20 °C допринео је смањењу броја cfu/g *Bacillus cereus*, исто као и у случају класичног бланширања на 80 °C. Код плодова сушене конзумне паприке предтретман са калијум-метабисулфитом током 5 минута на 20 °C утицао је на смањење свих група микроорганизама у односу на контролне узорке.

**Закључак.** На основу добијених резултата и њихове дискусије кандидаткиња је правилно извела закључке који у потпуности произилазе из добијених резултата. Кандидаткиња закључује да код *свежих плодова* паприке концентрације есенцијалних и токсичних елемената значајно варирају што зависи од порекла, сорте, као и од врсте прерађених производа. Заступљеност макроелемената код различитих врста паприка је имала следећи редослед K>P>Mg>Ca>Na, следили су их микроелементи Fe>Zn>Mn>Cu>Mo>Co>Se, па не-есенцијални/токсични елементи који су имали следећу заступљеност Al>V>Li>Ni>As>Cr>Pb>Cd>Hg. Од токсичних елемената у плодовима паприке детектовани су Al, Ni, As, Pb и Cd, док је Hg била присутна у 10 од 28 анализираних узорака. Закључено је да минерални састав зависи и од степена зрелости плода, односно долази до континуалних промена садржаја нутријената током сазревања. Процентом дијететског уноса есенцијалних елемената закључено је да плодови паприке не представљају значајан извор већине елемената потребних за нормално функционисање људског организма. Изузетак су били одређени плодови свежих и киселих паприка који су били значајан извор микроелемената као што су Cu, Cr и Mo. Процена здравственог ризика услед присуства тешких метала у плодовима паприке указује да не постоји ризик за децу и одрасле са становишта уноса Al, Hg, Cd и As. Са друге стране, постоји потенцијална потреба праћења садржаја Pb и Ni пошто је пар узорака имало повишене концентрације ова два елемента. Закључено је да свежи плодови сорти *Дукат*, *Слоново уво*, *Калифорнијска* и *Куртовска капија* садрже значајне количине витамина Ц који је присутан у два облика, као L-аскорбинска киселина и L-дехидроаскорбинска киселина. Такође је закључено да се у случају примене ултразвучног предтретмана у води и сирћетној киселини, код конзумне сорте *Куртовска капија*, не могу постићи оптимални услови при којима би се очували истовремено сви есенцијални елементи. Закључено је да су зелени плодови најмање погодни за прераду зато што код њихове прераде долази до највећих губитака минерала. Раствор сирћетне киселине је побољшао екстракцију токсичних елемената Al, Hg и As, што је такође довело и до губитка 77% укупног садржаја Fe код зрелих црвених плодова. Испитивањем утицаја различитих комбинација ултразвучног, хемијског и топлотног предтретмана пре сушења плодова зачинске паприке

закључено је да већина предтретмана утиче на смањење садржаја витамина Ц, а највећи губици настају код повишених температура предтретмана (50 и 80 °C). Са друге стране, највећи број примењених предтретмана није значајно утицао на садржај укупних полифенола. Код одређених предтретмана где је дошло до смањења садржаја ове групе једињења примењене су повишене температуре предтретмана. Код сушене конзумне паприке метод сушења је имао статистички значајан утицај на садржај L-аскорбинске киселине. Месец дана након сушења анализом *сушене конзумне паприке* закључено је да оба поступка сушења (сушење у тунелској сушари и сушење лиофилизацијом) утичу на губитак L-аскорбинске киселине. Леофилизација је допринела бољем очувању овога витамина у односу на сушење у тунелској сушари. Са друге стране, узорци *сушене зачинске паприке* анализирани су осам месеци након сушења где је закључено да три фактора имају статистички значајан утицај на садржај L-аскорбинске киселине: метод сушења, температура предтретмана и време предтретмана. Боље очување витамина је постигнуто код сушења поступком лиофилизације са предходним предтретманом на нижим температурама и дужем времену предтретмана. Анализом минералног састава сушене зачинске паприке након примењених комбинација ултразвучног, хемијског и топлотног предтретмана и одговарајућег метода сушења закључено је да већина испитиваних фактора утиче на садржај анализираних елемената. Више температуре предтретмана су утицале на веће губитке елемената, посебно Cr, K и P. Анализом садржаја укупних полифенола код сушене зачинске паприке закључено је да већи садржај постоји код узорака сушених у тунелској сушари. Испитивани предтретмани нису допринели бољем очувању укупних полифенола и каротеноида код сушене зачинске паприке, за разлику од класичног бланширања. Класично бланширање је смањило антиоксидативни капацитет тунелски сушене зачинске паприке у односу на сушење без предтретмана. Са друге стране, код лиофилизованих узорака бланширање је утицало на виши антиоксидативни капацитет у односу на узорке сушене без предтретмана (41,5% и 1,3%, за DPPH и FRAP тест, респективно). Виши фери редуковани капацитет остварен је након свих хемијских предтретмана у односу на бланширање код тунелски сушене паприке (од 5,4 до 105%), док су код лиофилизованих узорака хемијски предтретмани допринели вишем антиоксидативном капацитету (DPPH тест) у односу на сушење без предтретмана (повећање антиоксидативне активности од 4,2 до 71,9%). У погледу физичких параметара квалитета закључено је да је примена различитих врста хемијских, топлотних и ултразвучних предтретмана утицала на смањење не-ензиматског индекса тамњења. Дуже време предтретмана се позитивно одразило на боју млевене зачинске паприке, али је утицало и на више вредности не-ензиматског индекса тамњења. Лимунска киселина је допринела бољем очувању „живе“ црвене боје, док је калијум-метабисулфит у већој мери спречио не-ензиматско тамњење. Чвршћи плодови сушене зачинске паприке добијени су код узорака који су пре сушења подвргнути предтретману са вишим рН вредностима раствора. Анализа узорака применом скенирајуће електронске микроскопије је указала да већина предтретмана позитивно утиче на морфолошке карактеристике сушене зачинске

паприке. Применом функције пожељности (eng. desirability) закључено је да за укупан квалитет од свих посматраних фактора статистички значај имају примена ултразвука током предтретмана и врста адитива за предтретман. Ултразвук је имао негативан утицај на укупан квалитет плода сушене зачинске паприке, док је калијум-метаби сулфит био бољи адитив у односу на лимунску киселину и смешу лимунске киселине и калијум-метаби сулфита. Резултати микробиолошке анализе су указали да сви узорци садрже прихватљиве вредности микробиолошке контаминације, а примењени предтретмани су допринели смањивању броја микроорганизама у односу на контролне узорке. Повишен број колиформних организама су имали узорци сушене конзумне паприке произведени од свеже паприке сушењем на сунцу, где је број колонија био  $1 \cdot 10^4$  cfu/g, а гранична вредност износи  $1 \cdot 10^3$  cfu/g.

**Литература.** У дисертацији је на правилан начин цитирано 207 литературних извора који у потпуности одговарају проблематици која је изучавана.

**Прилог.** У прилозима су приказани допунски материјали који су од значаја за боље разумевање овог рада: табеле које се односе на процену здравственог ризика (П1-П3), дијаграми одговора површина излуживања елемената из паприке током ултразвучног предтретмана (П1-П2), дијаграми који се односе на утицај испитиваних фактора и њихових интеракција на садржај укупних полифенола код сушене зачинске паприке (П3-П5), анализа скенирајућом електронском микроскопијом сушене зачинске паприке (РП).

## **5. Остварени резултати и научни допринос дисертације**

Научни допринос дисертације огледа се у сазнањима о утицају и међусобним интеракцијама различитих фактора на квалитет сушене зачинске и конзумне паприке. У истраживањима је разматран утицај примене хемијских и физичких предтретмана и различитих метода сушења. За испитивање утицаја већег броја фактора примењен је експериментални дизајн, док је за процену укупног квалитета сушене зачинске паприке примењена функција пожељности. Ова функција је омогућила посматрање већег броја одговора система, односно параметара квалитета и одређивање утицаја различитих фактора на укупан квалитет сушене зачинске паприке. Мада је функција пожељности указала да примена ултразвука током предтретмана има статистички значајан негативан утицај, примењен је благ позитиван утицај на очување полифенола, каротеноида, антиоксидативног капацитета, као и допринос смањењу не-ензиматског индекса тамњења и жуте боје.

Практичан допринос ове дисертације се огледа у проналажењу потенцијално новог прехранбеног производа који се добија комбиновањем одговарајућих предтретмана и поступака сушења. Резултати овога истраживања могу допринети побољшању квалитета сушене паприке захваљујући новим подацима о утицају различитих параметара на

очување и губитке нутријената. Због велике употребе сушене зачинске паприке у исхрани широм света и у Србији, сазнања из овога истраживања имају велики допринос побољшању квалитета и безбедности ове врсте зачина.

## 6. Објављени и саопштени резултати

**Lučić M.**, Sredović Ignjatović I., Lević S., Pećinar I., Antić M., Đurđić S., Onjia A. (2022): Ultrasound- assisted extraction of essential and toxic elements from pepper in different ripening stages using Box–Behnken design. *Journal of Food Processing and Preservation* 46:e16493. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16493> (M23, IF(2021)=2.609)

**Lučić M.**, Miletić A., Savić A., Lević S., Sredović Ignjatović I., Onjia A. (2022): Dietary intake and health risk assessment of essential and toxic elements in pepper (*Capsicum annuum*). *Journal of Food Composition and Analysis* 111:104598. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104598> (M21, IF(2021)=4.520)

**Lučić M.**, Sredović Ignjatović I., Lević S., Zlatanović I., Onjia A. (2022) Effect of ultrasound and chemical pretreatments on L-ascorbic acid of dried bell pepper (*Capsicum annuum*) studied by factorial design. *1st European Symposium on Phytochemicals in Medicine and Food*, 7-9. September 2022, Belgrade, Book of Abstracts (ISBN 978-86-7834-408-4) (M34)

**Lučić M.**, Sredović Ignjatović I., Lević S., Zlatanović I., Onjia A. (2021) HPLC analysis of ascorbic acid in pretreated and dried red pepper (*Capsicum annum*). Book of abstract, pp. 179, *UniFood Conference - online*, 24-25<sup>th</sup> September, University of Belgrade, Serbia. (ISBN: 978-86-7522-066-4) (M34)

**Lučić M.**, Sredović Ignjatović I., Đurđić S., Onjia A. (2019): Mineral composition of two pepper cultivars (*Capsicum annuum* l) from Serbia at three ripening stages. Book of proceedings, p.360-365. *X International Scientific Agriculture Symposium "AGROSYM 2019"*, 03-06<sup>th</sup> October, Jahorina, Bosnia and Hercegovina. (ISBN 978-99976-787-2-0) (M34)

**Lučić M.**, Sredović Ignjatović I., Đurđić S., Onjia A. (2019): Mineral composition of two pepper cultivars (*Capsicum annuum* L) from Serbia at three ripening stages. Book of Abstracts, p.234. *X International Scientific Agriculture Symposium - „AGROSYM 2019“*, 03-06<sup>th</sup> October, Jahorina, Bosnia and Hercegovina. (ISBN 978-99976-787-1-3) (M33)

## 7. Закључак и предлог

Докторска дисертација кандидата Милице Б. Лучић, мастер инжењера технологије, под насловом: „Утицај ултразвучног и топлотног предтретмана на технолошка и функционална својства сушене конзумне и зачинске паприке“ представља оригинални научни рад из области прехранбене технологије, а спроведена истраживања су у складу са циљевима и предметом истраживања предвиђеним одобреном пријавом дисертације. Примењујући адекватну научну методологију, кандидаткиња је веома успешно обавила

експериментални део истраживања, а добијени резултати потврђују постављене хипотезе истраживања. Дискусија резултата је успешно вођена и закључци су добро изведени, у сагласности са добијеним резултатима. Дисертација је технички веома добро организована и написана је прегледно и јасним језиком.

Имајући у виду наведено, а нарочито значај теме, квалитет рада, добијене резултате истраживања и њихов научни и практични допринос, Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију мастера Милице Б. Лучић, под насловом „*Утицај ултразвучног и топлотног предтретмана на технолошка и функционална својства сушене конзумне и зачинске паприке*“ и предлаже Наставно-научном већу Пољопривредног факултета Универзитета у Београду да усвоји позитивну оцену урађене докторске дисертације и тиме омогући кандидату да је јавно брани.

БЕОГРАД  
26.10.2022.

#### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

---

Др Малиша Антић, редовни професор,  
Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет  
(Ужа научна област: Хемија)

---

Др Предраг Вукосављевић, редовни професор,  
Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет  
(Ужа научна област: Наука о конзервасању и врењу)

---

Др Антоније Оњиа, редовни професор  
Универзитет у Београду - Технолошко-металуршки факултет,  
(Ужа научна област: Аналитичка хемија)

## ПРИЛОГ

Објављен рад мастера инжењера технологије Милице Б. Лучић у научном часопису на SCI листи који квалификује кандидата за одбрану дисертације:

**Lučić M.**, Sredović Ignjatović I., Lević S., Pećinar I., Antić M., Đurđić S., Onjia A. (2022): Ultrasound- assisted extraction of essential and toxic elements from pepper in different ripening stages using Box–Behnken design. *Journal of Food Processing and Preservation* 46:e16493. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16493> (M23, IF(2021)=2.609)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

Датум: 26.10.2022. године

## ОСЕНА ИЗВЕШТАЈА О ПРОВЕРИ ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма iThenticate, којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације „Утицај ултразвучног и топлотног предтретмана на технолошка и функционална својства сушене конзумне и зачинске паприке“, аутора Милице Лучић, маг. инж., констатујемо да утврђено подударње текста износи 11 %. Овај степен подударности последица је цитата, личних имена, библиографских података о коришћеној литератури, тзв. општих места и података, као и претходно публикованих резултата истраживања докторанда, који су проистекли из њене 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.

Ментори

др Ивана Средовић Игњатовић, доцент  
Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет

др Стева Левић, ванредни професор  
Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет