

УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ

ТЕХНОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију 19.09.2014. године, Наставно-научно веће Технолошког факултета Универзитета у Новом Саду</p> <p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен: др Соња Ђилас, редовни професор, Органска хемија, 27.07.1998. године, Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет Нови Сад, председник, др Александра Тепић, доцент, Технологије конзервисане хране, 25.02.2010. године, Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет Нови Сад, ментор, др Стела Јокић, доцент, Процесно инжењерство, 29.11.2014. године, Свеучилиште Јосипа Јурја Штросмајера у Осијеку, Прехрамбено-технолошки факултет, члан</p>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Здравко, Милан, Шумић</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 30.01.1981, Требиње, Босна и Херцеговина</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Технолошки факултет Универзитета у Новом Саду, Прехрамбено инжењерство, Конзервисана храна, Дипломирани инжењер технологије</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2008, Прехрамбено-биотехнолошке науке</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: -</p>
<p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: Оптимизација сушења воћа у вакууму</p>

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација дип. инж. Здравка Шумића је веома прегледно и јасно изложена у шест поглавља:

Увод (стр. 1 - 3),

Општи део (стр. 4 - 51),

Експериментални део (стр. 52 - 61),

Резултати и дискусија (стр. 62 - 90),

Закључак (стр. 91 - 95),

Литература (стр. 96 - 105),

Прилог (стр. 106 - 126),

Дисертација је написана на 126 страна А4 формата. Садржи 41 слику и 38 табела. Цитирана су 133 литературна навода, а на почетку су дате кључне документацијске информације са кратким изводом на српском и енглеском језику.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У УВОДУ аутор указује да су захтеви за осушеним воћем у свету и код нас све већи. С обзиром да је савремени потрошач све образованији, свеснији и захтевнији, висококвалитетни производи заузимају све значајнију позицију у производњи хране. Надаље, аутор у УВОДУ указује да је вакуумско сушење воћа посебно интересантан начин сушења, пошто се ради о нискотемпературном сушењу, које се одвија у атмосфери са смањеним уделом кисеоника. Нискотемпературни режим сушења омогућава очување важних нутритивних једињења у воћу током процеса сушења. Због напред наведеног, у УВОДУ се даље истиче да је одлучено да се у оквиру планиране докторске дисертације конструише прототип лабораторијске вакуумске сушаре и оптимизује процес сушења у циљу добијања производа врхунског квалитета.

На основу изнетог може се констатовати да је циљ истраживања јасно и прецизно дефинисан и да не одступа од формулација датих у Пријави докторске дисертације.

У поглављу ОПШТИ ДЕО аутор веома студиозно, служећи се савременом литературом, пише о технологији сушења воћа. У првом делу аутор објашњава хемијски састав воћа и методе сушења воћа са посебним освртом на технологију вакуумског сушења. У наставку овог поглавља кандидат се веома детаљно бави факторима квалитета осушеног воћа. На крају овог дела, кандидат веома студиозно обрађује досадашње литературне податке о оптимизацији процеса сушења воћа, објашњавајући пре свега примењене методе оптимизације и њихове карактеристике. На основу проучене и систематизоване литературе, докторант је био у могућности да правилно анализира и објасни добијене резултате и да их упоређи са резултатима других аутора који су радили на истој или сличној проблематици.

У поглављу ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО докторант износи да је оптимизација процеса вакуумског сушења воћа урађена на прототипу вакуумске сушаре који је конструисан у оквиру израде докторске дисертације. Наводи да је прототип испунио пројектни задатак и да су решени сви технички проблеми израде прототипа. Процес сушења је оптимизован применом методе одзивних површина. Кандидат потом наводи порекло узорака који су коришћени за сушење, вишне и боровнице. Испитивања параметара квалитета осушеног воћа реализована су применом савремених метода. Испитани су следећи параметри квалитета: сува материја, активност воде, садржај фенола, укупних мономерних антоцијана и витамина Ц, антиоксидативна активност, површинска боја, текстура и способност рехидратације. Кандидат у овом делу наводи број понављања појединих анализа, као и програм који је коришћен за статистичку обраду података.

Резултати претходно описаних испитивања приказани су у поглављу РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА. Ради боље прегледности, резултати статистичке анализе дати су у Прилогу. Резултати су образложени на веома прегледан и методолошки разумљив начин. Најпре је описан прототип лабораторијске сушаре, а потом су дати резултати испитивања квалитативних карактеристика осушених производа и оптимизације процеса сушења вишне и боровнице. У наставку дискусије

кандидат анализира утицај појединих параметара сушења на биолошки важне компоненте воћа. У обављеној анализи кандидат је испољио велико теоријско знање, вешто је користио бројне податке из цитиране литературе, компарирајући их са резултатима сопствених истраживања, а уочене појаве успешно је објаснио у духу досадашњих поимања науке.

ЗАКЉУЧЦИ су веома добро изведени из добијених резултата и њихове дискусије, те се могу сматрати поузданим.

У поглављу ЛИТЕРАТУРА приказана је цитирана литература. У писању ове дисертације аутор је користио 133 литературна навода, који су цитирани на умешан и правилан начин. Избор референци је актуелан и примерен тематици која је проучавана.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

M21 – Рад у врхунском међународном часопису:

1. **Šumić Z.**, Tepić A., Vidović S., Jokić S., Malbaša R.: Optimization of frozen sour cherries vacuum drying process. Food Chemistry, 136 (2013) 55-63

M23 – Рад штампан у међународном часопису:

1. **Zdravko M. Šumić**, Aleksandra N. Tepić, Stela D. Jokić, Radomir V. Malbaša: Optimization of frozen wild blueberry vacuum drying process. Hemijska industrija (2014), DOI:10.2298/HEMIND131212022S

M34 - Саопштење са међународног скупа штампано у изводу:

1. Jokić S., **Šumić Z.**, Tepić A., Vidović S.: Process optimisation of vacuum drying of different fruits. V međunarodni Simpozijum Hranom do zdravlja (V International Symposium With Food to Health), 21.09.2012, Tuzla, Bosnia and Hercegovina. Book of Abstracts and papers 23-23.
2. Tepić A., **Šumić Z.**, Podunavac-Kuzmanović S., Jevrić L., Gadžurić S.: Quantitative structure property relationship prediction of anthocyanin content in vacuum dried sour cherry. 16th International Congress "Phytopharm 2012". Saint Petersburg, Russia, 9-11 July 2012. Abstract book M61-M-61. ISSN 1689-4100.
3. Tepić A., **Šumić Z.**, Vidović S., Jokić S., Prica N.: Mathematical modeling of sour cherry drying kinetics in the vacuum dryer. 6th International Symposium "With Food to Health". Tuzla, October 16, 2013. Book of Abstracts, p. 26. ISSN 2232-9536
4. **Šumić Z.**, Tepić A., Jokić S., Djilas S., Jevrić L., Podunavac-Kuzmanović S.: Influence of drying conditions on anthocyanin content in vacuum dried blueberry. IWA 2013, 7th International Workshop on Anthocyanins. 9-11 September 2013, Porto, Portugal. Book of abstracts, p 125. ISBN: 978-989-20-4065-3
5. Tepić A., **Šumić Z.**, Jokić S., Djilas S., Jevrić L., Podunavac-Kuzmanović S.: Influence of drying conditions on anthocyanin content in vacuum dries sour cherries. IWA 2013, 7th International Workshop on Anthocyanins. 9-11 September 2013, Porto, Portugal. Book of abstracts, p 126. ISBN: 978-989-20-4065-3
6. Jević L., Podunavac-Kuzmanović S., Tepić A., **Šumić Z.**, Kovačević S., Kalajdzija N.: QSPR prediction of anthocyanin content in vacuum dried blueberry. IWA 2013, 7th International Workshop on Anthocyanins. 9-11 September 2013, Porto, Portugal. Book of abstracts, p 128. ISBN: 978-989-20-4065-3
7. Podunavac-Kuzmanović S., Jević L., Tepić A., **Šumić Z.**, Kovačević S., Kalajdzija N.: Chemometric analysis of anthocyanin content in vacuum dried sour cherry. IWA 2013, 7th International Workshop on Anthocyanins. 9-11 September 2013, Porto, Portugal. Book of abstracts, p 129. ISBN: 978-989-20-4065-3
8. Tumbas V., Đilas S., Čanadanović-Brunet J., **Šumić Z.**, Četković G., Tepić A., Stajčić S.: Antioxidant activity of vacuum-dried bilberry fruits. III International Congress "Engineering, Ecology and materials in the processing industry". Jahorina, 4-6 March 2013. pp 86-87. ISBN: 978-99955-81-11-4

M64 - Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу

1. **Šumić Z.**, Terpić A., Vidović S., Jokić S., Malbaša R.: Optimisation of blueberry vacuum drying process. XIV Ružičkini dani, 13-15.09.2012, Vukovar, Hrvatska.
2. Terpić A., Vidović S., Jokić S., **Šumić Z.**, Kašiković V.: Dryer designing for drying fruits in vacuum conditions. 14. Kongres voćara i vinogradara Srbije sa međunarodnim učešćem, 09-12.10.2012, Vrnjačka banja, Srbija.

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

На основу приказаних резултата добијених конструисањем прототипа лабораторијске вакуумске сушаре и испитивањем у вакууму осушеног воћа и дискусије тих резултата кандидат дипл. инж. Здравко Шумић, извео је следеће закључке:

- Конструисани прототип вакуумске сушаре задовољио је све захтеве пројектног задатка. Примењено техничко решење лабораторијске вакуумске сушаре може се искористити за производњу полуиндустијских вакуумских сушара.
- Добијени резултати указују да обе испитиване воћне врсте (вишња и боровница) имају потенцијал за производњу сушеног воћа применом технике сушења у вакууму.
- Резултати спектрофотометријских испитивања указали су да процес сушења у вакууму утиче на садржај укупних мономерних антоцијана, укупних фенола и витамина Ц у осушеним узорцима.
- У осушеним вишњама садржај укупних фенола је варирао од 314 до 1180 мг САЕ/100 г СМ, а у осушеним боровницама од 2,15 до 3,64 мг САЕ/100 г СМ, у зависности од примењених параметара сушења. На принос укупних фенола статистички најзначајнији утицај имали су линеарни чланови температуре ($p = 0,0385$ код вишње и $p = 0,0058$ код боровнице) и притиска ($p = 0,0119$ код вишње и $p = 0,0114$ код боровнице). Садржај укупних фенола у осушеним вишњама и боровницама повећавао се са повећањем температуре сушења до око 65 °С, док даље повећање температуре није узроковало значајнију промену садржаја укупних фенола у осушеним вишњама. Садржај укупних фенола у осушеним вишњама смањивао се са повећањем притиска сушења до 300 мбар, а у осушеним боровницама се повећавао са повећањем притиска до 260 мбар. Даље повећање притиска, изнад поменутих граница, није имало утицаја на садржај укупних фенола.
- Садржај укупних мономерних антоцијана у осушеним вишњама кретао се у опсегу од 51,8 до 144 мг/100 г СМ, а код боровнице од 1771,99 до 2753,45 мг/100 г СМ. Добијени резултати испитивања указују да на повишеним температурама и већем апсолутном притиску сушења долази до повећане деградације антоцијана.
- Квалитативном HPLC анализом утврђено је да се садржај витамина Ц у осушеним узорцима вишње кретао од 9,36 до 17,8 мг/100 г СМ, а боровнице од 28,15 до 67,59 мг/100 г СМ. Садржај витамина Ц у осушеним вишњама је опадао са повећањем температуре и притиска сушења, што је очекивано с обзиром на осетљивост витамина Ц на повишену температуру и оксидацију. Модел приноса витамина Ц у осушеним узорцима боровница у зависности од температуре и притиска имао је статистички значајан недостатак прилагођавања ($p = 0,0111$), па се добијени модел није могао искористити за прецизно предвиђање садржаја витамина Ц у осушеним узорцима.
- Антиоксидативна активност осушених узорака била је пропорционална садржају укупних фенола и витамина Ц. Тако је узорак осушене вишње са највећим садржајем укупних фенола (1180 мг САЕ/100 СМ) имао најнижу IC₅₀ вредност (1,39 мг/мл) и тиме највећу антиоксидативну активност. Статистичка анализа показала је да је линеарни члан температуре сушења имао најзначајнији утицај на IC₅₀ вредност ($p = 0,0037$ код вишње, $p = 0,0094$ код боровнице).
- Активност воде осушених узорака вишње била је између 0,434 и 0,916, а боровнице између 0,434 и 0,822. Активност воде осушених вишања значајно је зависила од линеарног члана температуре сушења ($p = 0,0005$) и притиска ($p = 0,0103$), и квадратног члана притиска ($p = 0,0009$). Коefицијент корелације прилагођеног модела активности воде у осушеним

узорцима боровнице био је низак ($R^2 = 0,515$) и није задовољавајуће представљао експериментално добијене податке. С друге стране, прилагођени модел активности воде код осушених вишања је веома добро представио експерименталне податке са високим коефицијентом корелације ($R^2 = 0,9606$).

- Линеарни члан температуре и притиска сушења и квадратни члан притиска са $p < 0,0001$ значајно су утицали на текстуралне карактеристике сушене вишње. Чврстоћа осушених вишања се повећавала са повећањем температуре сушења, док је повећање притиска до 350 мбар утицало на смањење чврстоће. Даље повећање није показало било какве промене у чврстоћи узорака. Прилагођени модел је веома добро представио експерименталне податке са високим коефицијентом корелације ($R^2 = 0,9851$) код осушених узорака вишње, док је коефицијентом корелације прилагођеног модела приноса чврстоће осушених узорака боровнице био низак ($R^2 = 0,3090$), па се добијени математички модел не може искористити за предвиђање чврстоће узорка.
- Укупна промена површинске боје (ΔE) узорака вишње осушених у вакууму варирала је од 49,5 до 58,5, а осушених узорака боровнице од 88,33 до 91,88, у зависности од примењене температуре и притиска сушења. Линеарни чланови температуре ($p = 0,0076$) и притиска ($p = 0,0288$) значајно су утицали на боју узорака вишње. Линеарни члан температуре сушења боровнице ($p = 0,0096$) имао је значајан утицај на боју узорака, док линеарни и квадратни члан испитиваних параметара, и интеракција између температуре и притиска нису имали значајан утицај на промену боје осушених узорака боровнице.
- Оптимизација процеса сушења вишње и боровнице у вакууму урађена је коришћењем методе одзивних површина. Циљ оптимизације био је проналажење најбољих вредности параметара сушења, температуре и притиска, у циљу очувања биолошки вредних компонената воћа, минималне промене површинске боје и текстуре, уз истовремено постизање задовољавајуће одрживости производа.
- Оптимални услови сушења воћа добијени су применом метода функције пожељности. Оптимални услови сушења вишње били су 54,03 °C и 148,16 мбар, а боровнице 60 °C и 100 мбар.
- Испитивани одзиви су израчунати у овој тачки за сушену вишњу и износили су: 744 мгЦАЕ/100 г СМ за укупне феноле, 11,4 мг/100 г СМ за витамин Ц, 125 мг/100 г СМ за мономерне антоцијане, 3,23 мг/мл за IC_{50} , 70,7% за суву материју, 0,646 за a_w вредност, 52,6 за укупну промену боје и 3395,4 г за чврстоћу.
- Испитивани одзиви сушења боровница су израчунати за добијене оптималне услове и износили су: укупни феноли 3,70 мгСАЕ/100 г СМ, витамин Ц 59,79 мг/100 г СМ, садржај мономерних антоцијана 2746,33 мг/100 г СМ, IC_{50} 0,031 мг/мл, сува материја 89,50%, a_w вредност 0,527, укупна промена боје 88,83 и чврстоћа 0,512 г.
- За апроксимацију експерименталних података сушења употребљено је 11 математичких модела: Page's model, Modified Henderson-Pabis's model, Peleg's model, Newton, Modified Page, Logarithmic, Midilli i sar., Wang & Singh, Two-term, Two-term exponential i Diffusion approximation модел. За нумеричку апроксимацију експерименталних података добијене су врло високе вредности коефицијента корелације (R^2). Модел two-term најбоље је апроксимирао експерименталне податке добијене сушењем вишње у вакууму ($R^2 = 0,997$), а Diffusion approximation модел најслабије ($R^2 = 0,831$). Емпиријски Midilli i sar. модел показао је најбоље могућности апроксимације процеса сушења боровнице у вакууму ($R^2=0,999$), а модификовани Page-ов модел ($R^2=0,993$) најлошије.
- Воће има значајну улогу у људској исхрани, а поједини састојци воћа могу имати и заштитну улогу у превенцији болести. Да би ови састојци воћа задржали своју функцију морају се сачувати у облику у коме се налазе у свежем воћу. Присуство ових компонената у прерађеним производима један је од основних захтева потрошача. За технологију сушења ово значи да ће само методе које задовољавају ове захтеве имати добру перспективу примене. Управо ка очувају нутритивно вредних компонената воћа требало би да се усмере даља истраживања технологије сушења воћа. Потрошњу енергије и аспекте животне средине такође би требало узети у разматрање при разматрању нових техника сушења.
- Резултати изложени у овом раду показали су да се коришћењем технике вакуумског сушења може сачувати нутритивна вредност и квалитет свежег воћа. Коришћењем ове

<p>технике избегава се оштећење састојака осетљивих на топлоту (витамини, антоцијани и феноли итд.), потамњивање производа, губитак способности рехидратације, а промена боје и текстуре су сведене на прихватљив ниво, уз истовремено постизање задовољавајуће одрживости осушеног производа.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Побољшање постојећих, као и увођење нових техника сушења једнако су важни аспекти истраживања технологије сушења. У овој дисертацији дефинисано је техничко решење прототипа лабораторијске вакуумске сушаре, а изложени резултати сушења воћа дају нова сазнања о утицају параметара процеса сушења на осетљиве компоненте воћа и тиме коначан квалитет осушеног производа.
<p>VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА</p> <p>Кандидат дипл. инж. Здравко Шумић је успешно и у целости обавио истраживања која су била предвиђена планом датим у пријави ове дисертације. Добијени резултати су проистекли из обимних, оригинално постављених истраживања, усмерених на унапређење технологије производње сушеног воћа у вакууму. Резултати испитивања су систематично, јасно и прегледно приказани и интерпретирани. Тумачење резултата заснива се на добром познавању технике сушења воћа, параметара који утичу на квалитет осушеног воћа, оптимизације процеса, као и технологије сушења воћа у вакууму. Стога се начин приказа и тумачења резултата истраживања оцењује позитивно.</p>
<p>IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:</p>
<p>1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме</p> <p>Дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.</p>
<p>2. Да ли дисертација садржи све битне елементе</p> <p>Дисертација садржи све елементе неопходне за разумевање обрађене тематике и добијених резултата. Написан је монографски преглед литературе, изведени су сви планирани експерименти, примењене су савремене аналитичке методе, резултати испитивања су продискутовани и дати су закључци урађене тезе.</p>
<p>3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци</p> <p>Дисертација представља оригиналан допринос науци, јер је испитана веома мало коришћена техника сушења воћа у вакууму. Доказано је да се сушењем воћа у вакууму може добити висококвалитетан производ. Утврђен је процес производње који за резултат има минималан губитак нутритивно високо вредних супстанци воћа, уз веома добру одрживост производа. Допринос науци о технологији воћа дат је и проширивањем знања о оптимизацији процеса производње сушеног воћа и утицају појединих параметара сушења на квалитет осушеног производа. Стечена знања о сушењу вишње и боровнице могу се пренети и на друге врсте воћа, што би резултирало проширењем асортимана и пласмана сушеног воћа из Србије на светско тржиште.</p>
<p>4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања</p> <p>Недостаци дисертације нису уочени.</p>

X ПРЕДЛОГ:
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
- да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана

датум: 23.09.2014.

др Соња Ђилас, ред. проф.

др Александра Тепић, доц.

др Стела Јокић, доц.