

Универзитет у Београду - Хемијски факултет

Наставно-научном већу

**Предмет: Молба за оцену испуњености услова за пријаву докторске дисертације
Николе Борјана, мастер хемичара.**

МОЛБА

Молим Наставно-научно веће да одобри израду докторске дисертације из области аналитичке хемије на Универзитету у Београду - Хемијском факултету (Катедра за аналитичку хемију) под радним насловом:

Примена адсорбенса за уклањање полицикличних ароматичних угљоводоника у току процеса димљења традиционалне ферментисане кобасице и утицај на квалитет производа

Предлажем да Комисију за оцену научне заснованости теме чине:

1. Др Рада Баошић, редовни професор, Универзитет у Београду - Хемијски факултет, ментор
2. Др Саша Јанковић, виши научни сарадник, Институт за хигијену и технологију меса, ментор
3. Др Владимир Томовић, редовни професор, Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду
4. Др Александар Поповић, редовни професор, Универзитет у Београду - Хемијски факултет
5. Др Срђан Стефановић, виши научни сарадник, Институт за хигијену и технологију меса

У прилогу достављам:

1. образложење теме
2. биографију
3. библиографију
4. изјаву да предложену тему нисам пријављивао на другој високошколској установи у земљи или иностранству

У Београду,
31.01.2025.

Никола Борјан
мастер хемичар
студент докторских студија
Универзитет у Београду - Хемијски факултет

Биографија

Никола Борјан

Никола Борјан је рођен у Новом Пазару, Република Србија. Средњу пољопривредно-хемијску школу “Др Ђорђе Радић” завршио је у Краљеву. Хемијски факултет Универзитета у Београду, смер дипломирани биохемичар, уписао је школске 2007/08. године, а дипломирао 2013. године са просечном оценом 8,29 и оценом 10 на дипломском раду. Мастер академске студије на Универзитету у Београду - Хемијском факултету, уписао је школске 2013/14. године, а завршио 2014. године, са просечном оценом 10, одбранивши мастер рад са темом “Хемијска испитивања маховина са подручја Маврова” чиме је стекао звање мастер хемичар. Докторске академске студије је уписао 2016. године, на Универзитету у Београду - Хемијском факултету, на студијском програму Хемија, под менторством др Раде Баошић, редовног професора. Положио је све испите са просечном оценом 10.

Професионално искуство је започео 2014. године у лабораторији Анахем д.о.о. у Београду, као аналитичар за хроматографске анализе. Од 2017. до 2021. године је радио у фирми Simadzu д.о.о. у Београду, као сервисни инжењер за аналитичку опрему, а од 2021. до 2022. године у фирми д.о.о. Медицон Деч као сервисни инжењер за медицинску опрему. Од маја 2022. године ради у Институту за хигијену и технологију меса у Београду, као истраживач приправник на Одељењу за испитивање резидуа.

Библиографија

Никола Борјан

Радови у националним часописима од међународног значаја (M24)

1. Petrović, Z., Ćirić, J., Janković, S., **Borjan, N.**, Trbović, D., Stefanović, S. (2024). Levels and interactions of selected elements (Fe, Mn and Cu) in European hare tissue within different age classes from Serbian agricultural regions. *Meat Technology*, 65, 10–24.
2. Đinović Stojanović, J., Branković Lazić, I., Petrović, Z., Stefanović, S., **Borjan, N.**, Begić, M., Janković, S. (2024). Determination of macro- and microelements in mechanically separated meats from different countries of origin and used in the Serbian meat industry. *Meat Technology*, 65, 1–9.
3. Petrović, Z., Milićević, D., Janković, S., **Borjan, N.**, Vranić, D., Trbović, D. (2023). Porosity and discontinuity of food can protective coatings - simple chemical tests and serious consideration. *Meat Technology*, 64(2), 248-251.
4. Spirić, D., Stefanović, S., Silađi, Čaba, Petronijević, R., Gerić, T., **Borjan, N.**, Stajković, S. (2023). Validation of LC-MS/MS for food colors in foodstuffs and household products. *Meat Technology*, 64(2), 449-452.
5. Stefanović, S., Janković, S., **Borjan, N.**, Simunović, S., Petronijević, R., Trbović, D., Silađi, Čaba. (2023). Performance evaluation of the ISO 18363-4:2021 method for quantitative determination of chloropropanediols and glycidol in fats and oils by GC-MS/MS. *Meat Technology*, 64(2), 475-479.
6. Janković, S., Simunović, S., Stefanović, S., Petrović, Z., Đinović-Stojanović, J., Tanković, S., **Borjan, N.** (2023). Magnesium content in chicken meat - share in food intake. *Meat*, 64(2), 505-507.
7. **Borjan, N.**, Petrović, Z., Simunović, S., Nikolić-Perović, D., Lakićević, B., Vranić, D., Janković, S. (2022). Common pheasant as a biomonitoring tool for environmental levels in Serbia. *Meat Technology*, 63(2), 121-126.

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

1. **Borjan, N.**, Simunović, S., Stefanović, S., Petrović, Z., Djinović Stojanović, J., Jelušić, V., Janković, S. *Distribution of pyrethroids and piperonyl butoxide in samples analysed with GC-MS/MS at 2022 – 2023*. MeatCon 2023, 62nd international meat industry conference, 1 – 4. Oct 2023 Kopaonik

Међународни научни скупови (M30)

1. Djinović-Stojanović, J., Janković, S., Djordjević, V., Nikolić-Perović, D., Vranić, D., Branković-Lazić, I., **Borjan, N.** (2022) Evaluation of polycyclic aromatic hydrocarbons in fermented dried sausages from the Serbian market. *Arh Hig Rada Toksikol* 2022; 73 (Suppl. 1): 35-49.

ИЗЈАВА

Изјављујем да докторска дисертација под називом:

Примена адсорбенса за уклањање полицикличних ароматичних угљоводоника у току процеса димљења традиционалне ферментисане кобасице и утицај на квалитет производа

није пријављена на другим високошколским установама у земљи или иностранству.

У Београду,
31.01.2025.

Никола Борјан
мастер хемичар
студент докторских студија
Универзитет у Београду-Хемијски факултет

Универзитет у Београду - Хемијски факултет

Наставно-научно веће

Предмет: Образложење теме докторске дисертације кандидата Николе Борјана

Тема: Примена адсорбенса за уклањање полицикличних ароматичних угљоводоника у току процеса димљења традиционалне ферментисане кобасице и утицај на квалитет производа

1. Научна област: Хемија

Ужа научна област: Аналитичка хемија

2. Предмет научног истраживања

Дешавања у свету су последњих година довела до тога да све већи број потрошача тражи и конзумира традиционално припремљене производе. Поред тога, традиционална храна представља и важан део српске културе, идентитета и наслеђа (Карабасил и сар., 2018). Димљено месо и месне прерађевине, димљена риба и рибли производи, као и димљени сир, су производи који су веома високо котирани у исхрани људи у Републици Србији и ширем региону Балкана (Вранешевић и сар., 2024).

Кобасица је вековима била основна намирница у многим културама, са традиционалним методама припреме и димљења које се преносе кроз генерације. Када се упореде здравствене предности традиционално димљене кобасице са индустријском, појављује се неколико кључних разлика (Halagarda и сар., 2018), масноћа у традиционално димљеним кобасицама је обично природна и непрерађена, пружа извор здравих масти. Индустријске кобасице, с друге стране, могу укључивати механички одвојено месо и хидрогенизована уља, што може довести до развоја кардиоваскуларних болести (Halagarda и сар., 2022). Индустријске кобасице често садрже дугу листу адитива, емулгаторе, стабилизаторе и вештачке боје. Ове хемикалије могу имати штетне ефекте на здравље (нарушавање микрофлоре црева или изазивање алергија). Традиционалне кобасице избегавају ове ризике, чинећи их здравијом опцијом (Holck и сар., 2017).

Традиционално димљене кобасице се често праве од висококвалитетних састојака, укључујући квалитетно свеже месо и природне зачине. Димљење је један од најстаријих начина за конзервирање меса и месних прерађевина и дефинише се као процес у коме испарљиве компоненте настале сагоревањем дрвета, продиру у производе од меса. Фенолна једињења која се генеришу имају значајну улогу у органолептичким својствима производа од димљеног меса, а поред тога имају и антиоксидативну улогу, као и антимикуробно дејство (Jira и сар., 2013). Процес димљења, који обично користи тврдо дрво попут храста, побољшава укус уз очување хранљивих састојака, али доводи и до повећања количине хемијских контаминената у производима (Nizio и сар., 2023).

Насупрот томе, индустријске кобасице често садрже адитиве, вештачке ароме и конзервансе, вештачки дим, при чему се добија производ једноличног укуса, али безбедан и стандардизован.

Хемијски контаминанти у димљеним производима од меса су углавном полициклични ароматични угљоводоници (ПАХ) који се првенствено формирају непотпуним сагоревањем или пиролизом органске материје. ПАХ-ови се углавном јављају у сложеној смеси која се може састојати од стотина једињења. Људи су изложени ПАХ-овима на различите начине (конзумирање контаминираних хране, дувански дим, сама животна средина) (ЕФСА, 2008, Singh и сар., 2016). Познато је да капање масти у пламен током печења меса на роштиљу или димљења доводи до формирања ПАХ-ова. Поред тога, на формирање ПАХ-ова утиче и врста сировине која се користи као гориво, да ли је у питању хладно или топло димљење, тип пушнице, степен изложености диму, температура ватре (Ико Афе и сар., 2021). Процес димљења је одговоран за генерисање ПАХ-ова код ових производа.

ПАХ-ови су генотоксични, канцерогени, и мутагени, због чега је 16 ПАХ-ова уврштено на листу приоритета Европске уније (ЕУ), међу којима се издвајају четири (бензо[а]пирен, бензо[а]антрацен, хризен, бензо[а]пирен и бензо[б]флуорантен) чији су максимално дозвољени нивои у димљеном месу и димљеним рибљим производима лимитирани на 2 и 12 $\mu\text{g}/\text{kg}$ за бензо[а]пирен и суму четири ПАХ-а, редом (Европска комисија, 2006). Регулатива у Србији је у сагласности са регулативом Европске уније (Службени гласник РС, бр. 73/24 и 90/24). Међународна агенција за истраживање рака (енг. IARC) је класификовала бензо[а]пирен као канцероген групе 1 (тј. познати канцероген за људе), а 16 других је класификовано као канцерогене групе 2А или 2Б (вероватни и могући канцерогени) (IARC, 2010).

У циљу смањења ПАХ-ова у димљеним месним производима током процеса димљења, неопходне су нове технологије за пречишћавање дима. Предмет овог истраживања заснован је на коришћењу познатих адсорбенса, бентонита и зеолита, који поседују отворену порозну структуру и велику површину, што чини материјале одличним филтерима у циљу смањења количине ПАХ-ова из дима. Оваква примена може бити занимљива различитим индустријама (индустрија прехранбених производа, аутомобилска, дуванска и др.).

3. Основне хипотезе

На основу горе наведених чињеница у предмету истраживања, постављене су следеће хипотезе:

- коришћење зеолитних и бентонитних филтера током процеса димљења ће довести до смањења количине полицикличних ароматичних угљоводоника
- коришћење зеолитних и бентонитних филтера током процеса димљења неће утицати на промене основног хемијског састава кобасице
- примена филтера током процеса димљења неће утицати на безбедност и микробиолошки квалитет кобасице

- коришћење зеолитних и бентонитних филтера током процеса димљења неће нарушити сензорне карактеристике кобасице
- примена филтера током процеса димљења неће утицати негативно на маснокиселински профил кобасице
- примена филтера током процеса димљења неће утицати на одрживост кобасице.

4. Циљ истраживања и очекивани резултати

Основни циљ овог истраживања јесте испитивање утицаја примене различитих адсорбенса код процеса димљења традиционално припремљене кобасице (сува ферментисана кобасица – Сремска кобасица), праћењем:

- садржаја ПАХ-ова и других контаминаната (хлорпропанола);
- основног хемијског састава кобасице (протеини, масти, угљени хидрати и вода);
- маснокиселинског састава кобасице;
- микробиолошког квалитета и безбедности кобасице;
- степена оксидације липида у кобасици;
- оцене сензорне прихватљивости од стране обучених оцењивача.

5. Методе истраживања

Истраживања обухваћена овом докторском дисертацијом ће бити урађена у лабораторијама Института за хигијену и технологију меса.

У овом раду ће бити коришћено шест адсорбенса: Зеолит ЗСМ-5 (2.0-5.0 мм), Зеолит у камену (5-10mm), Зеолит - Zeoflair 800, Зеолит - Zeoflair 13x, гранулисани натријумски бентонит и гранулисани калцијумски бентонит.

У првом делу истраживања ће бити одређен адсорпциони капацитет сваког адсорбенса у односу на смешу 16 ЕУ приоритетних ПАХ-ова и 16 ПАХ-ова предложених од стране Агенције за заштиту животне средине Сједињених Америчких Држава (*енг.* US EPA), одакле ће бити изабрани они који ће бити коришћени код процеса димљења кобасице.

Сремска кобасица ће бити припремљена на традиционалан начин, према рецептури која је карактеристична за село Кузмин, на регистрованом домаћинству у зимском периоду, и у складу са захтевима Правилника о квалитету уситњеног меса, полупроизвода од меса и производа од меса (Сл. Гл. РС, бр. 50/19 и 32/23), од свињског меса и масног ткива и додатака који су наведени у Правилнику. Садржај протеина меса неће бити мањи од 20%, садржај колагена у протеинима биће до 15%, садржај воде до 35%, док ће рН вредност бити најмање 5,0. Надев ферментисане кобасице, који је фино до средње уситњен, пуниће се у природни омотач (танка црева свиња). Након припреме, кобасице ће се димити, затим сушити након и током чега ће бити анализиране.

Физичко-хемијске анализе: Садржај протеина биће одређен према методи по Кјелдалу (ISO 937:1978). Садржај слободних масти и воде биће одређени према ISO стандардима 1444:1996 и 1442:1997. Садржај протеина и масти биће изражен као проценат у 100 g суве материје. рН вредност хомогенизованих узорака производа и полупроизвода од меса биће одређена дигиталним рН-метром, а активност воде помоћу уређаја Fast-lab.

Анализа маснокиселинског састава у узорцима одређиваће се по методама раније описаним (Spirić и сар., 2010). Укупни липиди за одређивање масних киселина биће екстраховани методом убрзане екстракције растварачем са смешом хексан/изопропанол. После испаравања растварача у струји азота, метилестри масних киселина ће бити припремљени трансестерификацијом са триметилсулфонијум-хидроксином (ISO 5509:2000) и биће одређени помоћу гасног хроматографа са пламено јонизационим детектором и цијанопропилном колоном. За квантификацију ће бити коришћен интерни стандард метилестра хенеикозилинске киселине (C21:0).

Микробиолошке анализе: Након асептичног узорковања, преношења у стерилне пластичне кесе, додавања пуферизоване пептонске воде и хомогенизације у Stomacher уређају број бактерија млечне киселине и аеробних мезофилних микроорганизама биће одређен према ISO 15214:1998 и ISO 4833-1:2013. Бројање бактерија из фамилије Enterobacteriaceae обавиће се на Violet Red Bile Glucose агару након инкубације.

Одређивање степена оксидације липида: Пероксидне вредности биће одређиване стандардном методом ISO 3960:2017 (Glisić и сар., 2018). TBARs (*енг.* thiobarbituric acid reactive substances) вредности ће бити изражене комбинованом методом (Tarladgis и сар., 1964 и Holland, 1971). Апсорбанца ће бити читана на 532 nm коришћењем спектрофотометра. Вредности ће бити изражене у односу на малоналдеhid (MDA) (mg MDA/kg).

Одређивање количине ПАХ-ова: ПАХ-ови ће бити екстраховани ацетонитрилом, и затим пречишћени QuEChERS техником. Идентификација и квантификација ће се радити применом гасне хроматографије са масеном детекцијом (Jira и сар., 2004, Djinović и сар., 2008). Резултати ће бити исказани у $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Одређивање количине хлоропропандиола ће бити урађено према стандарду ISO 18363-4:2021 заснованом на брзој алкалној деестерификацији хлоропропандиола натријум-метоксидом и хемијској конверзији насталог глицидола. Уз изотопски обележене интерне стандарде квантификација ће се радити гасном хроматографијом са масеном детекцијом. Резултати ће бити исказани у $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Сензорна испитивања кобасица ће бити спроведена коришћењем квантитативног дескриптивног теста према стандарду SRPS ISO 8589:2015. Панел за сензорна испитивања ће се састојати од 5 обучених процењивача. Процењивачи су претходно тестирани за откривање и препознавање различитих укуса, мириса и боја.

Статистичка обрада података ће бити урађена помоћу софтверских пакета Microsoft Excel и MiniTab, применом одговарајућих статистичких метода.

6. Литература

Djinović J, Popović A, Jira W. (2008). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in different types of smoked meat products from serbia. *Meat Science*, 80, 449-456.

EFSA. (2008). Scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain on a request from the European commission on PAH in food. *The EFSA Journal*, 724, 1e114.

European Commission. (2006). Reg. No 1881/2006 of 19. Dec. 2006. setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Union L*, 364, 1–40.

Glisić, M., Baltić, M., Glisić, M., Trbović, D., Jokanović, M., Parunović, N., Dimitrijević, M., Suvajdžić, B., Bosković, M., Vasilev, D. (2018). Inulin-based emulsion-filled gel as a fat replacer in prebiotic- and PUFA-enriched dry fermented sausages. *International Journal of Food Science & Technology*, 54 (3), 787-797.

Halagarda, M., Kedzior, W., Pyrzynska, E., Kudelka, W. (2018). Fatty Acid Compositions of Selected Polish Pork Hams and Sausages as Influenced by Their Traditionality. *Sustainability*, 10, 3885.

Halagarda, M., Wojciak, K. (2022). Health and safety aspects of traditional European meat products. A review. *Meat Science*, 184, 108623.

Holck, A., Axelsson, L., McLeod, A., Rode, T. M., Heir, E. (2017). Health and safety considerations of fermented sausages. *Journal of Food Quality*, 2017 (9753894), 1–25.

Holland, D. C. (1971). Determination of Malonaldehyde as an Index of Rancidity in Nut Meats. *Journal of Association of Official Analytical Chemists*, 54 (5), 1024-1026.

IARC. (2010). International Agency for Research on Cancer Monographs on the Evaluation of 547 Carcinogenic Risks to Humans. Some non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons and 548 some related exposures. 92.

Iko Afe, O.H., Kpoclou, Y.E., Douny, C., Anihouvi, V.B., Igout, A., Mahillon, J., Hounhouigan, D.J., Scippo, M.-L. (2021). Chemical hazards in smoked meat and fish. *Food Science & Nutrition*, 9, 6903–6922.

Jira W.A. (2004). GC/MS method for the determination of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products and liquid smokes. *Eur. Food Res.Techn.*, 208-212.

Jira, W., Pöhlmann, M., Hitzel, A., Schwägele, F. (2013). Plenary paper. Smoked meat products - innovative strategies for reduction of polycyclic aromatic hydrocarbons by optimisation of the smoking process. *Int. 57th Meat Industry Conference, 2013, Belgrade, Serbia*. 24-32.

Karabasil, N., Bošković, T., Tomašević, I., Vasilev, D., Dimitrijević, M., Katanić, N., Antić, D. (2018). Production of traditional meat products in small and micro establishments in serbia: current status and future perspectives. *Acta Veterinaria-Beograd*, 68 (4), 373-390.

Nizio, E., Czwartkowski, K., Niedbala, G. (2023). Impact of Smoking Technology on the Quality of Food Products: Absorption of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) by Food Products during Smoking. *Sustainability*, 15, 16890.

Singh, L., Varshney, J., Agarwal, T. (2016). Polycyclic aromatic hydrocarbons' formation and occurrence in processed food. *Food Chemistry*. 199, 768–781.

Службени гласник РС, бр. 73/24 и 90/24. Правилник о максималним концентрацијама одређених контаминената у храни.

Tarladgis, B. G., Pearson, A. M., Jun, L. R. D. (1964). Chemistry of the 2-thiobarbituric acid test for determination of oxidative rancidity in foods. II.—formation of the tba-malonaldehyde complex without acid-heat treatment. *J. Sci. of Food and Agriculture*, 15 (9), 602-607.

Vranešević, J., Vidaković Knežević, S., Kartalović, B., Škaljac, S., Plavša, N., Mastanjević, K., Novakov, N. (2024). Review of polycyclic aromatic hydrocarbons (pahs) in smoked animal origin food: a serbian perspective. *Arhiv veterinarske medicine*, 17 (1), 19 – 30.