

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Тања Брезо-Борјан, дипл. инж. технологије - мастер

<b>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</b>	
1.	Датум и орган који је именовео комисију  <b>05.07.2019.</b> Наставно-научно веће Технолошког факултета, Универзитета у Новом Саду.
2.	Састав комисије са знаком 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:  <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>др Зорица Стојановић</b>, доцент, Технолошко-инжењерске хемије, 01.10.2017., Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, председник</li> <li>➤ <b>др Звонимир Сутуровић</b>, редовни професор, Примењене и инжењерске хемије, 23.01.2003., Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, ментор</li> <li>➤ <b>др Јована Кос</b>, научни сарадник, Биотехничке науке-Прехрамбено инжењерство, 28.10.2015., Научни институт за прехрамбене технологије у Новом Саду, Универзитет у Новом Саду, члан</li> </ul>
<b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b>	
1.	Име, име једног родитеља, презиме:  <b>Тања (Жељко) Брезо-Борјан</b>
2.	Датум рођења, општина, држава:  <b>11.07.1985., Сарајево, Босна и Херцеговина</b>
3.	Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив  <b>Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, Прехрамбено инжењерство, смер: Контрола квалитета, дипломирани инжењер технологије-мастер (петогодишње интегрисане студије)</b>
4.	Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија  <b>2009. година, Прехрамбено инжењерство</b>
5.	Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: /
6.	Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: /

### III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

**Одређивање витамина Б<sub>1</sub>, Б<sub>2</sub> и Б<sub>3</sub> применом хронопотенциометрије и хронопотенциометријске стрипинг анализе**

### IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација кандидата дипл. инж.-мастер Тање Брезо-Борјан изложена је у шест поглавља:

1. Увод (стр. 1-2),
2. Теоријски део (стр. 3-52),
3. Експериментални део (стр. 53-64),
4. Резултати и дискусија (стр. 65-144),
5. Закључци (стр. 145-147),
6. Литература (стр. 148-161 ).

Докторска дисертација написана је на 161 страници А4 формата, са 40 слика, 33 табеле, 3 шеме и 143 литературна навода. Кључна документацијска иформација је написана на српском и енглеском језику и приложена је на крају доктроске дисертације.

### V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У поглављу **Увод** дата је основна подела витамина, значај витамина у људској исхрани и главне биохемијске улоге витамина у људском организму. Представљени су најчешћи узроци и последице дефицијенције ових микронутријената код људи. Такође, у овом делу указано је на значај одређивања витамина у храни и витаминским додацима исхрани, с обзиром на њихов значај у метаболизму. Направљен је кратак осврт на неке од предности електроаналитичких метода. На крају уводног дела, истакнут је циљ истраживања спроведених у овој дисертацији, дати су витамини који су одабрани као предмет истраживања, као и технике које су у те сврхе примењиване.

**Теоријски део** се састоји од два тематска дела. У првом делу дата је подела и основне карактеристике комплекса витамина Б и детаљније су описани витамини Б<sub>1</sub>, Б<sub>2</sub> и Б<sub>3</sub>. Описана је хемијска структура, представљен је биопотенцијал и физичко-хемијске особине сваког витамина. Наведени су основни извори витамина и њихова стабилност у храни. С обзиром на значај који имају у метаболизму, описана је њихова апсорпција у цревима и транспорт кроз људски организам, метаболизам самих витамина као и њихове метаболичке улоге.

У другом делу овог поглавља, представљене су аналитичке методе које се користе за одређивање витамина Б<sub>1</sub>, Б<sub>2</sub> и Б<sub>3</sub>. Детаљније је описана високопритисна течна хроматографија као најчешће примењивана техника за одређивање витамина Б групе, која је уједно примењена и као компаративна метода у овом истраживању. Посебна поглавља су посвећена и хронопотенциометријској анализи и хронопотенциометријској стрипинг анализи као техникама које су примењене у овом истраживању. У оквиру потпоглавља о хронопотенциометријској стрипинг анализи, посебно је описана адсорпциона хронопотенциометријска стрипинг анализа. Такође, у овом делу је дат и преглед објављених радова из области аналитике витамина Б<sub>1</sub>, Б<sub>2</sub> и Б<sub>3</sub>, са литературним наводима.

У **Експерименталном** делу описана је инструментација која је коришћена у хронопотенциометријској анализи и адсорпционој хронопотенциометријској стрипинг анализи, као и инструментација за високопритисну течну хроматографију. Набројани су коришћени прибор и посуђе, хемикалије и реагенси. Описана је припрема стандардних раствора и радних раствора. Детаљно су изложени поступци припреме електрода, као и оптимизације и валидације метода. У овом поглављу је поступно описана и припрема реалних узорака мултивитаминских додатака исхрани.

У поглављу **Резултати и дискусија** јасно и систематично су приказани резултати изведене оптимизације метода за одабране витамине. С обзиром да су витамин  $B_1$  и  $B_3$  одређивани методама адсорпционе хронопотенциометријске стрипинг анализе, оптимизација метода је обухватила: испитивање утицаја врсте, концентрације и вредности рН помоћног електролита, потенцијала акумулације, времена акумулације, дебљине танкослојне живине електроде у циљу одабира оптималних параметара и утицај струје растварања депозита на аналитички сигнал витамина. Како је витамин  $B_2$  одређиван методом хронопотенциометријске анализе, оптимизација услова се састојала од: испитивања утицаја врсте и концентрације помоћног електролита, почетног потенцијала као и одабира оптималних вредности и испитивање утицаја редукционе струје на аналитички сигнал аналита. У случају одређивања витамина  $B_2$  применом радне електроде у виду процесне посуде од стакластог угљеника, испитан је и утицај активне површине радне електроде на аналитички сигнал витамина.

У оквиру валидације метода у истом поглављу, приказани су дефинисани опсеци линеарности, одређене вредности границе детекције и границе квантитативног одређивања, прецизност метода и резултати испитиване селективности. Развијене методе су примењене за одређивање витамина  $B_1$ ,  $B_2$  и  $B_3$  у реалним узорцима, мултивитаминским додацима исхрани, а тачност је потврђена паралелним анализама изведеним применом високопритисне течне хроматографије. Садржаји витамина добијени применом развијених метода статистички су поређени са резултатима добијеним применом високопритисне течне хроматографије и декларисаним садржајима од стране произвођача, применом  $t$ -теста упарених вредности.

На основу добијених резултата и њихове дискусије, јасно и концизно су изведени **Закључци**, који су изведени из резултата истраживања изведених у оквиру докторске дисертације.

Последње поглавље, **Литературу**, чине 143 литературна навода, који су коришћени током писања дисертације. Избор литературе је актуелан и у потпуности обухвата релевантне изворе везане за проучавану тематику.

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

### **M23 – Рад у међународном часопису:**

1. **Brezo, T.,** Stojanović, Z., Suturović, Z., Kravić, S., Kos, J., Đurović, A. (2015). Simple, rapid and selective chronopotentiometric method for the determination of riboflavin in pharmaceutical preparations using glassy carbon electrode. *Acta Chimica Slovenica*, 62 (4), 923-931.

### **M24 – Рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком:**

1. **Brezo, T.,** Stojanović, Z., Suturović, Z., Kravić, S., Kos, J., Milanović, S., Đurović, A. (2016). Direct chronopotentiometric analysis of riboflavin using a glassy carbon vessel as the working electrode. *Acta Periodica Technologica* 47, 143-151.

### **M33 – Саопштење са међународног скупа штампано у целини:**

1. **Brezo, T.,** Stojanović, Z., Suturović, Z., Kravić, S., Kos, J., Milanović, S., Đurović, A. (2016). Chronopotentiometric study of riboflavin using glassy carbon working electrodes in the form of disc and process vessel. *Proceedings. 23th Young Investigators' Seminar on Analytical Chemistry, YISAC 2016, June 28th – July 1st, University of Novi Sad, Faculty of Science, Novi Sad, Serbia, 50-54. (M33)*

### **M34 – Саопштење са међународног скупа штампано у изводу:**

1. **Brezo, T.,** Suturović, Z., Kravić, S., Stojanović, Z., Milanović, S., Đurović, A. (2016).

Electrochemical stripping analysis of thiamine using a mercury film electrode. 3. International Congress "Food Technology, Quality and Safety" and XVII International Symposium "Feed Technology", October 25 – 27, University of Novi Sad, Institute of Food Technology, Novi Sad, Serbia, 74-74.

## **VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**

Добијени резултати се могу сумирати кроз следеће закључке:

- У овој докторској дисертацији, развијене су електроаналитичке методе за одређивање појединих витамина Б групе. За одређивање витамина Б<sub>1</sub> и Б<sub>3</sub>, примењена је техника адсорпционе хронопотенциометријске стрипинг анализе (AdHSA) на танкослојној живиној електроди као радној електроди, а за одређивање витамина Б<sub>2</sub> хронопотенциометријска анализа (НА) на планарној диск електроди и електроди у виду процесне посуде, обе од стакластог угљеника.
- Оптимизација метода подразумевала је испитивање утицаја најзначајнијих експерименталних фактора као што су врста, концентрација и вредност рН помоћног електролита, потенцијал акумулације у AdHSA, почетни потенцијал у НА, времена акумулације, дебљине танкослојне живине електроде у AdHSA, као и утицај струје растварања депозита у AdHSA и редукционе струје у НА. У случају одређивања витамина Б<sub>2</sub> применом радне електроде у виду процесне посуде од стакластог угљеника, испитан је и утицај активне површине радне електроде на аналитички сигнал витамина. Валидација метода обухватала је дефинисање опсега линеарности, одређивање вредности границе детекције и границе квантитативног одређивања, оцену прецизности, испитивање интерференција и потврду тачности.
- Одговарајући експериментални услови за одређивање витамина Б<sub>1</sub> применом AdHSA на танкослојној живиној електроди су били: 0,2 mol/l цитратни пуфер вредности рН 6 као помоћни електролит, потенцијал акумулације -1,313 V, време акумулације 50 s при дифузионим условима преноса масе и струја растварања депозита у интервалу 1,9 – 6,1 µA. Добра линеарност аналитичког сигнала витамина Б<sub>1</sub>, остварена је за опсег садржаја од 5 – 50 mg/l. Репродуктивност методе, изражена као релативна стандардна девијација (RSD) износила је 2,85%. Утврђена је граница детекције од 1,64 mg/l. Сметње од стране витамина Б<sub>2</sub> јављале су се при његовој деветоструко већој концентрацији од концентрације витамина Б<sub>1</sub>, а од стране витамина Б<sub>3</sub>, тек при његовом дванаестоструко већем садржају.
- Усвојени експериментални параметри за одређивање витамина Б<sub>2</sub> применом НА на планарној диск електроди од стакластог угљеника су били: 0,025 mol/l хлороводонична киселина као помоћни електролит, иницијални потенцијал 0,023 V и струја редукције у опсегу од 0,8 µA до 4,2 µA. При оптималним условима анализе, добијена је добра линеарност аналитичког сигнала витамина за опсеге садржаја 0,2 – 2 mg/l, 2 – 12 mg/l и 10 – 70 mg/l. Репродуктивност методе износила је 3,16%, изражена као RSD, а граница детекције 0,076 mg/l. Применом радне електроде од стакластог угљеника у облику процесне посуде, остварена је граница детекције од 18 µg/l, а релативна осетљивост је повећана за око 10 пута. Захваљујући томе, за анализу је била довољна мања маса реалних узорака, чиме се интерференције од стране матрикса узорка могу значајно смањити. Независно од примењене радне електроде, селективност методе за одређивање витамина Б<sub>2</sub> је била веома добра, односно нису уочене сметње од стране других витамина, нити од осталих испитиваних органских једињења.
- Одговарајући експериментални услови за одређивање витамина Б<sub>3</sub> применом AdHSA на танкослојној живиној електроди су били: 0,05 mol/l цитратни пуфер вредности рН 6, као помоћни електролит, потенцијал акумулације -1,405 V, време акумулације 15 s при дифузионим условима преноса масе и струја растварања депозита у интервалу 1,4 – 15,1 µA. Добра линеарност аналитичког сигнала витамина Б<sub>3</sub> утврђена је за интервале садржаја од 5 – 25 mg/l и од 10 – 100 mg/l. Репродуктивност методе износила је 3,90% (RSD), а граница детекције 2,20 mg/l. Интерференције од стране витамина Б<sub>1</sub> и Б<sub>2</sub> се нису јављале, ако је концентрација витамина Б<sub>3</sub> била четвороструко већа од њихових

концентрација.

- Захваљујући оствареној осетљивости и селективности, развијене методе су могле бити примењене за одређивање витамина  $B_1$ ,  $B_2$  и  $B_3$  у мултивитаминским додацима исхрани. Садржаји витамина  $B_1$  и  $B_3$  одређивани су методом калибрационе криве, а витамин  $B_2$  методом вишеструког додатка стандарда. Тачност метода потврђена је паралелним анализама изведеним применом високопритисне течне хроматографије као референтне методе, а добијене вредности упоређене применом  $t$ -теста упарених вредности, уз 95% вероватноћу. Исправност поступка припреме узорака потврђена је dobrim вредностима теста поврата које су се кретале од 88% до 108%.
- Садржаји витамина  $B_2$  и  $B_3$  који су декларисани на анализираним производима нису се статистички значајно разликовали од оних који су одређени у тим производима применом развијених метода. Међутим, декларисани садржај витамина  $B_1$  је у свим анализираним узорцима био значајно мањи (и до 41%) од садржаја витамина одређеног применом развијених метода, као и применом HPLC. Иако анализирани узорци нису били репрезентативни јер су узорковани методом случајног избора, добијени резултати свакако указују на потребу за детаљнијим испитивањима.
- Методе развије и примењене у овој дисертацији, поред тога што испуњавају најзначајније опште аналитичке захтеве, имају одређене предности у односу на конкурентне методе, када су у питању специфични захтеви. Цена инструментације и цена експлоатације су знатно ниже, припрема узорака за анализу је једноставна, због једноставности и брзине методе су погодне за рутинске анализе, и на крају током извођења анализа не постоји могућност загађења околине.

### **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

Резултати истраживања докторске дисертације кандидата Тања Брезо-Борјан су јасно и прегледно приказани за сваки испитивани витамин (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> и B<sub>3</sub>), табеларно и у виду графикона. Сваки табеларни и графички приказ резултата поткрепљен је детаљном дискусијом добијених резултата, уз поређење са релевантним литературним подацима. Закључци су изведени коректно у складу са добијеним резултатима и дискусијом. Сходно томе, Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.

### **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

Дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Дисертација садржи све битне елементе.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

У овој докторској дисертацији, хронопотенциометријска анализа и хронопотенциометријска стрипинг анализа су се по први пут примениле за одређивање витамина B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> и B<sub>3</sub>. С обзиром на велику селективност ових метода, могућа је њихова примена у анализама мултивитаминских препарата, без претходне сложене припреме узорака, што знатно скраћује време анализе, те су развијене методе погодне за рутинске анализе. Такође, у доступној научној и стручној литератури, веома је мали број радова који се баве електроаналитичким одређивањем витамина B<sub>3</sub>, иако је број оних који се баве испитивањем електрохемијског понашања знатно већи. Стога, наведена истраживања представљају значајан допринос електроаналитици витамина B групе.

Докторска дисертација је у библиотеци Технолошког факултета Нови Сад прошла проверу плагијарности применом софтвера iThenticate, који је показао да "similarity index" износи 7% (према упутству произвођача све вредности испод 15% представљају оригиналан рад).

Комисија закључује да је ова докторска дисертација оригинално дело и да не представља плагијат.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

У докторској дисертацији нису уочени недостаци.

**X ПРЕДЛОГ:**

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

Полазећи од позитивне оцене докторске дисертације дипл. инж-мастера Тање Брезо-Борјан, под називом 'Одређивање витамина Б<sub>1</sub>, Б<sub>2</sub> и Б<sub>3</sub> применом хронопотенциометрије и хронопотенциометријске стрипинг анализе', Комисија предлаже да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана овог рада.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

др Зорица Стојановић, доцент, председник

---

др Звонимир Сутуровић, редовни професор, ментор

---

др Јована Кос, научни сарадник, члан

---

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.