

ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД

год. 58

бр. 2 (април)

YU ISSN04406826

UDC 54.011.93

ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД CHEMICAL REVIEW



Годиште 58

број 2
април

Editor-in-Chief
RATKO M. JANKOV
Deputy Editor-in-Chief
DRAGICA TRIVIĆ

Volume 58
NUMBER 2
(April)

Publisher
SERBIAN CHEMICAL SOCIETY
Belgrade/Serbia, Karnegijeva 4

Издаје
СРПСКО ХЕМИЈСКО ДРУШТВО

Телефон 3370-467

Карнегијева 4

излази двомесечно

ОДГОВОРНИ И ГЛАВНИ УРЕДНИК
Ратко М. Јанков

ПОМОЋНИК ОДГОВОРНОГ И ГЛАВНОГ
УРЕДНИКА
Драгица Тривић

ЧЛАНОВИ РЕДАКЦИЈЕ
Владимир Вукотић, Бранко Дракулић, Јелена Радосављевић,
Наталија Половић и Воин Петровић

УРЕЂИВАЧКИ ОДБОР

Иван Гутман, Снежана Зарић, Јован Јовановић, Славко
Кеврешан, Драган Марковић, Владимир Павловић,
Радомир Саичић, Живорад Чековић (председник).

Годишња чланарина, укључује часопис „Хемијски преглед”,
за 2016. годину износи:

- за све запослене 1.800,00
- за професоре у основним и средњим школама..... 1.000,00
- за пензионере, студенте, ђаке и незапослене..... 800,00
- претплата за школе и остале институције..... 3.500,00
- за чланове и институције из иностранства. € 50

Чланарину и претплату можете уплатити на рачун СХД:
205-13815-62, позив на број 320.

Web site: <http://www.shd.org.rs/hp/>
e-mail редакције: hempred@chem.bg.ac.rs

Припрема за штампу: Јелена и Зоран ДИМИЋ,
Светозара Марковића 2, 11000 Београд

Штампа: РИЦ графичког инжењерства Технолошко-
металуршког факултета Београд, Карнегијева 4

Насловна страна и Интернет верзија часописа:
Слободан и Горан Ратковић, RatkovicDesign
www.ratkovicdesign.net
office@ratkovicdesign.net

САДРЖАЈ

Иван ГУТМАН, Горица ДЈЕЛИЋ
Ivan GUTMAN, Gorica ĐELIĆ
ДРОГА, ЛЕК, ШТРУДЛА - СВЕ ОД МАКА
DOPE, MEDICATION, STRUDEL - ALL FROM POPPY 30

Ерне Е. КИШ, Радослав Д. МИЋИЋ, Ференц Е. КИШ
Ernő E. Kiss, Radoslav D. Mičić, Ferenc E. Kiss
МОГУЋНОСТИ ВАЛОРИЗАЦИЈЕ ГЛИЦЕРОЛА У ВРЕДНИЈЕ
ПРОИЗВОДЕ КАТАЛИТИЧКИМ ПОСТУПЦИМА
*POSSIBILITIES OF BIOGLYCEROL CONVERSION INTO MORE
VALUABLE PRODUCTS VIA CATALYSIS* 33

Снежана БОЈОВИЋ
Snežana BOJOVIĆ
ДРАГОЉУБ - ДРАГИ К. ЈОВАНОВИЋ (1891 – 1970)
DRAGOLJUB - DRAGI K. JOVANOVIĆ (1891 – 1970) 41

Наташа ЈЕЛАЧИЋ, Наташа ИВАНОВИЋ, Андреа
ЈОВАНОВИЋ, Невена МИЛОВАНОВИЋ
*Natasa JELAČIĆ, Nataša IVANOVIĆ, Andrea JOVANOVIĆ,
Nevena MILOVANOVIĆ*
ЗЕЛЕНИ ЧАЈ
GREEN TEA 47

ВЕСТИ ИЗ ШКОЛЕ / ВЕСТИ ЗА ШКОЛЕ

Наташа ИВАНОВИЋ
Natasa IVANOVIĆ
СЦЕНАРИО ЧАСА: УТВРЂИВАЊЕ ГРАДИВА О ВАЛЕНЦИ,
ЈЕДНАЧИНАМА ХЕМИЈСКИХ РЕАКЦИЈА И ХЕМИЈСКИМ
РЕАКЦИЈАМА АНАЛИЗЕ И СИНТЕЗЕ СА УЧЕНИЦИМА
СЕДМОГ РАЗРЕДА ОСНОВНЕ ШКОЛЕ
*SCENARIO FOR THE CLASS DEVOTED TO FORTIFICATION OF
KNOWLEDGE CONCERNING VALENCE, CHEMICAL EQUATIONS
AND CHEMICAL REACTIONS OF ANALYSIS AND SYNTHESIS
WITH SEVENTH GRADE PRIMARY SCHOOL STUDENTS* 52

ВЕСТИ ИЗ СХД

КОНФЕРЕНЦИЈА "7th EUROVARIETY - ЕВРОПСКА
РАЗНОВРСНОСТ У УНИВЕРЗИТЕТСКОМ ХЕМИЈСКОМ
ОБРАЗОВАЊУ" 55

IN MEMORIAM
проф. др Иштван ЖИГРАИ (1943 – 2016) 56



УВОДНИК

И овај *Уводник* почињем темом која је актуелна неколико последњих месеци (сада већ и година): у редакцију *Хемијског иреџеда* не пристиже довољно ваших радова. Нека ово буде мој још један апел ауторима, ко зна већ који по реду, да нам шаљу своје радове, пошто само тако можемо да придобијемо младе. *Хемијски иреџеда* је јако добра дугорочна инвестиција за перспективу хемије, тако што се, кроз популаризацију наше науке, створи основ за будућност хемије кроз привлачење и придобијања младих.

Овај број почиње чланком колега са Природно-математичког факултета у Крагујевцу. У раду под насловом "*Дроја, лек, ширудла - све од мака*" су нам аутори **Иван ГУТМАН** и **Горлица ДЈЕЛИЋ** описали бројне аспекте ове необичне биљке. Мак је биљка која се научно зове *Papaver somniferum* L. То је једногодишња зељаста биљка, усправног стабла висине до 150 cm. Пореклом је са источног Средоземља и западне Азије, а данас се гаји широм света, где год климатски услови то дозвољавају. Цвета од јуна до августа. Плод мака је чахура лоптастог или обрнуто-јајастог облика, и садржи велики број семена. Семена су ситна, бубрежастог облика.

Читава биљка садржи млечне цеви које су испуњене млечним соком. Тај сок садржи већи број алкалоида због којих је биљка отровна. При гајењу мака бирају се оне сорте које садрже добро развијену мрежу млечних цеви са што више млечног сока. Једино семена не садрже иоле знатнију количину алкалоида, па се користе у исхрани. У неким земљама, првенствено на Блиском и Средњем Истоку, гаји се ради добијања неких од најопаснијих дрога и опојних средстава. У нашој земљи, првенствено у Војводини, гаји се као сировина за неке од омиљених колача. Већ само због овога, мак је занимљив и са хемијске тачке гледишта. У овом чланку подсећамо читаоце на основна хемијска, токсиколошка и биолошка својства мака.

У другом чланку у овом броју **Ерне Е. Киш**, **Радослав Д. Милић** и **Ференц Е. Киш** (са Технолошког факултета и Техничког факултета Михајло Пупин у Зрењанину Универзитета у Новом Саду) су у раду "*Могућности валоризације глицерола у вредније производе каталитичким процесима*" разматрали немали проблем човечанства, настао применом биодизела у Европи и у САД, која се брзо шири од почетка новог миленијума. експанзија биодизела се тумачи чињеницом да биодизел спада у групу обновљивих извора енергије, а да у погледу заштите животне средине мање загађује ваздух сумпорним једињенима, мање доприноси глобалном загревању због природе порекла емитованог CO₂ него фосилни ди. зел. Међутим, производња биодизела довела је до енормног повећања количине глицерола на тржишту, пошто производњу биодизела прати приближно 10 мас.% глицерола, као нуспроизвода. Последица тога је затварање ранијих погона за производњу глицерола, и драстичан пад цене глицерола на светском тржишту. У току последње две деценије разрађени су нови, каталитички и биокаталитички поступци, за прераду биоглицерола у вредније хемијске производе. На процену одрживости производње течних биогорива, хемикалија и енергије из биоглицерола са становишта животне средине истраживачи још увек нису дали ни једнозначан ни коначан одговор.

Нагомилане количине глицерола као нуспроизвода биодизела представљају изазов истраживачима у области хемијске индустрије и заштите животне средине.

Данас постоје бројне и различите врсте напитака које зовемо чајевима. Познати су воћни, са различитим укусима по-

пут јабуке, кајсије, боровнице. Постоје и биљни чајеви (са укусом нане, камилице...). Међутим, једини "прави чај" праву се од биљке чаја, пореклом из Кине: *Camellia sinensis*. Ова биљка садржи беле или розе цветове, и на свакој стабљики налазе се по три цвета. Прави чај је приви пут употребљен у Кини, тако што је прокувано лишће биљке. Користио се за уживање, али и као лек против главобоље и астме. Даља прерада лишћа овог чаја подразумева процес ферментације. Ферментација је најважнији процес јер се у току њега многа једињења која се налазе у листу хемијски мењају, па се на тај начин мења и хемијски састав напитка. Главну структуру листова чаја чине састојци: феноли, кофеин, аминокиселине, угљени хидрати, липиди, витамини и минерали. Ипак, најзначајнија су фенолна једињења за сам квалитет чаја, јер су већ одавно позната њихова антиоксидативна својства. Један од важнијих ензима који овај чај садржи је ензим полифенол оксидаза. **Наташа Јелачић**, **Наташа Ивановић**, **Андреа Јовановић** и **Невена Миловановић** (сви су студенти 4. године Хемијског факултета Универзитета у Београду) у свом раду "*Зелени чај*" дале су детаље интересантне приче о чају.

Прошле године изашла је књига Станке Јовановић о **Драгољубу - Драгом К. Јовановићу** (1891 – 1970), значајном хемичару – физичару, код нас раније веома познатом и поштованом, а данас скоро заборављеном. Станка Јовановић, снаја Драгољуба Јовановића, жена његовог сина Драшка, која је и сама била Јовановићев студент, после дужег истраживања по архивима и сакупљања породичних докумената и писама, написала је одличну књигу о Драгољубу Јовановићу, с детаљном биографијом и потпуном библиографијом. **Снежана Бојовић** је на Скупштини СХД 7.12.2016. имала задовољство да све присутне на тој Скупштини подсети на Драгољуба Драгог Јовановића кроз најинтересантније детаље и фотографије из ове књиге. Зхвални смо колегиници Бојовић што је припремила овај текст за Хемијски преглед, како би и они чланови СХД кој нису били на Скупштини имали прилику да сазнају нешто ново из историје хемије у Србији.

У тексту из рубрике *Хемија из/за школе* овог броја *Хемијског иреџеда* **Наташа ИВАНОВИЋ** (студент студијског програма Настава хемије, Хемијски факултет Универзитета у Београду) је приказала сценарио часа "*Ишврђивања гравита о валеници, хемијским реакцијама анализе и синтезе и једначинама хемијских реакција*", предвиђен за извођење и изведен у седмом разреду основне школе.

У рубрици Вести из СХД наћи ћете информацију о томе да Хемијски факултет Универзитета у Београду (у сарадњи са Српским хемијским друштвом и EUCheMS - Дивизијом за хемијско образовање) организује у Београду конференцију под називом "7th EuroVariety - Европска разноврсност у универзитетском хемијском образовању". Тема конференције "Универзитетско хемијско образовање за изазове савременог друштва" указује на потребу за сталним преиспитивањем веза између основних, магистарских и докторских студија хемије и савремених професионалних, друштвених и научних изазова.

У истој рубрици опраштамо се од проф. др Иштвана Жиграија (1943 – 2016), редовног професора Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду.

Ратко М. Јанков



ЧЛАНЦИ



Иван ГУТМАН, Горица ДЈЕЛИЋ, Природно-математички факултет Крагујевац
(e-mail: gutman@kg.ac.rs, gdjelic@kg.ac.rs)

ДРОГА, ЛЕК, ШТРУДЛА - СВЕ ОД МАКА

Мак је необична биљка. У неким земљама, њрвенсџвено на Блиском и Средњем Истоку, ѓаји се ради додијања неких од најојаснијих дрога и ојојних средсџава. У нашој земљи, ѓрвренсџвено у Војводини, ѓаји се као сировина за неке од омиљених колача. Већ само здој овога, мак је занимљив и са хемијске шачке ѓедишџа. У овом чланку ѓодсећамо чиџаоце на основна хемијска, ѓоксиколошка и диолошка својсџва мака.

МАК – БОТАНИЧКИ АСПЕКТИ

Мак је биљка која се научно зове *Papaver somniferum* L. То је једногодишња зељаста биљка, усправног стабла висине до 150 cm. Пореклом је са источног Средоземља и западне Азије, а данас се гаји широм света, где год климатски услови то дозвољавају. Цвета од јуна до августа. Плод мака је чахура лоптстог или обрнуто-јајастог облика, и садржи велики број семена. Семена су ситна, бубрежастог облика.

Читава биљка садржи млечне цеви које су испуњене млечним соком. Тај сок садржи већи број алкалоида због којих је биљка отровна. При гајењу мака бирају се оне сорте које садрже добро развијену мрежу млечних цеви са што више млечног сока. Једино семе на не садрже иоле знатнију количину алкалоида, па се користе у исхрани.



Слика 2. Засади мака у цвету (лево) и пред зрењем (десно)



Слика 1. Мак (*Papaver somniferum* L.) - ботаничке карактеристике

ОПИЈУМ

Када се незреле чахуре мака (10-15 дана по опадању цвета) зарежу, из тих зареза истичу капљице млечног сока, слика 5. Сок је беле боје, горког укуса. Стајањем на ваздуху очврсне и потамни. То је опијум.¹

Опијум и његово деловање познато је од праисторијских времена. Опијум се помиње на Сумерским глиненима таблицама, насталим пре више од 5000 година, где се назива „биљка среће”. Користили су га стари Египћани, Грци, Кинези. Спомиње га и Хомер у „Илијади”. Име потиче од грчке речи „опион” - сок од биљке. Арапски медицинари су га звали „оцем спавања”. Кинески лекар Хуа То први примењује опијум код операција. У Кини и Тајланду за опијум се сматра



Слика 3. Зрела чахура мака



Слика 4. Плод и семе мака

да је афродизијак, средство које појађава сексуалну жељу.

У деветнаестом веку, вођена су два опијумска рата. У првом опијумском рату (1839-1842) Велка Британија је војном силом приморала Кину да дозволи слободну трговину, између осталог и легализацију продаје опијума (који се производио у британским колонијама). И други опијумски рат (1856-1860) вођен је са истим циљем, с тим да су сада Кину заједнички напали Британци, Французи и Американци. После изгубљених опијумских ратова, Кина је морала да дозволи слободни увоз и продају опијума, Међутим, да би колико-толико спречили одлив злата из своје државе, Кинези су и сами почели да гаје опијумски мак и за

кратко време постали највећи произвођачи опијума на свету.

Са једног хектара засада мака добије се свега 5-15 kg опијума. То је врло спор и пипав посао: један радник може да сакупи само око пола килограма дневно.²

У овом чланку нећемо говорити о употреби и злоупотреби опијума, осим што помињемо да је она некада била масовна, а данас наркомани уместо опијума више користе продукте који се из њега добивају, пре свега хероин. Опијум се најчешће конзумира тако што се загреје и онда се удишу његове паре. То се, на пример, може постићи помоћу „опијумске луле”. Пушење опијума изазива осећај задовољства који се наставља дуготрајним дремежом и сном. Опијум изазива јаку зависност од које се „уживаоци” често не могу ослободити до краја живота.



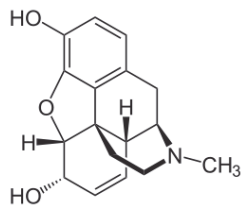
Слика 5. Чахура мака зарезана у циљу добијања опијума

ОПИЈУМ – ХЕМИЈСКИ АСПЕКТИ

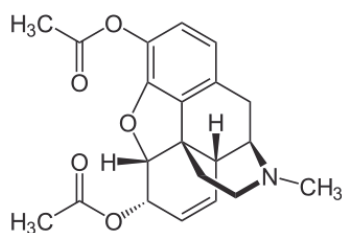
Поред алкалоида, опијум садржи каучуку слична супстанце (6-10%), слуге, гуме, пектине, шећере (40-50%), смоле, восак, беланчевине (15-20%), минералне материје (5-8%), влагу (8-18%).^{1,3-4} Најважнији састојци опијума су алкалоиди,⁵ од којих је изоловано преко 30. Најважнији од тих алкалоида је морфин, којег има 2-23%. Квалитет опијума одређује садржај морфина и влаге. Опијум произведен у Македонији сматра се једним од најбољих на свету јер садржи највише морфина (16,7-17%) а најмање влаге (9-11,5%).⁴

Морфин (или „морфијум”, како га медицинари, а и шира јавност често називају) је бела кристална супстанца формуле $C_{17}H_{19}O_3N$. У медицини се употребљава у облику своје соли са хлороводоничном киселином. Изоловао га је из опијума 1803. године немач-

ко апотекар Сертирнер (Friedrich Sertürner). Име је добио по Морфеју, грчком богу снова.⁵

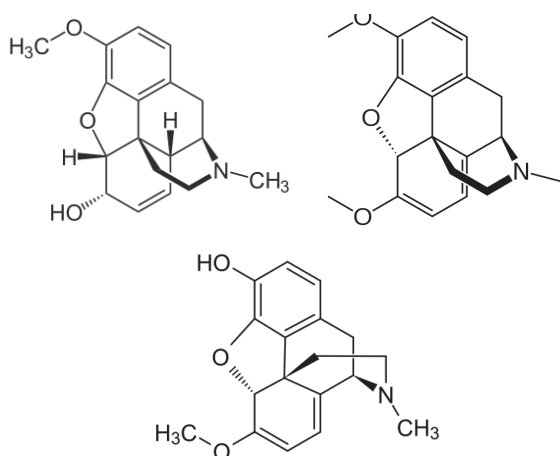


Слика 6. Морфин



Слика 7. Хериоин

Хемијска структура морфина била је дуго једна од великих загонетки органске хемије. После дуготрајних истраживања, исправну формулу је 1923. поставио велики енглески хемичар Роберт Робинсон (Robert Robinson, 1886-1975, Нобелова награда за хемију за 1947. годину), слика 6. У време када још нису биле у употреби савремене инструменталне методе (рендгенска структурна анализа, нуклеарна магнетна резонанција и сл), одређивање структурне формуле морфина био је велики тријумф органске хемије. Робинсонова формула је тек 1952. године потврђена од стране америчког хемичара Маршала Гејтса (Marshall D. Gates, 1915-2003), који је остварио тоталну синтезу морфина.

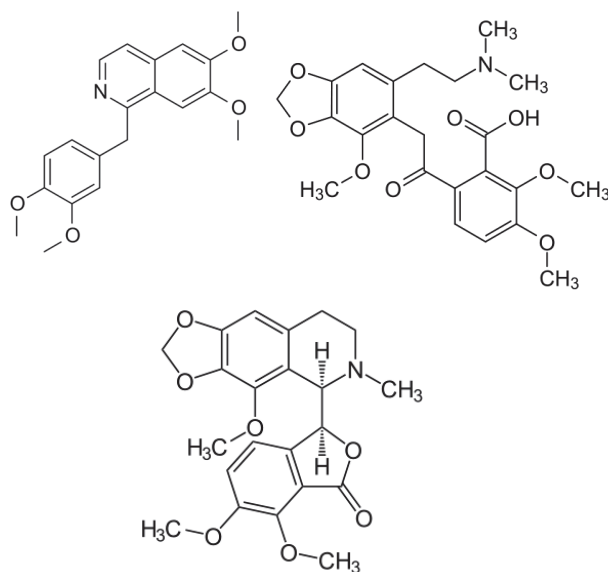


Слика 8. Кодеин, тебаин, орипавин

У медицини се морфин користи за ублажавање болова, и то код најтежих повреда и болести. Годишње се легално произведе више од 500 тона морфина, док се о његовој илегалној производњи може само нагађати. Разлог за то је што се једном једноставном хемијском реакцијом (ацетиловањем помоћу анхидрида

сирћетне киселине) из морфина добива хериоин (слика 7), једна од данас највише (зло)употребљаних дрога. О хериоину се више може наћи у једном недавно објављеном чланку у „Хемијском прегледу”.⁶

Неки други алкалоиди из мака су по хемијској структури сродни морфину, и деривати су фенантрена.⁷ Ту спадају кодеин, тебаин и орипавин, слика 8. Изненађење представља чињеница да неки други алкалоиди мака имају потпуно различиту хемијску структуру, на пример папаверин, нарцеин и наркотин, слика 9. Од ових алкалоида, значајнију медицинску примену има још само кодеин, који служи за ублажавање кашља.



Слика 9. Папаверин, нарцеин, наркотин

ЧАЈ ОД МАКА

Наркомани су се досетили да од макових чахура кувају чај, и да га корисе уместо теже доступног морфина, хериоина или других дрога. Као што се може претпоставити, у овом чају се налазе (у мањој или већој количини) исти они алкалоиди као и у опијуму. То су пре свега морфин, кодеин и папаверин. Количина ових састојака јако варира у зависности од врсте употребљеног мака, као и од начина на који се чај кува. Због тога је употреба чаја од мака веома опасна. Међу наркоманима који су пили тај чај забележени су бројни смртни случајеви, неки и у нашој земљи..

МАКОВЊАЧЕ, ШТРУДЛЕ И РЕЗАНЦИ С МАКОМ

Семе мака не садржи отровне алкалоиде и потпуно је безопасно за јело. Када се мало размисли, то је нешто сасвим логично: Цела биљка мака је отровна, и тиме себе штити да не буде поједена. Семенке су добре за јело, па је животиње (пре свега, птице) радо једу, и преко свог измета разносе по околини.

Било како било, јела од мака спадају у наше омиљене сластице, нарочито у Војводини. Као „доказ“ наводимо стихове једне песме Ђорђа Балашевића:

Спремила нам кума наша
за ужину паприкаша.
Па колаче, крменадле,
и пар сарми сваком.
Место леба, меса бела,
принцес крофне - вангла цела.
Сувих шљива и кољива,
и резанце с маком.

Јела од мака се традиционално једу на Бадње вече. Статистички подаци показују да су од Војвођана, неки други народи још већи конзументи слаткиша са маком. Много мака се поједе у Мађарској, Словачкој, Чешкој и Немачкој, али по потрошњи мака воде Пољаци.

Љубитељима маковњаче допашће се и следећи подаци:

Атлетичари у античкој Грчкој су пре такмичења пили напиток од вина, мака и меда да би били снажнији. Народни лекари препоруђују мак за опуштање мишића, против болова, против стомачних грчева, и за искашљавање. Семе мака је богата антиоксиданси-ма, као и незасићеним масним киселинама, посебно

олеинском и линолном. Мак садржи и омега-3 масне киселине, које појачавају имунитет.

Abstract

DOPE, MEDICATION, STRUDEL - ALL FROM POPPY

Ivan GUTMAN, Gorica ĐELIĆ, University of Kragujevac, Faculty of Science

The basic biological (botanical) facts on poppy are outlined. The interesting fact is that whereas poppy is highly toxic, its seed is used for some of the popular sweet foods of our country. The main product of poppy is opium, whose chemical composition is described in some detail. The main alkaloid of opium is morphine, used both in medicine and for obtaining a highly dangerous and addictive drug – heroine.

ЛИТЕРАТУРА

1. L. D. Kapoor, Opium Poppy – Botany, Chemistry, and Pharmacology, Harworth, New York, 1995.
2. J. Туцаков, Лечење биљем, Рад, Београд, 1984.
3. М. Сарић, Лековите биљке Србије, САНУ, Београд, 1989.
4. J. Туцаков, Фармакогнозија, Завод за издавање уджбеника, Београд, 1964.
5. T. Aniszewski, Alkaloids – Chemistry, Biology, and Applications, Elsevier, Amsterdam, 2015.
6. А. Ђурић, Хероин, Хем. ипрепег 53 (2012) 9.
7. G. W. Kirby, Biosynthesis of the morphine alkaloids, Science 155 (1967) 170.



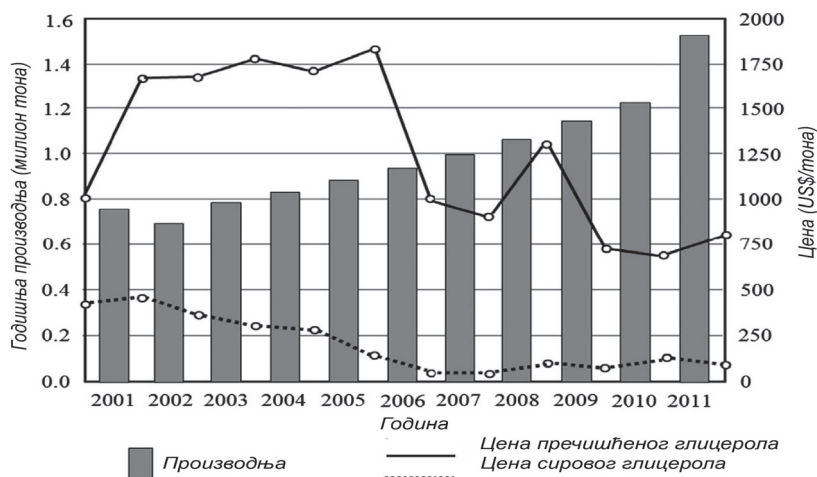
Ерне Е. КИШ, Радослав Д. МИЋИЋ, Ференц Е. КИШ, Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет у Новом Саду и Технички факултет Михајло Пупин у Зрењанину (e-mail: ilona1946@gmail.com, micicradoslav@gmail.com, fkiss@tf.uns.ac.rs)

МОГУЋНОСТИ ВАЛОРИЗАЦИЈЕ ГЛИЦЕРОЛА У ВРЕДНИЈЕ ПРОИЗВОДЕ КАТАЛИТИЧКИМ ПОСТУПЦИМА

Најомилане количине глицерола као нуспроизвода биодизела истраживају изазов истраживачима у области хемијске индустрије и заштитне животне средине. У току последње две деценије разрађени су нови каталитички и диокаталитички поступци, за прераду биоглицерола у вредније хемијске производе. На процену одрживости производње течних биогорива, хемикалија и енергије из биоглицерола са стеновишних животне средине истраживачи још увек нису дали ни једнозначан ни коначан одговор.

Примена биодизела у Европи и у САД брзо се шири од почетка новог миленијума. Ово се тумачи чињеницом: i) да биодизел спада у групу обновљивих извора енергије; ii) у погледу заштите животне средине

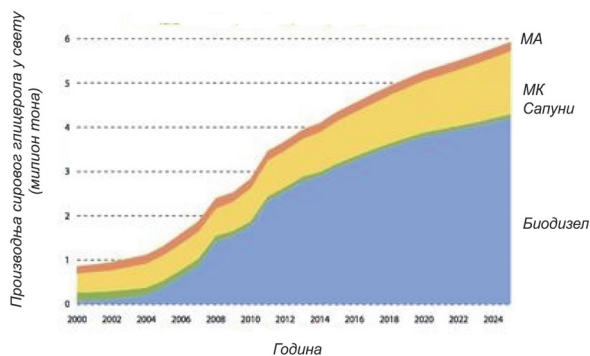
мање загађује ваздух сумпорним једињењима, мање доприноси глобалном загревању због природе порекла емитованог CO₂ него фосилни дизел; iii) има погодније техничке перформансе од фосилног дизела (боља мазивост, цетански број). Међутим, производња биодизела довело је до енормног повећања количине глицерола на тржишту. Наиме, производњу биодизела прати приближно 10 мас.% глицерола, као нуспроизвода. Последица тога је затварање ранијих погона за производњу глицерола, и драстичан пад цене глицерола на светском тржишту [1], Слика 1. Светска производња глицерола у 2016. години била је око два милиона тона. Нагомилана количина сировог глицерола у свету данас представља озбиљан проблем



Слика 1. Светска производња глицерола и кретање цене сировог и рафинисаног глицерола у првој декади трећег миленијума [1]

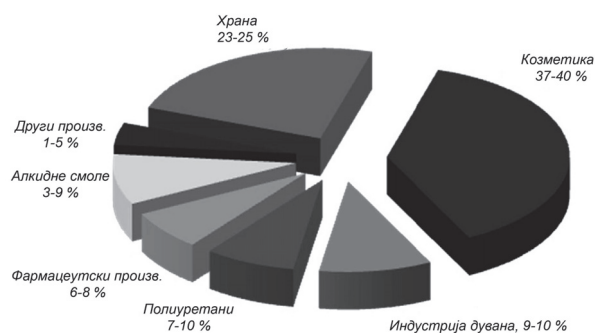
и изазов у правцу валоризације глицерола у вредније хемијске производе.

На Слици 2 приказана је производња глицерола по секторима, између 2000–2024. године. Приближно $\frac{2}{3}$ сировог глицерола се производи, и производиће се, као нуспроизвод производње биодизела. Значајне количине глицерола се добија у процесу производње масних киселина (МК), а знатно мање количине настаје у процесима производње масних алкохола (МА) и сапуна [2]. Сирови глицерол у свим овим технологијама настаје као нуспроизвод.

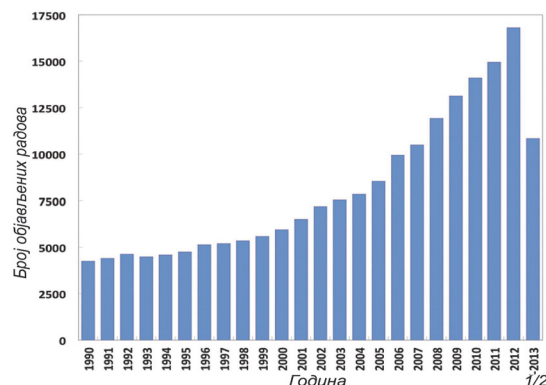


Слика 2. Производња сировог глицерола у свету по секторима, између 2000–2024. године, МА-масни алкохоли, МК-масне киселине [2]

Примена глицерола у свету приказана је на кружном дијаграму, Слика 3. Индустрија козметике и лекова су највећи потрошачи глицерола. Значајан део глицерола може да се валоризује у области производње људске и сточне хране, у индустрији дувана, полиуретана и алкидних смола [1, 3]. Међутим, наведена индустрија ни издалека није способна да преради расположиве количине глицерола у свету. Нове могућности за примену и прераду глицерола у вредније производе чине ову област врло атрактивном за многе истраживаче, о чему сведочи велики број објављених радова у овој области, Слика 4.



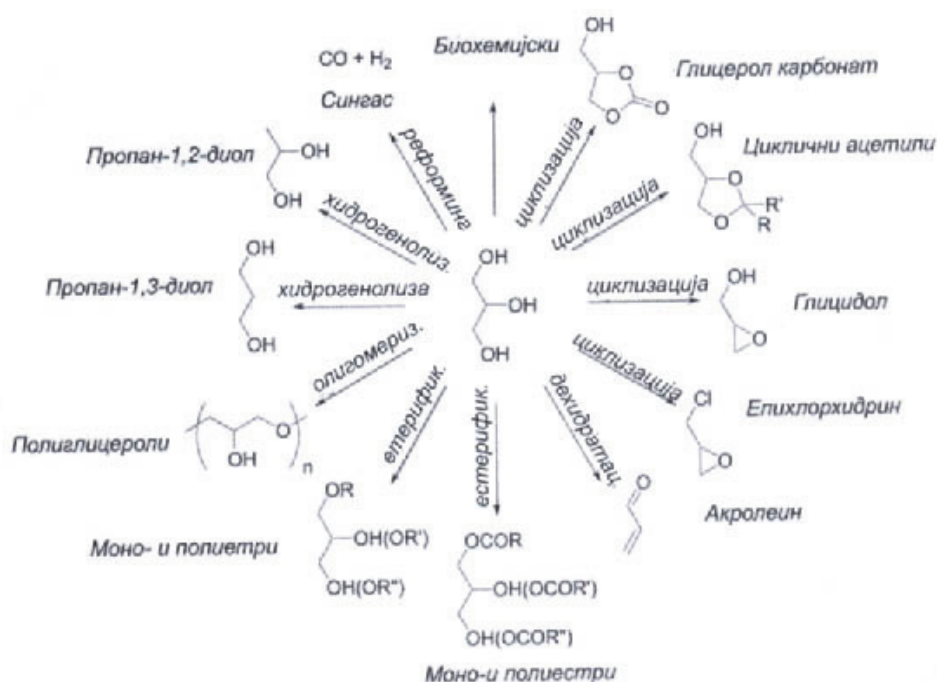
Слика 3. Примена глицерола у различитим гранама индустрије [1]



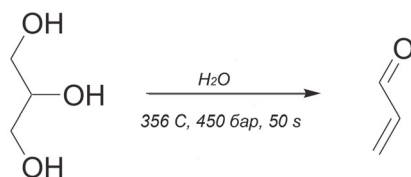
Слика 4. Број радова објављених на тему глицерола од 1990. године [4]

АЛТЕРНАТИВНИ ПУТЕВИ ПРЕРАДЕ ГЛИЦЕРОЛА -- НОВИ ТРЕНДОВИ

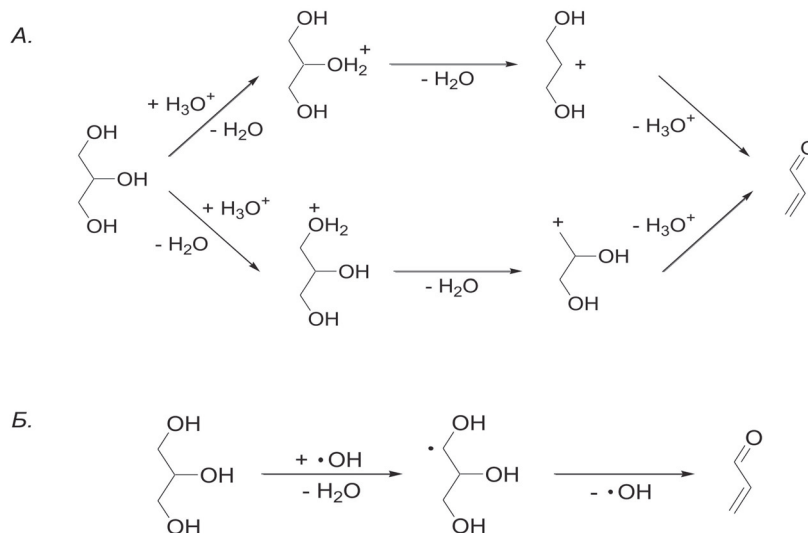
Глицерол је нетоксична, природно разградива, биокомпатибилна и потенцијално вишенаменска сировина за хемијску индустрију [5]. Основни правци валоризације глицерола у овом приказу дати су према прегледном раду Лена и Локвеа (С. Len and R. Luque) [6]. Лен и Локве процесе валоризације глицерола приказали су на кружној мапи како је дато на Слици 5.



Слика 5. Најзначајнији процеси валоризације глицерола [6]



Слика 6. Добијање акролеина дехидратацијом глицерола близу критичним условима воде [6]

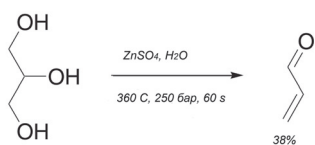


Слика 7. Добијање акролеина разградњом глицерола у хидротермалним условима: вероватни путеви по јонском механизму (А), и по радикалном механизму (Б) [6]

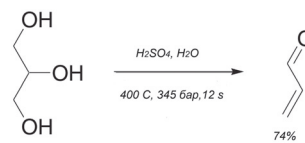
ДЕХИДРАТАЦИЈА ГЛИЦЕРОЛА У АКРОЛЕИН

Акролеин служи као градивни молекул за синтезу различитих хербицида, инсектицида, масних киселина итд. Може да се добија из глицерола

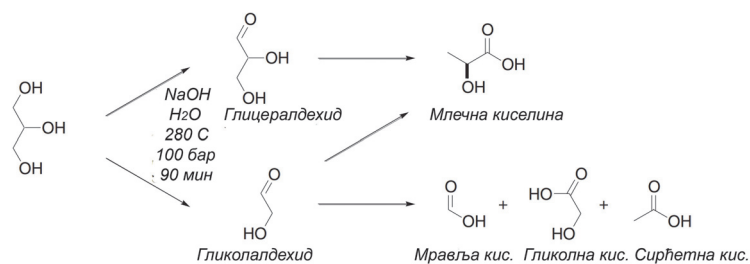
двоструком дехидратацијом, близу критичним условима. Критични параметри воде су 374°C и 220 бар, Слика 6. Ова реакција вероватно може да се одиграва по јонском механизму или по механизму радикала, Слика 7. Реакција је изведена континуално у цевном реактору. Принос акролеина је 27%. Поред акролеина добијени су следећи алдехиди: формалдехид, ацетал-



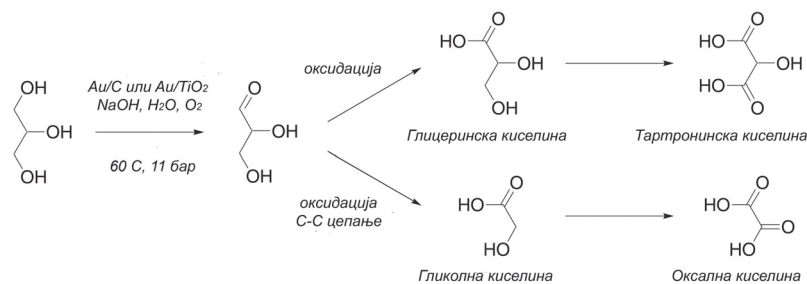
Слика 8. Добијање акролеина дехидратацијом глицерола близу критичним условима воде у присуству катализатора $ZnSO_4$ [6]



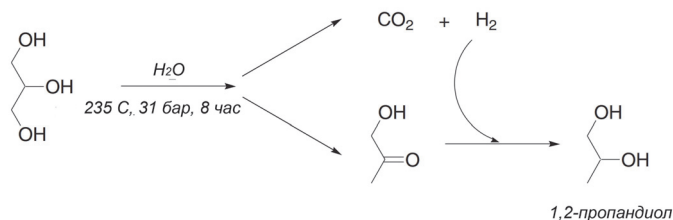
Слика 9. Добијање акролеина дехидратацијом глицерола у надкритичним условима воде у присуству катализатора H_2SO_4 [6]



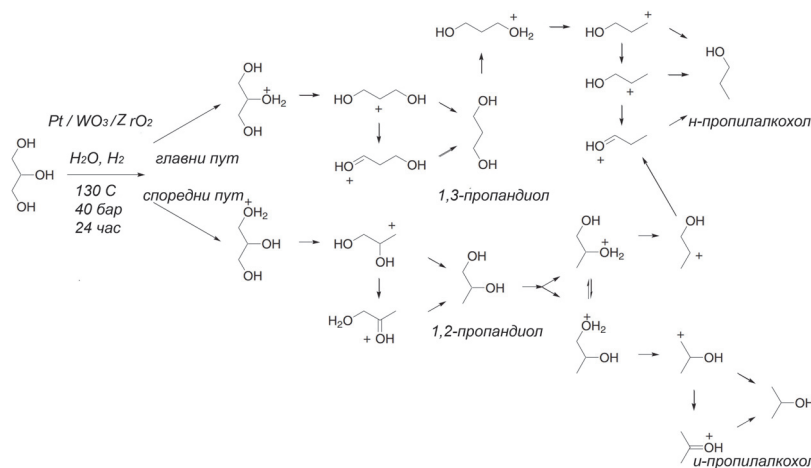
Слика 10. Добијање алдехида и одговарајућих киселина електролизом глицерола у хидротермалним условима [6]



Слика 11. Добијање одговарајућих органских киселина оксидацијом глицерола у присуству катализатора злата на носачу [6]



Слика 12. Добијање пропан-1,2-диола реформингом глицерола у воденој средини и хидролизом [6]



Слика 13. Механизми деоксигенације глицерола у присуству катализатора $Pt/WO_3/ZrO_2$ [6]

дехид, пропионалдеhid, затим алил алкохол, као и неки други производи.

Да би се повећао принос акролеина реакција може да се изводи у електролиту, такође континуално

у цевном реактору, *Слика 8*. Принос акролеина достиже 38%. Уколико се реакција изведе у надкритичним условима у присуству сумпорне киселина брзина реакција се повећава, а постигнути принос је 74%, *Слика 9*.

Акролеин може да се добија од глицерола и дехидратацијом у гасовитој фази у присуству цирконијум-фосфатног катализатора у гасовитој фази [7].

ОКСИДАЦИЈА ГЛИЦЕРОЛА -- ДОБИЈАЊЕ АЛДЕХИДА И ОРГАНСКИХ КИСЕЛИНА

Оксидација глицерола може да се изведе електрокаталитичким путем на електродама од титана у хидротермалним условима. Услови и производи су приказани на *Слици 10*.

Уколико се оксидација изводи катализатором злата на носачу у базној воденој средини у присуству катализатора злата на носачу активног угља или титандиоксида добијају се органске киселине, као што је приказано на *Слици 11* [8].

Демирел и сар. (S. Demirel et al.) [9] реферисали су о примени монометалног и биметалног катализатора злата за оксидацију глицерола у воденој средини (semi-batch-glass-reactor). Слична испитивања су вршили и Демирел-Гилен и сар. (S. Demirel-Gülen et al.) у Паровом (Parr) реактору [10].

ХИДРОГЕНОЛИЗА ГЛИЦЕРОЛА -- ДОБИЈАЊЕ ПРОПАН-1,2-ДИОЛА (1,2-ПДО ИЛИ А-ПРОПИЛЕН ГЛИКОЛ) И ПРОПАН-1,3-ДИОЛА (1,3-ПДО ИЛИ В-ПРОПИЛЕН ГЛИКОЛ)

1,2-ПДО на индустријској скали користи се за синтезу полимера, 1,3-ПДО користи се за синтезу кополиестара, адхезива, као композитни материјал, за синтезу антифриза.

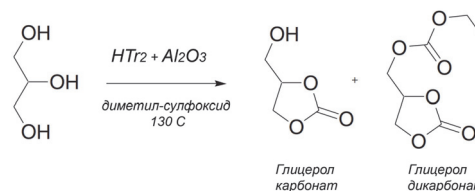
Добијање 1,2-ПДО може да се изведе континуално реформингом у течној фази (APR-Aqueous Phase Reforming) и накнадном хидрогенолизом глицерола у присуству катализатора Ni/ZnO [11] и катализатора ZnO-NiMo [12]. Направљена смеша глицерола у води (10 мас.%). Реакциони услови 235°C, 31 бар, 8 час. Важно је напоменути да се реакција одвија без спољашњег извора водоника, *Слика 12*.

Један други каталитички поступак за добијање 1,2-ПДО се изводи на катализатору Cu/MgO [13]. Уколико је садржај бакра 15 мас.% постиже се 72% конверзија глицерола, а селективност на 1,2-ПДО 97,6%. Услови реакције су 180°C и 3,0 МПа H₂. Катализатор се претходно редукује на 350°C.

О могућности добијања 1,3-ПДО реферисано је у раду [14]. Разградња глицерола се изводи у течној фази у присуству катализатора Pt/WO₃/ZrO₂ у реактору са фиксираним слојем катализатора у континуалним условима на 130°C и притиску од 40 бар, *Слика 13*.

ЦИКЛИЗАЦИЈА ГЛИЦЕРОЛА -- ДОБИЈАЊЕ ГЛИЦЕРОЛ КАРБОНАТА И ГЛИЦЕРОЛ ДИКАРБОНАТА

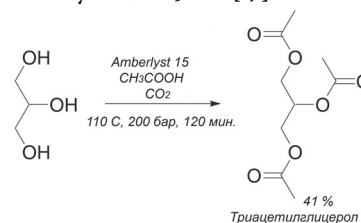
Глицерол карбонат и глицерол дикарбонат су важна интермедијерна једињења у индустрији полимера. Синтезишу се трансестерификацијом глицерола помоћу диетилкарбоната у раствору диметилсулфоксида и присуству катализатора MgAl-хидроталцита, (HTr₂) који је нанешен на носач α- и γ-Al₂O₃. Реакција је изведена у цевном реактору на 130°C. Конверзија глицерола је потпуна, а селективност на глицерол карбонат 77% [15], *Слика 14*.



Слика 14. Циклизација глицерола у моно- и дикарбонат [6]

ЕСТЕРИФИКАЦИЈА ГЛИЦЕРОЛА -- ДОБИЈАЊЕ ТРИАЦЕТИЛГЛИЦЕРОЛА (ТРИАЦЕТИН)

Триацетилглицерол побољшава вискозност биодизела и антидетонациона својства бензина. Услови синтезе дати су на *Слици 15*. Ближе у раду [16]. Глицерол моноацетат има слична својства као триацетилглицерол. Синтезише се у присуству јоноизмењивачке смоле Amberlyst 16, на 50°C [17].



Слика 15. Естерификација глицерола у CO₂ у суперкритичним условима [6]

ОЛИГОМЕРИЗАЦИЈА ГЛИЦЕРОЛА -- НИСКОМОЛЕКУЛАРНИ ОЛИГОМЕРИ

Нискомолекуларни олигомери глицерола се користе у индустрији козметике, хране и полимера. Олигомеризација глицерола може да се изводи киселим и базним хомогеним катализаторима, као и киселим и базним хетерогеним катализаторима [18].

Олигомеризација глицерола у присуству киселих хетерогених катализатора: Реакција може да се изводи на киселим зеолитима [18, 19], киселим монтморијонитним глинама [18] у интервалу температуре од 220–260°C, као и суперкиселим јоноизмењивачким смолама или полимерима [18].

Олигомеризација глицерола у присуству базних хетерогених катализатора: Реакција може да се изведе оксидима земноалкалних метала на 220°C. Активност ових оксида описан је следећим редом:

ВаО|приближно SrO > CaO > MgO, што одговара редоследу базичности ових оксида. Са ВаО постигнута је 80% конверзија глицерола, а селективност на диглицерол била је око 40% [20, 21]. Специфична површина ових оксида била је мања од 5 м²/г (док колоидног СаО је 54 м²/г). Олигомеризација глицерола применом алкалних зеолита такође је могућа. Активност ових зеолита прати следећи редослед алкалних метала: Cs⁺ > Rb⁺ > K⁺ > Na⁺ > Li⁺ [18].

Недовољна стабилност зеолитних катализатора представља општи проблем, како кисели тако и алкалних зеолитних катализатора. На повишеним температурама долази до отпуштања активне јонске врсте из структуре зеолита, те се реакција често одвија и као хомогена-и као хетерогена каталитичка реакција. Због тога селективност ових катализатора се мења, зависно од услова и дужине времена примене ових катализатора.

РЕФОРМИНГ ГЛИЦЕРОЛА -- ДОБИЈАЊЕ СИНТЕЗНОГ ГАСА ЗА ФИШЕР-ТРОПШОВУ СИНТЕЗУ УГЉОВОДНИКА

Думесиц (Dumesic) са својим сарадницима објавио је пионирски рад на тему могућности производње гаса богатог водоником из биомасе (угљенохидрата) и из њихових нуспроизвода у воденој средини каталитичким поступком [22]. Овај поступак је назван каталитичким реформингом у воденој средини, тј. "catalytic aqueous-phase reforming", у даљем тексту APR. У раду [23] Думесиц и сарадници реферишу о глицеролу, као сировини за производњу горива и хемикалија на нижим температурама. Конверзија глицерола у СО и Н₂ се одиграва према следећој једначини: C₃O₃H₈ → 3СО + 4Н₂. Ова реакција је ендотермна, и треба утрошити топлоту од 250 кЈмол⁻¹ [24, 25]. Думесиц у свом раду [23] пише да је за ову ендотермну реакцију, тј. за добијање синтезног гаса, потребно 350 кЈмол⁻¹ топлоте утрошити, што износи близу 24% од топлотне вредности глицерола (1480 кЈмол⁻¹). Уколико би се гасна смеша добијена APR користила као сировина у Фишер-Тропш синтези угљоводоника, ослободила би се топлота, пошто је Фишер-Тропш синтеза егзотерман процес. У случају да се добија чисти октан (ово узети као хипотетични пример) ослободила би се -412 кЈмол⁻¹ топлота, што представља 28% грејне вредности глицерола. Одавде следи закључак да се применом синтезног гаса који се добија APR за Фишер-Тропш синтезу ослободила би се топлота реда -62 кЈмол⁻¹. Што значи да би се процес производње вештачког горива одигравао без довођења топлоте. Уколико уместо 350 кЈмол⁻¹ топлоте за конверзију глицерола у СО и Н₂ рачунамо са правим подацима, шта је 250 кЈмол⁻¹, тада би се у збирном процесу (конверзија глицерола + Фишер-Тропш процес) ослободила -162 кЈмол⁻¹. Ова рачуница оправдава повезивање разне процесе производње СО и Н₂ из глицерола у циљу производње вештачког горива путем Фишер-Тропш синтезе [23].

У поменутом раду [23] Думесиц и сарадници реферишу и о каталитичком реформингу глицерола у течной фази у присуству катализатора платине на разним оксидним носачима (Al₂O₃, ZrO₂, CeO₂/ZrO₂ и MgO/ZrO) и на активном угљу. Притисак у систему се мењао од 1 до 20 бара, а температура од 573 К до 723 К. Количина глицерола у води била је 30% и 50%. Брзина напајања проточног цевног реактора је 0.32 цм³мин⁻¹. При притиску од 20 бара добијен је однос синтезног гаса Н₂/СО ~ 2, што одговара синтези угљоводоника према Фишер-Тропш процесу.

Ју-Чуан Лин (Yu-Chuan Lin) у свом ревијском раду [25] даје табеларни преглед објављених радова у области реформинга глицерола у течной фази. Све су то реакције испод 543 К (270^oС) и 56 бара, што значи да су то реакције које се могу остварити лако и у лабораторијским и у индустријским условима. У овом раду дат је преглед објављених радова и из области реформинга глицерола у гасовитој фази. Међутим, реформинг глицерола у гасовитој фази се одиграва на вишим температурама него у течной фази, и захтева сложенију опрему.

ПРОИЗВОДЊА ВОДНИКА ИЗ ГЛИЦЕРОЛА

Рад Вена (G. Wen) и сарадника [26] посебно је интересант зато јер производњу водоника изучава реформингом глицерола у течной фази, APR. Ова метода експериментално релативно лако може да се изведе. Као сировина користи се 10% раствор глицерола у води. Користи се проточни цевни реактор (3 цм унутрашњег пречника, 58 цм дужине) на 503 К/230^oС и 3,2 МПа / 32 бара у току 4 ч (LHSV- liquid hourly space velocity је 8.4 ч⁻¹). За реакцију примењује се 5 цм³ катализатора. Коришћени су, Ni, Со и Си катализатори на носачу различитог порекла. Пре примене катализатори су активирани *in situ* (редуковани) у струји водоника. У случају примене Pt катализатора, зависно од примењеног носача редослед активности катализатора био је: SAPO-11 < AC (активни угаљ) < HUSY < SiO₂ < MgO < Al₂O₃. Кисели носачи поред водоника омогућују стварање алкана. Изучавани катализатори показали су задовољавајућу стабилност. У раду је реферисано и о физичко-хемијским карактеристикама катализатора (XRD, N₂ адсорпција/десорпција, TPO, H₂-TPR, и H₂ хемисорпција).

У раду [27] такође су описане разни процеси за производњу водоника из глицерола: реформинг глицерола воденом паром (Steam reforming process); парцијална оксидација глицерола у гасовитој фази (Partial oxidation gasification process); ауто-термални реформинг (Auto-thermal reforming process); реформинг глицерола воденом паром у суперкритичним условима (Supercritical water reforming process). Ови процеси у лабораторијским условима много теже се остварују од реформинга глицерола у воденој фази (APR).

ПРОИЗВОДЊА ОЛЕФИНА ИЗ ГЛИЦЕРОЛА

Закариа (Zakaria) и сарадници [28] испитивали су активност Cu/ZSM-5 катализатора у реакцији конверзије глицерола у лаке олефине. Реакција је изведена у проточном кварцном цевном реактору (спољашњи пречник цеви 13 мм, дужина цеви 35 цм) у присуству редукованог Cu катализатора. Раствор 30%-ног глицерола у води, протока $0.1667 \text{ ml min}^{-1}$ уведен је у реактор у евапоризованом стању ($300\text{--}310^\circ\text{C}$) помоћу струје хелијума 10 ml min^{-1} . Сама реакција је изведена на 600°C на атмосферском притиску и WHSV (weight hourly space velocity) = 105 h^{-1} . Висока активност катализатора се тумачи синергетским дејством метала и зеолита ZSM-5. Од олефина регистровани су етен, пропен, бутен и пентен. Укупна конверзија глицерола била је 16,3%.

Закариа и сарадници у ревијском раду [29] дају табеларно, са основним процесним карактеристикама, оне радове који се односе на конверзију глицерола у олефине, страна 376, Табела 4. Аутори технологије глицерола у олефине (Glycerol to Olefins) сматрају чистијим процесима од класичних петрохемијских поступака производње олефина.

ПРОИЗВОДЊА АДТИВА ИЗ ГЛИЦЕРОЛА

Адитиви на бази глицерола пуно обећавају како у области фосилних горива (бензин, дизел) тако и у области биогорива [30]. У цитираном раду табеларно су приказани путеви добијања адитива горива MTBG, DTBG и TTBG (mono-tert-butyl glycerol ether, di-tert-butyl glycerol ether, и tri-tert-butyl glycerol ether) етерификацијом глицерола са изобутиленом. MTBG је хигроскопан и зато није погодан адитив. DTBG и TTBG побољшавају вискозност дизел горива и антидетонациона својства бензина. У овом раду су приказана и физичко-хемијска својства ових као и других адитива који се добијају на бази глицерола. Каталитички поступци синтезе (врста реактаната, услови синтезе, катализатори, принос производа и селективност процеса) приказани су такође у овом раду. Сви ови поступци експериментално релативно лако се остварују јер не захтевају посебно високе температуре нити притиске. О валоризацији глицерола у правцу добијања адитива горива има података и у радовима [31, 32].

ВАЛОРИЗАЦИЈА ГЛИЦЕРОЛА СА СТАНОВИШТА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Велике количине сировог глицерола које се јављају као последица производње биодизела могу да представљају опасност за животну средину. Гарлапати и сар. (V. K. Garlapati et al.) зато предлажу одговарајуће биотехнологије за прераду сировог глицерола о корисне производе као што су: 1,3-пропандиол, водоник, глицеринска, пропанска, лимунска, и млечна киселина, полинезасићене масне киселине, трехалоза (дисахарид), етанол, н-бутанол, и биополимери (полихидрокси-алкоаноати, полихидрокси-бутирати, и поли-

акрилати) [33]. Производи добијени биотехнолошким поступцима по правилу мање су штетне на животну средину од производа добијених класичним технологијама, посебно од оних који се заснивају на фосилним сировинама. Треба имати у виду да се у овом раду разматра глицерол који је добијен као нуспроизвод приликом синтезе биодизела, класичним каталитичким технологијама. Ове технологије данас су још увек значајно јефтиније и брже од технологија које се заснивају на примени ензима [34]. Асортиман који се добија из сировог глицерола, као што се и види из овог рада може да буде веома разноврстан. Да би се добила објективна слика о утицају наведених производа на животну средину требало би извршити детаљну анализу животног циклуса (LCA, Life Cycle Assessment) ових производа. Постоји само мали број објављених радова на овом пољу. Неки од расположивих радова су приказани са циљем да се укаже на добијене резултате у овој специфичној области заштите животне средине.

Асдрубали и сар. (F. Asdrubali et al.) су вршили анализу животног циклуса окси-горива шта је добијено етерификацијом сировог глицерола у лабораторијским условима. Добијени *ишерп*-бутил етер затим је мешан са комерцијалним дизел горивом (припремљене су мешавине са 10 и 20% *ишерп*-бутил етра). Мешавина са 20% *ишерп*-бутил етра доприноси смањењу емисије гасова стаклене баште током целог животног циклуса, тј. од синтезе етра до његовог сагоревања у мотору са унутрашњим сагоревањем [35]. Цеспи и сар. (D. Cespi et al.) су изучавали утицај производње акролеина на животну средину. Акролеин је припремљен двојачко: *i*) дехидратацијом глицерола, у присуству чврстог поликиселог катализатора ($\text{H}_4\text{SiW}_{12}\text{O}_{40}/\text{TiO}_2$) и *ii*) оксидацијом пропилена у присуству бизмут-молибденског катализатора ($300\text{--}320^\circ\text{C}$, $150\text{--}250 \text{ kPa}$). Глицерол је добијен или трансестерификацијом или хидролизом триглицерида. За процену утицаја производње акролеина на животну средину аутори су користили ReCiPe LCIA методу (LCIA, Life Cycle Impact Assessment). Ова метода омогућује процену утицаја у следећим категоријама утицаја: *i*) нарушавање људског здравља, *ii*) губитак квалитета екосистема и *iii*) потрошња ресурса. Овај метод омогућује да се резултати индикатора сваке категорије штетног утицаја конвертују у исту јединицу, Pt "eco-indicator". Резултати показују да акролеин који је добијен из глицерола трансестерификацијом триглицерида (Pt = 8,6) са становишта заштите животне средине је мање одржив од акролеина који је добијен хидролизом триглицерида (Pt = -3,8). Треба истаћи да за хидролизу триглицерида коришћени су триглицериди животињског порекла, говећи лој, те у процени одрживости ове технологије агротехнички фактори обраде земље били су само малог значаја. Еко индикатор за акролеин који је добијен парцијалном оксидацијом пропилена је (Pt = 0,31) мање оптерећује животну средину од акролеина који је добијен дехидратацијом глицерола који је припремљен трансестерификацијом

триглицерида [36]. У студији [37] дата је процена одрживости производње течних биогорива, хемикалија и енергије из глицерола који је добијен из биорафинерија. Показало се да је производња пропандиола из глицерола оправданија од производње пропандиола из фосилних сировина, али је мање оправдана од производње пропандиола из скроба. Производња етанола из глицерола је оправданија од производње етанола из биомасе (житарице, шећерна трска), али не са становишта заштите животне средине, већ са становишта рационалног коришћења пољопривредног земљишта и производње хране. Производња биогаса из глицерола, као и његово непосредно сагоревање у циљу производње енергије и топлоте је оправдана унутар биорафинерије. На постављено питање процене одрживости производње течних биогорива, хемикалија и енергије из глицерола који је добијен из биорафинерија, са становишта животне средине, ова студија не даје једнозначан одговор. Према овој студији примена биоглицерола у области прехранбене индустрије и козметике је најрационалнија.

Abstract

POSSIBILITIES OF BIOGLYCEROL CONVERSION INTO MORE VALUABLE PRODUCTS VIA CATALYSIS

Ernő E. Kiss, Radoslav. D. Mičić, Ferenc E. Kiss,
*University of Novi Sad, Faculty of Technology Novi Sad &
"Mihajlo Pupin" Technical faculty in Zrenjanin, Serbia*

The development of biodiesel industry has led to oversupply of glycerol in the world market. The researchers in the chemical industry and in the field of environmental protection are now challenged to find ways to convert bioglycerol into more valuable products via sustainable technological procedures. This paper gives a brief overview of the most important catalytic technologies to convert bioglycerol into liquid biofuels, chemicals, polymers and energy production. Wide range of chemical products obtained from bioglycerol and the possibility to produce energy justify the research in this area. Research in the field of sustainability of these technologies from the standpoint of environmental protection, however, does not provide unambiguous answers. Often technologies based on fossil raw materials provide cleaner processes than the technologies based on bioglycerol. Results of Life Cycle Assessments (LCA) have revealed that the environmental sustainability of these technologies remain an open question. It seems that the application of bioglycerol in the production of food and cosmetics is the most rational solution today.

ЛИТЕРАТУРА

1. C. A.G. Quispe, C. J.R. Coronado, J. A. Carvalho Jr.: "Glycerol: Production, consumption, prices, characterization and new trends in combustion", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2013, 27, 475-493.
2. https://www.researchgate.net/publication/264436451_Understanding_the_Glycerol_Market/figures?lo=1, Retrieved 26.02.2017.
3. F. Yang, M. A. Hanna and R. Sun: "Value-added uses for crude glycerol—a byproduct of biodiesel production", *Biotechnology for Biofuels*, 2012, 5:13, 1-10.

4. J. I. García, H. García-Marín and E. Pires: "Glycerol based solvents: synthesis, properties and applications", *Green Chemistry*, 2014, 16, 1007-1033.
5. M. Ayoub, A. Zuhairi Abdullah: "Critical review on the current scenario and significance of crude glycerol resulting from biodiesel industry towards more sustainable renewable energy industry", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2012, 16, 2671-2686.
6. C. Len and R. Luque: "Continuous flow transformations of glycerol to valuable products: an overview", *Sustainable Chemical Processes*, 2014, 2:1, 1-10.
7. H. Gan, X. Zhao, B. Song, L. Guo, R. Zhang, C. Chen, J. Chen, W. Zhu, Z. Hou: "Gas phase dehydration of glycerol to acrolein catalyzed by zirconium phosphate", *Chinese Journal of Catalysis*, 2014, 35, 1148-1156.
8. B. N. Zope, S. E. Davis, R. J. Davis: "Influence of Reaction Conditions on Diacid Formation During Au-Catalyzed Oxidation of Glycerol and Hydroxymethylfurfural", *Topics in Catalysis*, 2012, 55 (1), 24-32.
9. S. Demirel, K. Lehnert, M. Lucas, P. Claus: "Use of renewables for the production of chemicals: Glycerol oxidation over carbon supported gold catalysts", *Applied Catalysis B: Environmental*, 2007, 70, 637-643.
10. S. Demirel-Gülen, M. Lucas, P. Claus: "Liquid phase oxidation of glycerol over carbon supported gold catalysts", *Catalysis Today*, 2005, 102-103, 166-172.
11. HU Jiye, LIU Xiaoyu, WANG Bin, PEI Yan, QIAO Minghua, FAN Kangnian: "Reforming and Hydrogenolysis of Glycerol over Ni/ZnO Catalysts Prepared by Different Methods", *Chinese Journal of Catalysis*, 2012, 33, 1266-1275.
12. HU Jiye, LIU Xiaoyu, FAN Yiqiu, XIE Songhai, PEI Yan, QIAO Minghua, FAN Kangnian, ZHANG Xiaoxin, ZONG Baoning: "Physically mixed ZnO and skeletal NiMo for one-pot reforming-hydrogenolysis of glycerol to 1,2-propanediol", *Chinese Journal of Catalysis*, 2013, 34, 1020-1026.
13. Z. Yuan, J. Wang, L. Wang, W. Xie, P. Chen, Z. Hou, X. Zheng: "Biodiesel derived glycerol hydrogenolysis to 1,2-propanediol on Cu/MgO catalysts", *Bioresource Technology*, 2010, 101, 7088-7092.
14. Li-Zhen Qin, Min-Jie Song and Chang-Lin Chen: "Aqueous-phase deoxygenation of glycerol to 1,3-propanediol over Pt/WO₃/ZrO₂ catalysts in a fixed-bed reactor", *Green Chemistry*, 2010, 12, 1466-1472.
15. M. G. Alvarez, M. Plisková, A. M. Segarra, F. Medina, F. Figueras: "Synthesis of glycerol carbonates by transesterification of glycerol in a continuous system using supported hydrotalcites as catalysts", *Applied Catalysis B: Environmental*, 2012, 113-114, 212-220.
16. M. Rezayat, H. S. Ghaziaskar: "Continuous synthesis of glycerol acetates in supercritical carbon dioxide using Amberlyst 15", *Green Chemistry*, 2009, 11, 710-715.
17. T. Fukumura, T. Toda, Y. Seki, M. Kubo, N. Shibasaki-Kitakawa, and T. Yonemoto: "Catalytic Synthesis of Glycerol Monoacetate Using a Continuous Expanded Bed Column Reactor Packed with Cation-Exchange Resin", *Ind. Eng. Chem. Res.* 2009, 48, 1816-1823.
18. A. Martin, M. Richter: "Oligomerization of glycerol – a critical review", *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 2011, 113, 100-117.
19. T. Ahmed: "Zeolites as catalysts for the oligomerisation of glycerol", Bachelor's Diploma thesis, Department of physical, inorganic and structural chemistry Stockholm University, 2008
20. A. M. Ruppert, J. D. Meeldijk, B. W. M. Kuipers, B.H. Ern, B. M. Weckhuysen: "Glycerol etherification over

- highly active CaO-based materials: New mechanistic aspects and related colloidal particle formation”, Chem. Eur. J. 2008, 14, 2016–2024.
21. M. Calatayud, A. M. Ruppert, B. M. Weckhuysen: "Theoretical study on the role of surface basicity and Lewis acidity on the etherification of glycerol over alkaline earth metal oxides", Chem. Eur. J. 2009, 15, 10864–10870.
 22. R. D. Cortright, R. R. Davda, J. A. Dumesic, "Hydrogen from catalytic reforming of biomass-derived hydrocarbons in liquid water", Nature, 2002, 418, 964–967.
 23. R. R. Soares, D. A. Simonetti, J. A. Dumesic: "Glycerol as a Source for Fuels and Chemicals by Low-Temperature Catalytic Processing", Angew. Chem. Int. Ed. 2006, 45, 3982–3985.
 24. M. Gupta, N. Kumar: "Scope and opportunities of using glycerol as an energy source", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2012, 16, 4551–4556.
 25. Yu-Chuan Lin: "Review: Catalytic valorization of glycerol to hydrogen and syngas", International Journal of Hydrogen Energy, 2013, 38, 2678–2700.
 26. G. Wen, Y. Xu, H. Ma, Z. Xu, Z. Tian: "Production of hydrogen by aqueous-phase reforming of glycerol", International Journal of Hydrogen Energy, 2008, 33, 6657–6666.
 27. S. Adhikari, S. D. Fernando, A. Haryanto: "Hydrogen production from glycerol: An update", Energy Conversion and Management, 2009, 50, 2600–2604.
 28. Z.Y. Zakaria, J. Linnekoski, N.A.S. Amin: "Catalyst screening for conversion of glycerol to light olefins", Chemical Engineering Journal, 2012, 207–208, 803–813.
 29. Z. Y. Zakaria, N. A. S. Amin, J. Linnekoski: "Review, A perspective on catalytic conversion of glycerol to olefins", Biomass and Bioenergy, 2013, 55, 370–385.
 30. N. Rahmat, A. Z. Abdullah, A. R. Mohamed: "Recent progress on innovative and potential technologies for glycerol transformation into fuel additives: A critical review", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2010, 14, 987–1000.
 31. H. Serafim, I.M. Fonseca, A.M. Ramos, J. Vital, J.E. Castanheiro: "Valorization of glycerol into fuel additives over zeolites as catalysts", Chemical Engineering Journal, 2011, 178, 291–296.
 32. M. R. Nanda, Z. Yuan, W. Qin, H. S. Ghaziaskar, M.-A. Poirier, C. C. Xu: "Thermodynamic and kinetic studies of a catalytic process to convert glycerol into solketal as an oxygenated fuel additive", Fuel, 2014, 117, 470–477.
 33. V. K. Garlapati, U. Shankar, A. Budhiraja, "Bioconversion technologies of crude glycerol to value added industrial products", Biotechnology Reports, 2016, 9, 9–14.
 34. L. P. Christopher, H. Kumar, V. P. Zambare, "Enzymatic biodiesel: Challenges and opportunities", Applied Energy, 2014, 119, 497–520.
 35. F. Asdrubali, F. Cotana, F. Rossi, A. Presciutti, A. Rotili, C. Guattari, "Life cycle assessment of new oxy-fuels from biodiesel-derived glycerol", Energies, 2015, 8, 1628–1643.
 36. D. Cespi, F. Passarini, G. Mastragostino, I. Vassura, S. Larocca, A. Iaconi, A. Chieragato, J.-L. Dubois, F. Cavani, "Glycerol as feedstock in the synthesis of chemicals: a life cycle analysis for acrolein production", Green Chemistry, 2015, 17, 343–355.
 37. G. Reinhardt et al., "Sustainable and integrated production of liquid biofuels, green chemicals and bioenergy from glycerol in biorefineries: Environmental Assessment", EC funded GLYFINERY project GA no 213506, Seventh Framework Programme, Heidelberg, 2012.

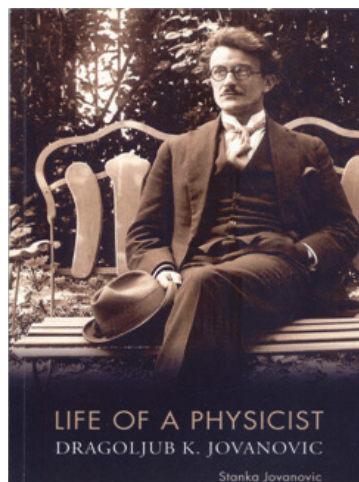


Снежана БОЈОВИЋ

ДРАГОЉУБ - ДРАГИ К. ЈОВАНОВИЋ (1891 – 1970)^{a)}

Прошле године изашла је књига Стјанке Јовановић о Драгољубу Јовановићу, значајном хемичару – физичару, код нас скоро заборављеном. Стјанка Јовановић^{b)}, снаја Драгољуба Јовановића, жена његовог сина Драшка, која је и сама била Јовановићев студенткиња, после дуге истраживања по архивима и сакупљања породичних докумената и писама, написала је одличну књигу о Драгољубу Јовановићу, с дејалном биографијом и његовом диглографском. Задовољство ми је да вас подсетим на Драгољуба Драгоја Јовановића кроз најинтересантније дејалне и фотграфске из ове књиге.

Драгољуб Јовановић је рођен је Параћину 1891. године. У Параћину је завршио основну школу; средњу школу учио је у Јагодини, Крагујевцу и Београду, где је матурирао 1910. године. Исте године уписао се на Хемичку групу Филозофског факултета у Београду (хе-



Слика 1: Књига Стјанке Јовановић о Драгољубу Јовановићу

a) Snežana Bojović на Скупштини СХД 7.11.2016.

b) Stanka Jovanović, *Life of a Physicist Dragoljub K. Jovanovic*, Oregon, 2015. Станка Јовановић живи у САД, као и сви потомци Драгољуба Јовановића.

мија, физика, физичка хемија). Године 1914, још као студент, изабран је за асистента у Државној хемијској лабораторији, код Марка Лека. Ту га је затекао Први светски рат.

Новембра 1915. заробљен је у и одведен у логор у Ашаху на Дунаву, Аустрија, где је остао до краја рата.

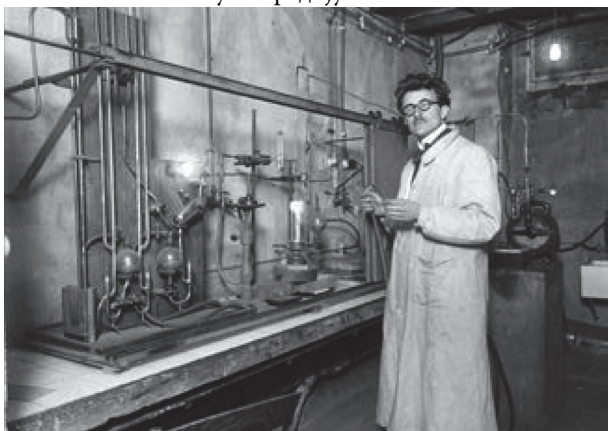
По повратку из заробљеништва завршио је студије и дипломирао са одличним успехом, као најбољи из своје генерације (15. 12. 1919). Одмах по дипломирању изабран је и постављен за асистента за хемију код Симе Лозанића.

На његову молбу, септембра 1920, одобрено му је једногодишње плаћено одсуство ради одласка у Париз, код проф. Жана Перена (Jean Baptiste Perrin)^{a)}. После одласка у Париз и разговора с Переном добио је његову препоруку за рад у новооснованом Институту за радијум, код Марије Кири.

Од јануара 1921, као истраживач, радио је у Институту за радијум следећих осам година. Институт за радијум је у то време био врхунски истраживачки центар у области радиоактивности, одлично инструментално опремљен и снабдевен са јаким изворима активности. У њему је у то време боравило тридесетак истраживача.



Слика 2: Институт за радијум



Слика 3 Д. Јовановић у Институту за радијум у Паризу

a) Заинтересовала га је Перенова књига *Les Atomes*.

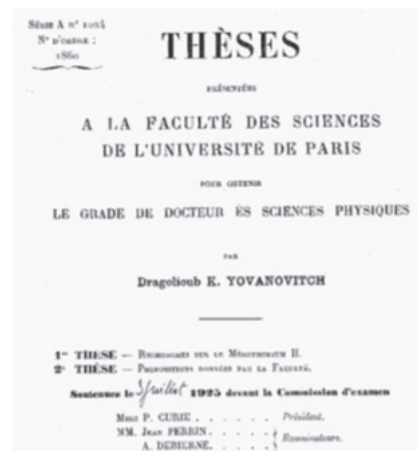
b) Његова молба за стипендију налази се у архиву Музеја Кири у Паризу.

Јовановићу је после годину дана рада у Институту истекла стипендија Београдског универзитета, а на препоруку Марије Кири добио је стипендију фондација Карнеги - Кири.^{b)}



Слика 4: Молба Д. Јовановића за доделу стипендије од Фондације Карнеги - Кири

После пет година рада, јула 1925, Јовановић је на Сорбони одбранио докторску тезу о мезоторијуму II пред комисијом чији је председник била Марија Кири а чланови Перен и Дебјерн (Andre-Louis Debierne).



Слика 5: Докторска теза Д. Јовановића (1925)

Закључци тезе били су следећи:

1. Установили смо методу хемијске сепарације мезоторијума II
2. Проучили смо хемијске особине тог елемента у односу на особине ретких метала из церијумове групе
3. Дата је студија магнетног спектра бета зрака мезоторијума II. Спектар овог елемента заокружен је већим бројем нових линија (касније потврђено радовима из лабораторије Е. Радерфорда)
4. Обелоданили смо постојање бета зрака веома велике брзине које емитује мезоторијум II, досад неуочених

5. Пружили смо једно могуће тумачење ових зракова веома велике брзине

Пре одбране тезе Јовановић је објавио десетак радова, а све укупно, за време рада на Институту за радијум, објавио је 18 радова, шест самостално и 12 са другим научницима са Института; са Маријом Кири објавио је један рад (1925).

Радови објављени у време рада у Институту за радијум

1. „Sur les propriétés chimiques du MsTh II“. – Comptes rendus de l'Académie des Sciences, Paris 1922.
2. „Préparation du sel étalon radifère“ (avec Mlle Chamié). – C. R. de l'Acad. des Sciences, 175, 266, Paris, 1922.
3. „Sur un appareil à mesurer les faibles débits de chaleur“. – C. R. de l'Acad. des Sciences, 179, 163, Paris, 1924.
4. „Sur le spectre magnétique de rayons β du MsTh II“ (avec J. d'Espine). – C. R. de l'Acad. des Sciences, 178, 1811, Paris, 1924.
5. „Sur le spectre magnétique de rayons β de grande vitesse du Ms Th_II“ (avec J. d'Espine). – C. R. de l'Acad. des Sciences, 179, 1162, Paris, 1924.
6. „Sur les rayons β de grande vitesse du Th (B + C)“ (avec J. d'Espine). – C. R. de l'Acad. des Sciences, 180, 202, Paris, 1925.
7. „Sur l'accroissement du débit de chaleur des sels de Radium par formation de Polonium“ (avec Mme Pierre Curie). – Journal de Physique, 6, 39, Paris, 1925.
8. „Recherches sur le MsTh II“. – Journal de Chimie Physique, 1, 23, Paris, 1926.
9. „Sur une méthode nouvelle pour mesurer l'absorption du rayonnement β et γ de corps radioactifs“ (avec A. Dorabialska). – C. R. de l'Acad. des Sciences, 182, 1459, Paris, 1926.
10. „Sur les rayons β lents du MsTh“ (avec Al. Proca). – C. R. de l'Acad. des Sciences, 183, 878, Paris, 1926.
11. „Zbadan nad cieplem promienowania radu“ (avec Al. Dorabialska). Rocznik chemje, 6, 569, Varšava, 1926.



Слика 6: Успомена из париских дана, ране 1920-те

12. „Kalometrijska metoda za obradivanje apsorpcije β zrakova u materiji“. – Arhiv za hemiju i farmaciju, I, 206, Zagreb, 1926.

13. „Effet calorifique de rayons β et γ du RaTh“ (avec Al. Dorabialska). – C. R. de l'Acad. des Sciences, 183, 1037, Paris, 1927.

14. „O cieple promienowania radjotoru“ (avec Al. Dorabialska). – Rocznik chemje, 7, 23, Varšava, 1927.

15. „Sur les rayons β de grande vitesse des corps radioactifs“ (avec J. d'Espine). – Journal de Physique, 8, 276, Paris, 1927.

16. „O hemijskom odvajanju RaTh“. – Arhiv za hemiju i farmaciju, 1, 89, Zagreb, 1927.

17. „Sur le rayonnement γ , β et γ et le dégagement de chaleur du Ra et MsTh“. – Journ. de Phys., 9, 879, Paris, 1928.

18. „Quelques suggestions concernant la matière et le rayonnement“ (avec T. Coppel et G. Fournier). – Edition Blanchard, Paris, 1928.

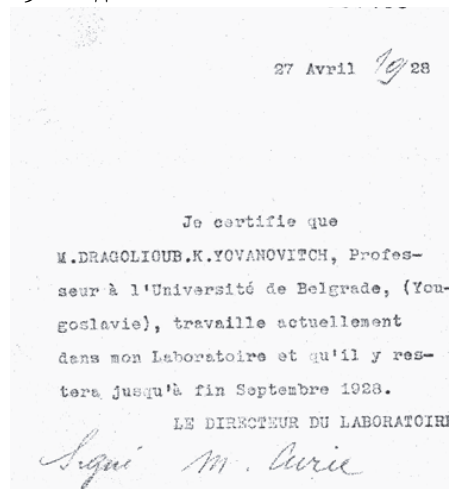
Јовановићеви радови, као и теза, изазивали су велико интересовање у то време.

У Handbuch der Experimental Physik, XV, под редакцијом Колтрауша (K. W. F. Kohlrausch), наведени су сви његови радови из тог периода.

На позив Радерфорда Јовановић је извесно време боравио у Кембриџу, где је излагао своје резултате на испитивању апсорпције врло брзих β -зрака MsTh₂. Марија Кири је користила резултате из Јовановићевог докторске тезе при изради еталона актинијума за потребе интернационалног промета радиоактивним изворима.

Године 1927. Драгољуб Јовановић је изабран за професора Медицинског факултета у Београду, али је наставио да ради у Институту у Паризу све до септембра 1928, што се види из потврде коју је написала Марија Кири:

„Потврђујем да г. Драгољуб К. Јовановић, професор Београдског универзитета (Југославија), тренутно ради у мојој лабораторији и да ће ту остати до краја септембра 1928. године.“



Слика 7: Потврда Марије Кири да ће Д. Јовановић радити у Институту до септембра 1928.



Слика 8: Радиохемијски симпозијум 1948. г. у Паризу, на Институту за радијум. Предњи ред: Карлс Колсон, Линус Паулинг, Ирена Жолио-Кири, Георг Карл фон Хевеси, н.н., н.н., Алберт и Бернар Пулман. Други ред, сасвим десно, Драгољуб К. Јовановић

У Паризу је радио до краја 1928. године, али је и по повратку у Србију сарађивао са члановима Института до почетка Другог светског рата.

У Паризу је био 17 пута, после рата први пут 1948, када је учествовао на Радиохемијском симпозијуму у Институту Кири.

Последњи пут био је у Паризу октобра 1967, када је имао 76 година. О томе је написао сину у САД:

„Добио сам позив из Париза да учествујем у слављењу стогодишњице рођења Мте Кири. Све

трошкове, авион, боравак, плаћа Француско Министарство спољних послова. Церемоније трају 24, 25, 26, и 27 октобра. Са мном путује у Париз и Др Кирић, сада професор и мој шеф. Споразумео сам се са њом да ми буде од помоћи у Паризу где морам да идем на разне пријеме. Мој је случај јединствен. Најпре ми је била шеф мадам Кири, а сада мадам Кирић!“

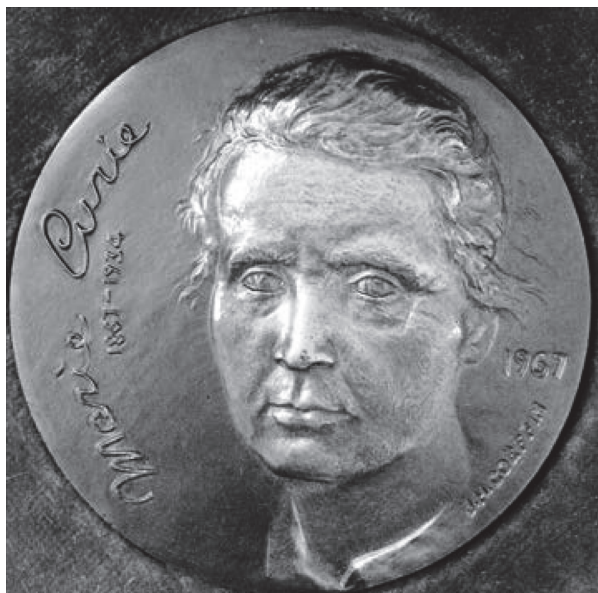
Том приликом примио је Коменоративну медаљу с ликом Марије Кири.



Слика 9: Прослава стогодишњице рођења Марије Кири (1967). У првом реду, друга слева је Ен Грикуров, супруга Пјера Жолиоа, сина Ирене Кири-Жолио. У првом реду десно седи Хелена Ленгвин Жолио, ћерка Ирене Кири-Жолио, трећа здесна је Ева Кири.



Слика 10: Д. Јовановић и Драгица Кирић (детал са слике 9)



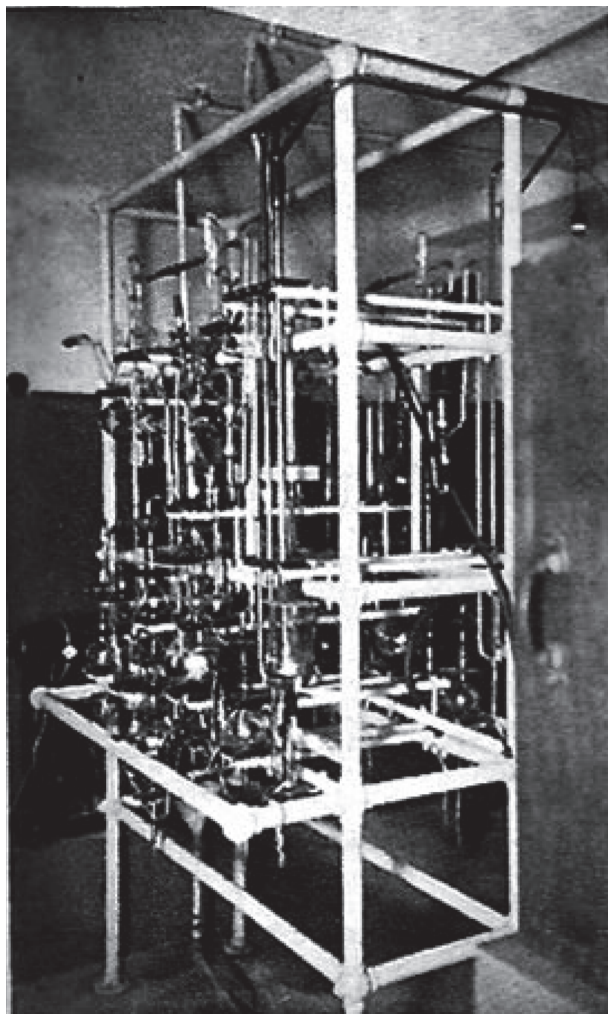
Слика 11: Комеморативна медаља с ликом Марије Кири, издата приликом обележавања стогодишњице њеног рођења, 24-27. октобра 1967, коју је примио Драгољуб Јовановић.

Дошавши у Београд Јовановић је исте године основао Институт за радиологију, који од 1970. носи његово име.

У Београду, због недостатка опреме и апаратуре коју је имао у Паризу, бавио се примењеном радиоактивношћу, утицајем зрачења на живо ткиво, аутохисто-радиографијом и сл.

Најзанимљивији и најзначајнији радови из тог периода односили су се на мерења радиоактивности термалних лековитих извора. Године 1931. објавио је у *Гласу Српске краљевске академије* рад „О радиоактивним водама Краљевине Југославије“ у коме је детаљно описао апаратуру коју је осмислио и конструисао за

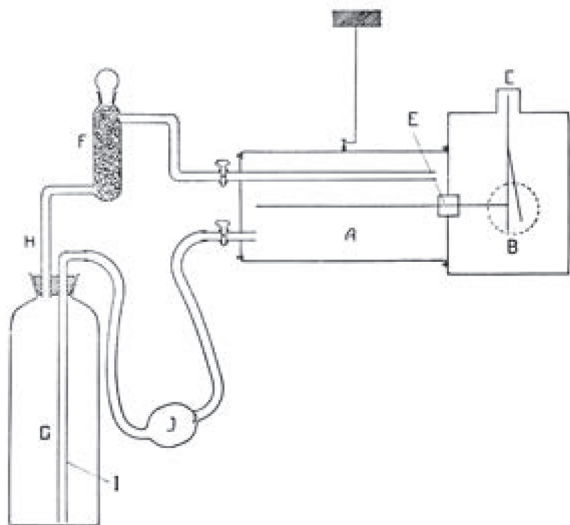
мерење, а 1936. патентирао је експериментални поступак за издвајање радона из радиоактивних вода као и уређај за извођење тог поступка.



Слика 12: Апарат за добијање радијум-еманације



Слика 13: Д. Јовановић мери радон у узорцима воде скупљеним на терену



Слика 14: Електрометар и јонизатор за мерење радона у води
Апарат осмислио и направио Драгољуб К. Јовановић (Топуско 1930)

При мерењу радиоактивности вода српских бања установио је и да је Нишка бања, омиљена бања краља Александра, радиоактивна. Краљ, желећи да га награди за ове резултате, питао га је шта може да учини за њега, а он је одговорио да жели једног асистента у Институту. Жеља му је испуњена и 1933. године Павле Савић је постављен за његовог асистента. Касније је Павле Савић, на препоруку Д. Јовановића, отишао у Париз у Институт код Ирене Кири.

После рата, крајем 1945. изабран је за професора физике на Филозофском факултету, односно од 1947. Природно-математичком факултету у Београду. Постао је шеф Катедре за физику и управник Института за физику. На Катедри за физику реорганизовао је наставу и увео низ предмета из савремених области. Пошто за те предмете није било других наставника, он је практично био једини предавач. Предавао је основни курс физике, основе теоријске физике, термодинамику, квантну механику, атомску и нуклеарну физику, неко време физичку хемију и физику чврстог тела.

Написао је више универзитетских уџбеника.

Уџбеници Д. Јовановића

За студенте физике:

- *Елементарна физика*, 1946, 1948, 1952;
- *Топлота и термодинамика (I и II)*, 1948;
- *Теоријски основи електричних и магнетних појава*, 1948;
- *Основни курс физике (I део)*, 1954;
- *Основи теорије релативитета (специјалне и опште)*, 1955.

За студенте медицине и стоматологије:

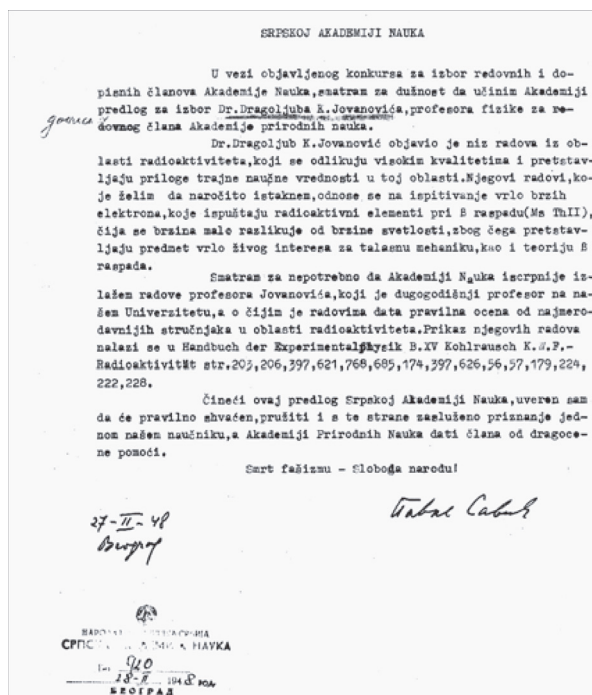
- *Основи радиологије (о раку)*, 1932;
- *Елементи физике*, 1940;
- *Физика за медицинаре и стоматологе (I део)* (са Драгицом Кирић), 1960, 1962, 1966;
- *Физика за медицинаре и стоматологе (II део)* (са Драгицом Кирић), 1961, 1966.

На Институту за физику ПМФ-а остао је до пензионисања 1961. године, а на Медицинском факултету до 1967. године.



Слика 15: Растанак са студентима испред зграде Природно-математичког факултета (1961)

Године 1948, на предлог Павла Савића, изабран је за члана Српске академије наука.



Слика 16: Писмо Павла Савића Српској академији наука у коме препоручује Драгољуба Јовановића за члана Академије. (1948)

Д. Јовановић је био духовит човек и дуго година су препричаване анегдоте о њему. У писму упућеном сину и снаји у САД описао је усељење у нову зграду ПМФ-а 1961. године на следећи начин:

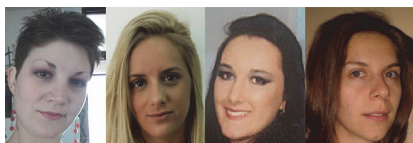
„Најзад се уселисмо у наш лабораторијум, у новој згради коју су хемичари, физикохемичари и минера-



Слика 17: Станка, Драгољуб и Драшко Јовановић на Аеродрому Мидвеј у САД, 7. октобар 1958.

лози правили за себе. Ми се први уселисмо а за нама математичари, механичари, астрофизичари и астрономи. Имамо два спрата, трећи и четврти и пењемо се дизалицом која већ сада некада не ради. Ја се у том случају враћам кући. Скоро у свакој соби налази се по једна капела и мућкалице, које употребљавају органски

хемичари. Ускоро ће од Комитета за научно истраживање бити назначено кад ће ко у својој соби да мућка. За мене је постало лако, мућкаћу Физику чврстих тела, а мућковину ћу предавати студентима на даљу употребу.“



Наташа ЈЕЛАЧИЋ, Наташа ИВАНОВИЋ, Андреа ЈОВАНОВИЋ, Невена МИЛОВАНОВИЋ (студенти IV године Хемијског факултета Универзитета у Београду е-пошта: natalija881987@yahoo.com)

ЗЕЛЕНИ ЧАЈ

Данас постоје различите врсте чаја. Познати су: воћни, са различитим укусима попут јабуке, кајсије, боровнице, затим биљни чајеви (са укусом нане, камилице...) и прави чај на који се доста обраћа пажња данас. Прави чај направљен је од биљке Цамелиа синенсис (*Camellia sinensis*), која је приказана на слици 1. Ова биљка садржи беле или розе цветове, и на свакој стабљичи налазе се по три цвета. Прави чај је први пут употребљен у Кини, користио се као лек против главобоље и астме. Данас се користи у различите сврхе. Прерада овог чаја подразумева процес ферментације. Ферментација је најважнији процес јер се у току њега многа једињења која се налазе у листу хемијски мењају, па се на тај начин мења и хемијски састав. Је-

дан од важнијих ензима који овај чај садржи је ензим полифенол оксидаза.

Међутим главну структуру листова чаја чине састојци : фенолна једињења, кофеин, аминокиселине, угљени хидрати, липиди, витамини и минерали. Ипак, најзначајнија су фенолна једињења за сам квалитет чаја, јер су већ одавно позната њихова антиоксидативна својства.

ДОБИЈАЊЕ ЗЕЛЕНОГ ЧАЈА

Зелени чај (Слика 2) настао је у Кини и коришћен је у медицинске сврхе пре скоро 4000 година. До трећег века, постало је свакодневно пиће, тада је почео његов узгој и прерада. Данас се у Кини могу наћи сто-



Слика 1. Приказ биљке *Camellia sinensis*

тине различитих врста зеленог чаја. Данас се највећа количина овог чаја производи у Јапану. Остали произвођачи овог чаја су Индонезија, Вијетнам, Кореја, Непал, Шри Ланка.

Јапанци своје чајеве не ферментишу, тако да је код њих сваки чај зелен, и они су данас највећи произвођачи зеленог чаја.



Слика 2. Зелени чај

ГАЈЕЊЕ И ЖЕТВА ЗЕЛЕНОГ ЧАЈА

Најпогоднија клима за узгој зеленог чаја је са минималним падавинама. Земљиште мора бити кисело, јер чај неће расти у алкалној средини. Оптимална pH вредност је око 5 или мање. Биљка се може узгајати на земљишту и до 2200 м надморске висине. Размножава се углавном путем полагања семена. Време најпогодније за брање чаја зависи од климатских услова.

СУШЕЊЕ

Након брања листова зеленог чаја, они се морају сушити, да би се спречила ферментација, која би могла да заустави активност. У Кини се ово сушење изводи помоћу пламена или електричног лука. Најчешће се листови чаја распостире преко великих дрвених полица и излажу сунцу и топлом ваздуху. Важно је да се листови често окрећу да би се сушење одвијало равномерно.

ОБЛИКОВАЊЕ

У већини земаља се обликовање или ваљање чаја врши помоћу машина. У Кини се ово ради ручно. Чај се ваља тако да добије различите облике, округле, из-

дужене, коврцасте. Ово има за циљ да чај добије препознатљив изглед и на тај начин се регулише природно издавање супстанци које су задужене за укус. У Јапану се сушење одвија помоћу машина. Изводи се у више етапа, од којих прва траје 48 минута. Након што је лишће већ сушено на ваздуху, убацује се у машине. Употребом машина одстрањује се највећи проценат влаге из унутрашњости листа. Кроз отворе машина убацују се листови који су претходно загрејани на ваздуху на температури око 34-36° С. Друга етапа сушења траје око 24 минута и има за циљ да се одстрани преостала влага из унутрашњости листа. Следећа етапа у поступку сушења је пребацивање лишћа у другу машину која користи одређене врсте педала унутар свог бубња која листове претвара у одређени облик, најчешће округли. Овај процес траје најчешће око 40 минута. Након обликовања, листови бивају распоређени у мале лонце, и остављају се тако да стоје око 40 минута. Процес који се изводи механички на овај начин траје много краће него да су се листови ваљали ручно. Пре испоруке чај може бити самлевен, или у неком мањем облику, одговарајуће чистоће. Све ове додатне финесе такође се одвијају механички.

Квалитет чаја одређују боја и арома које морају бити сачуване током прераде чаја. Као што је већ речено оптимална температура у току сушења, ваљања и обликовања је око 35 °С. Такође је потребно да се свеж ваздух током прераде убацује на доње машине. У Јапану се, пре испоруке, чај подвргава специјалној контроли. Испитују се листови, биљка од које је добијен, укус, боја, садржај влаге. Такође се раде хемијске анализе које укључују утврђивање садржај кофеина, минерала и витамина. Тек након добијања тих информација, процењује се квалитет чаја.

СТРУКТУРА И СВОЈСТВА ХЕМИЈСКИХ ЈЕДИЊЕНА ПРИСУТНИХ У ЗЕЛЕНОМ ЧАЈУ

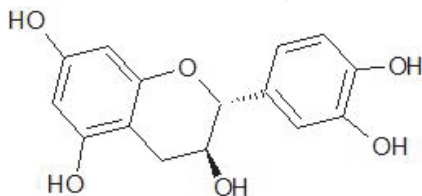
У табели 1 приказане су основне компоненте које се могу наћи у овом чају. Полифеноли су најзначајније компоненте чаја, јер оне одређују његову антиоксидативност.

Табела 1.

Компоненте у чају	% (на суву масу)
Флаваноли	25,0
Флавонолни гликозиди	3,0
Фенолне киселине	5,0
Остали полифеноли	3,0
Кофеин	3,0
Теобромин	0,2
аминокиселине	4,2
Органске киселине	0,5
Моносахариди	4,0
Полисахариди	13,0

Целулоза	7.0
Протеини	15.0
Лигнин	6.0
Липиди	3.0
Хлорофил и остали пигменти	0.5
Минерали	5.0
Испарљиве супстанце	0.1

Тачан хемијски састав зеленог чаја зависи од много фактора. Неки од њих су климатски услови, састав земљишта, положај листова, сезона чупања, прерада и складиштење. Неки фактори су важнији од других, нпр. за врхунски квалитет чаја најбоља сезона за брање је од априла до маја, а квалитет опада са каснијом жетвом. Однос између квалитета и хемијских компоненти је проучаван интензивно и то истраживање је показало да су слободне аминокиселине, кофеин и полифеноли квалитативне компоненте. Нарочито катехин (Слика 3), као главни полифенол, је познат по својој антиоксидативној активности. Дејство овог полифенола нарочито је важно у лечењу канцера, неуродегенеративних и кардиоваскуларних болести.



Слика 3. Структурна формула катехина.

Генерално најважнији катехини у листовима овог чаја су (+) - катехин (Ц), (-) - епикатехин (ЕО), (+) – галокатехин (ГЦ), (-) – епигалокатехин (ЕГЦ), (-) – епикатехин галат (ЕЦГ), (-) – епигалокатехин галат (ЕГЦГ) и (+) – галокатехин галат (ГЦГ). Антиоксидативна својства углавном зависе од броја и положаја хидроксилних група у молекулу и тиме утичу на везивање и неутрализацију слободних радикала. Садржај ових катехина приказане је у табели 2.

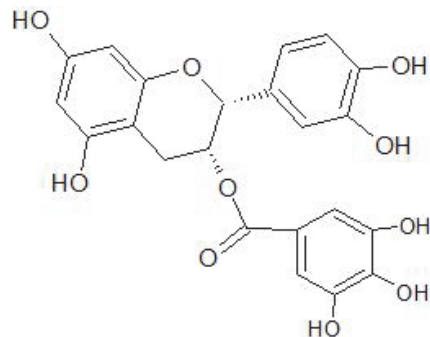
Табела 2. Подела катехина.

Катехини	% у сувој материји
(-)Епикатехин	1-3
(-)Епикатехин галат	3-6
(-)Епигалокатехин	3-6
(-)Епигалокатехин галат	9-13
(+)Катехин	1-2
(+)Галокатехин	3-4

ЕПИГАЛАКТОКАТЕХИН ГАЛАТ

Епигалактокатехин галат је естар, епигалактокатехина и галне киселине, и приказана је његова структурна

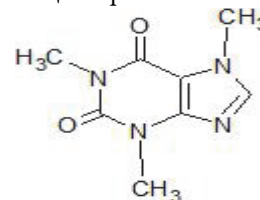
формула на слици 4. То је најзаступљенији катехин у многим чајевима, и заслужан је за многа лековита дејства. Поред тога налази се у многим дијетским суплементима. Овај естар налази се у лишћу многих биљака нарочито у белом (4245 mg на 100 g) и зеленом чају (7380 mg на 100 g) и у мањим количинама у црном чају. Током производње чаја, овај катехин се конвертује у теофлавин помоћу полифенол оксидазе. У траговима се још налази и у кори јабуке, шљиве, лука, лешника, ораха. ЕГЦГ је предмет бројних основних и клиничких истраживања, који имају за сврху испитивање потенцијалне употребе као терапеутика за широк спектар поремећаја. Његово дејство се још увек активно истражује, међутим не постоје докази да се може користити као једино и сигурно средство за лечење било које болести.



Слика 4. Структурна формула једињења епигалактокатехин галата (ЕГЦГ)

КОФЕИН

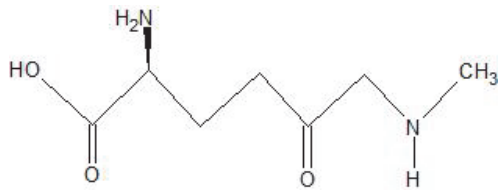
Кофеин (Слика 5) који се такође налази у листовима овог чаја је по структури пурински алкалоид, горког укуса спада у метилксантине. Када је први пут нађен у чају назван је теин, међутим убрзо је установљено да је то једно исто једињење. Поред кофеина налазе се још теофилин и теобромин. У шољици чаја налази се око 50 mg кофеина, што је приближно пола мање него у шољици кафе.



Слика 5. Структурна формула кофеина

АМИНО КИСЕЛИНЕ

Најзаступљенија аминокиселина у зеленом чају је теанин или 5-Н-етилглутамин (Слика 6). Синтеза ове аминокиселине почиње још у корену од глутаминске киселине и етиламина, касније се транспортује до листова. Поред ове киселине присутне су још и аспарагинска киселина, глутаминска киселина, серин, тирозин, глутамин, леуцин, валин, аргинин.



Слика 6. Структурна формула аминокиселине теанин.

УГЉЕНИ ХИДРАТИ И ЛИПИДИ

Од угљених хидрата може се наћи глукоза, фруктоза, рибоза и арабиноза. Од полисахарида присутни су пектин, хемицелулоза и целулоза.

Липиди се у траговима налазе у овом чају, међутим важни су јер се њиховом деградацијом добијају ароме. У младим листовима налазе се глицерофосфолипиди док се у зрелијим налазе гликолипиди. Од масних киселина присутне су линолеинска, линолна, олеинска и палмитинска.

ВИТАМИНИ И МИНЕРАЛИ

У чају се налазе витамини А, Б, Ц, Е, К, Д. У црном чају нема витамина Ц јер се он губи у поступку ферментације чаја. У чају се налази 5% минерала. Од тога половина минерала је у облику калијума. Поред њега ту су и минерали у облику калцијума, фосфора, магнезијум, натријума, бакра, бора и молибдена.

ПИГМЕНТИ

Најзаступљенији пигменти су хлорофил а и б и каротеноиди који се налазе у свежем листу. Идентификовано је 14 каротеноида у листу зеленог чаја, најпознатији су ксантофил, неоксантин, β-каротен. Од хлорофила зависи коначан изглед чаја, код црног чаја се он прерадом разграђује, а код зеленог остаје нетакнут, зато је по њему и добио назив.

ЛЕКОВИТА СВОЈСТВА ЗЕЛЕНОГ ЧАЈА

Иако су здравствене предности чаја познате већ вековима, последњих година добијени су неки од конкретнијих доказа о вредности овог напитка. Обзиром да садржи катехин, може спречити појаву рака. Истраживања су показала да област у Јапану која је редовно конзумирала овај напиток имала је нижу стопу смртности од рака за разлику од оне која није пила зелени чај.

Поред тога на животињама су урађени експерименти који су показали да заиста зелени чај смањује раст тумора. Неке од здравствених предности овог чаја су:

- Катехин из зеленог чаја такође смањује ниво холестерола и код животиња и код људи.
- Такође је утврђено његово дејство на смањење крвног притиска.
- Полифеноли утичу на сузбијање бактерија и вируса грипа, инхибира повећање шећера у крви.

- Зелени чај садржи витамине А, Е и комплекс витамин Б. Садржи флуорид па спречава каријес. Снажан је антиоксиданс због великог садржаја полифенола, нарочито ЕГЦГ.

- Британски научници извештавају да екстракт зеленог чаја може утицати на сојеве бактерија које узрокују инфекцију коже, а резистентне су на пеницилин. Такође потврђују да разблажени екстракт чаја појачава дејство антибиотика, чинећи их моћнијим у борби против инфекција.

- Неки лабораторијски тестови потврђују да катехин има инхибиторно дејство на вирус сиде.

- Многи научници стављају велики нагласак на популарност овог јапанског пића и истичу да би могао да буде нови лек данашњице.

- Аминокиселина теанин из зеленог чаја помаже при отклањању стреса, умора и раздражљивости. Ово умирујуће дејство осећа се након 40 минута од испијања чаја проузроковано је способношћу теанина да стимулише генерацију алфа можданих ћелија. Генерација алфа можданих таласа повезана је са менталном релаксацијом. Ова аминокиселина укључена је у изградњу алфа бутрилинске киселине (ГАБА), неуротрансмитер са потенцијалним анти стрес дејством. Аминокиселине су заслужне за снижавање крвног притиска.

- Једна од способности ЕГЦГ је и сузбијање алергијске реакције на самом њеном почетку јер онемогућава реакцију хистидин декарбоксилазе, који је одговоран за појаву алергија у имуном систему.

- Зелени чај убрзава метаболизам и на тај начин помаже при губитку килограма. У једном од истраживања урађено је тестирање где су испитаницима дали напиток само са кофеином и напиток са кофеином и катехином. Резултати овог истраживања довели су до закључка да су катехини заслужни за смањење килограма јер су испитаници који су конзумирали зелени чај изгубили видно на тежини за разлику од првих, који су уносили само кофеин.

- Користан је за одржавање тена и еластичности коже.

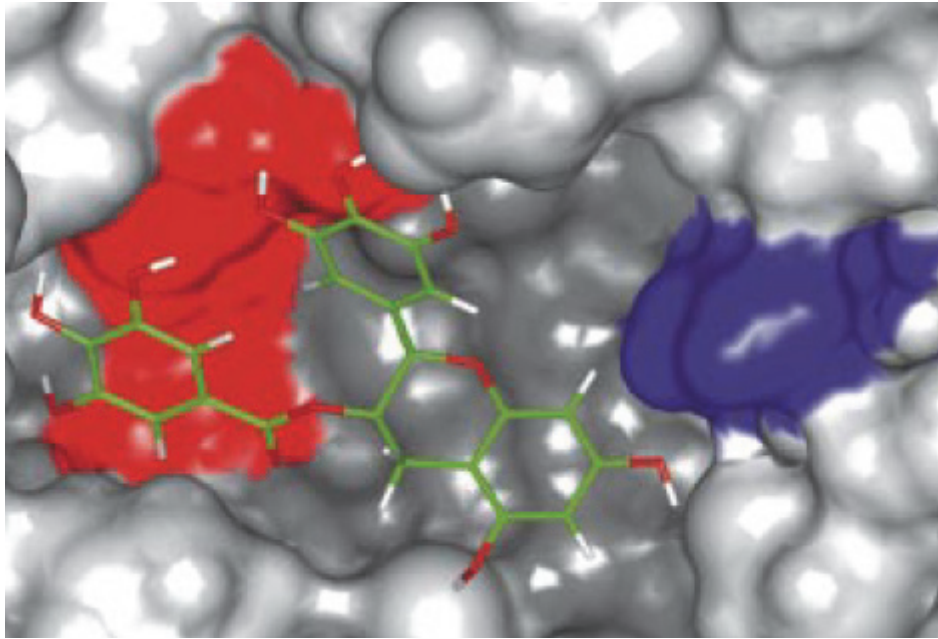
- Чува зубне десни.

- Смањује ризик од можаног удара.

- Често се мисли да претерано конзумирање чаја може да штоди али до сада није уочено никакво негативно дејство уколико конзумирате више од 3 шоље зеленог чаја дневно колико је до сада било препоручљиво, што је отприлике око 300 – 400 mg.

- Чај је важан противотров у случају тровања алкалоидима и тешким металима (танин их везује у нерастворљива једињења која се нешкодљиво одстрањују природним путем из организма).

Такође је познато тровање овим чајем које се назива теизам. Прекомерна конзумација овог чаја доводи до слабљења организма, лењости црева и несаницу. Ипак, сматра се да је чај мање токсичан у односу на кафу и да је зелени чај (неферментисан) мање штодљив.



Слика 7. Инхибиција уринокиназе ЕГЦГ-ом

НАЧИН ДЕЛОВАЊА ПОЛИФЕНОЛА ИЗ ЗЕЛЕНОГ ЧАЈА

Епидемиолошка истраживања показала су да конзумирање зеленог чаја може послужити као превенција у лечењу рака хуманих ћелија. Ова истраживања показала су да један од састојака зеленог чаја инхибира дејство уринокиназе, ензима који је заслужан за раст ћелија рака. Као што је већ поменуто зелени чај обилује полифенолима. Да би ћелије рака и форме метастазе расле потребан им је протеолитички ензим уринокиназа (уПА). Међутим, постоји инхибитор овог ензима који се налази управо у зеленом чају. Инхибиција може успорити раст ових ћелија или уклопити тумор у раној фази. Међутим мало је вероватно да се може користити као средство за лечење рака.

Истраживање које је урађено на медицинском универзитет у Охају показало је компјутерским прорачуном да је најповољније место за везивање инхибитора и ензима (уПА) место са минималним потенцијалом енергије. Полифеноли, поред осталих једињења, показују добар инхибиторски потенцијал. Једна од полифенолних компоненти која се налази у зеленом чају је епигалатокатехин галат ЕГЦГ везује се за уринокиназу, на тај начин му блокира Хис 57 и Сер 195, који су делови каталитичке тријаде, и проширује се даље ка Арг 35. Оваква локализација ЕГЦГ онемогућује уринокинази да препозна подлоге ћелија за које се иначе везује, и на тај начин бива инхибиран.

На слици је црвеном бојом представљена површина уПА, односно каталитичку тријаду Хис 57, Асп 102 и Сер 195, на дну и по ободу Арг 35, Арг А37, који су означени плавом бојом. ЕГЦГ се добро уклапа у ову шупљину. У молекулу ЕГЦГ-а зеленом бојом означени су угљеници, црвеном кисеоници а белом водоници. Такође је израчуната енергија интрамолекулске интеракције између ова два молекула и она износи 1116.81 kcalmol⁻¹.

ЗАКЉУЧАК

Популарност источњачке азијске културе, све више повећава интересовање за зелени чај, који се на овим просторима највише конзумира и истичу се многа његова лековита дејства, која су откривена од давнина. То је разлог зашто се на западу пробудило велико интересовање за овај напитака. Међутим, поставља се питање да ли пар шољица зеленог чаја у току дана, заиста може спречити одлазак код лекара?

Неколико епидемиолошких студија показале су корисне ефекте овог чаја, на пример у лечењу рака, кардиоваскуларних болести и неуродегенеративних болести.

Чај акумулира алуминијум и манган. Поред већ поменутих компоненти које се налазе у чају, он садржи и активне полифенол оксидазе које катализују аеробну оксидацију катехина, приликом производње црног чаја. Генерално гледано састав зеленог чаја је најсличнији саставу листа биљке из које се добија, осим неколико ензимских промена које су настале приликом сушења листа.

Чај који се добија из ове врсте биљке може се сврстати у три основне групе чаја, зависно од степена оксидације:

- зелени (неферментисан),
- оолонг (делимично ферментисан)
- црни (ферментисан)

Abstract

GREEN TEA

Natasa JELAČIĆ, Nataša IVANOVIĆ, Andrea JOVANOVIĆ, Nevna MILOVANOVIĆ (students of IV year at the Faculty of Chemistry, University of Belgrade)

Green tea was found in China. The main constituents of tea are phenolic compounds, caffeine, amino acids, carbohydrates, lipids, vitamins and minerals. Phenolic compounds are the most important, as they have

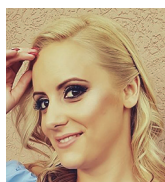
antioxidant properties. Today hundreds of different types of tea can be found in China, such as *black tea* and *oolong tea*. The differences among these teas are in the way of production. Green tea is not fermented.

The chemical composition of green tea depends on many factors. Some of them are climate, soil composition, position leaves, season plucking, processing and storage. The main polyphenol in green tea is catechin, known for its antioxidant activity. In general, the most important catechins in the tea leaves from this are (+) - catechin (C), (-) - epicatechin (EC), (+) - gallic catechin (GC), (-) - epigallocatechin (EGC), (-) - epicatechin gallate, (ECG), (-) - epigallocatechin gallate (EGCG) and (+) - gallic catechin gallate (GCG). The antioxidant properties mainly depend on the number and position of a hydroxyl groups in the molecule, and thus affect the binding and the neutralization of the free radicals. Epidemiological studies have shown that drinking green tea inhibits the growth of cancer cells.

The aim of this paper is to demonstrate many of the medicinal properties of tea, which are known since ancient times, as well as many possible benefits for humans.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] A. Balentine Douglas, C. M. Bouwens Liesbeth, A. Wiseman Sheila, *The Chemistry of Tea Flavonoids*, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, **1997**, 639-704.
- [2] A. Mitscher, Lester, V. Dolby, *The Green Tea Book: China's Fountain of Youth*. Avery Publishing Group, **1997**.
- [3] L. Lee, S. Kim, Y. Kim, Y. Kim, *Quantitative Analysis of Major Constituents in Green Tea with Different Plucking Periods and Their Antioxidant Activity*, Molecules **2014**, 19, 9173-9186.
- [4] O. Itaro. *Green Tea and Human Health*. University of Shizuoka, Japan Tea Exporters.
- [5] J. Jankun, S. Selman, R. Swiercz, *Why drinking green tea could prevent cancer*, Article in Nature, July **1997**, 561.



Наташа ИВАНОВИЋ, Студент студијског програма Настава хемије, Универзитет у Београду - Хемијски факултет, hemija2012@gmail.com

СЦЕНАРИО ЧАСА: УТВРЂИВАЊЕ ГРАДИВА О ВАЛЕНЦИ, ЈЕДНАЧИНАМА ХЕМИЈСКИХ РЕАКЦИЈА И ХЕМИЈСКИМ РЕАКЦИЈАМА АНАЛИЗЕ И СИНТЕЗЕ СА УЧЕНИЦИМА СЕДМОГ РАЗРЕДА ОСНОВНЕ ШКОЛЕ

У тексту је приказан сценарио часа утврђивања градива о валенци, хемијским реакцијама анализе и синтезе и једначинама хемијских реакција, изведен у седмом разреду основне школе.

Тема часа: Валенца, једначине хемијских реакција, хемијске реакције анализе и синтезе

Тип часа: утврђивање градива

Циљеви часа:

1. Ученици састављају једначине хемијских реакција и идентификују реакције анализе и синтезе.

2. Ученици одређују валенце елемената на основу хемијских формула.

Носећа идеја: Ученици, кроз групни рад, обнављају знања о валенци, писању једначина хемијских реакција и хемијским реакцијама анализе и синтезе, при чему се групе међусобно такмиче.

Материјал потребан за час: табла, маркер, радни листови, puzzle, кутија за киндер јаје, хамер папир са асоцијацијом, папирићи за поделу на групе, папири за лепљење на табли, фломастери.

ТОК ЧАСА

Корак 1: Кроз појучавање радној листи ученици обнављају градиво обрађено на претходним часовима

Наставник дели ученицима радни лист (Слика 1) са задацима за обнављање градива о валенци, једначинама хемијских реакција и хемијским реакцијама анализе и синтезе. За рад имају пет минута, након чега проверавају решења до којих су дошли са наставником.

Корак 2: Кроз групни рад, ученици састављају једначине хемијских реакција повезивањем делова puzzle слајалице (10 поена)

Ученици формирају групе на основу папирића са хемијским симболима елемената које извлаче из кутије за киндер јаје (Слика 2). Тако се формирају четири групе са по шест ученика:

I група - Алуминијум

II група - Гвожђе

III група - Цинк

IV група - Магнезијум

Свака група добија следеће задатке:

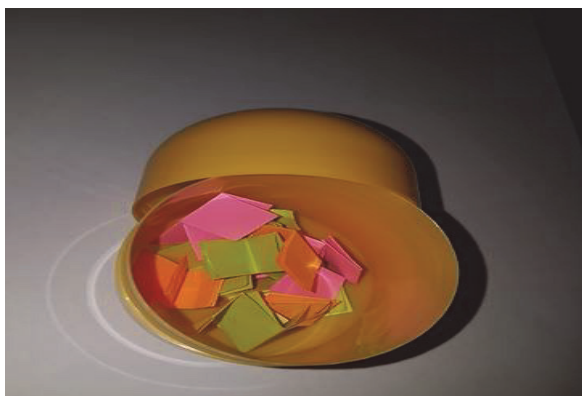
1. Напиши дефиницију хемијске реакције.

2. Доврши следеће реченице.
Полазне супстанце у хемијским реакцијама називају се _____, а њихови симболи или формуле се пишу са _____ стране хемијске једначине.
Супстанце које настају у хемијској реакцији називају се _____, а њихови симболи или формуле се пишу са _____ стране хемијске једначине.
Хемијске промене супстанци су оне промене при којима се _____ састав тих супстанци.
Хемијске једначине представљају симболички запис _____.
3. Како се назива хемијска реакција разлагања једне супстанце на две или више других супстанци?

4. Како се назива хемијска реакција у којој од две или више супстанци настаје једна супстанца?

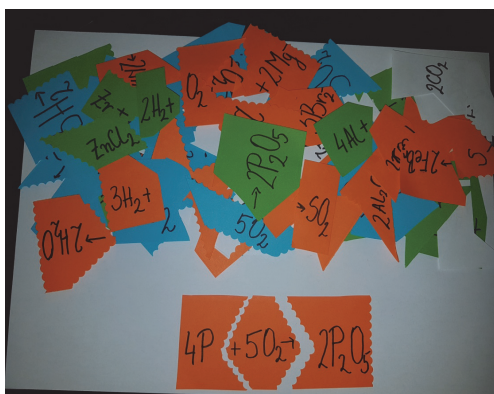
5. Напиши дефиницију валенце.

Слика 1. Радни лист



Слика 2. Кутија за киндер јаје са папирићима за поделу ученика на групе

Задатак 1: Повезивањем делова puzzle слагалице (Слика 3), састави одговарајуће једначине хемијских реакција.



Слика 3. Делови puzzle слагалице

Састављене једначине хемијских реакција чланови сваке групе пишу на папир који су добили од наставника. Када све групе заврше задатак, представник сваке групе на табли лепи папир са једначинама хемијских реакција које су чланови те групе саставили. Група која је исправно саставила све једначине хемијских реакција добија максималних 10 поена, а за сваку нетачно састављену једначину хемијске реакције укупни скор групе се смањује за један поен.

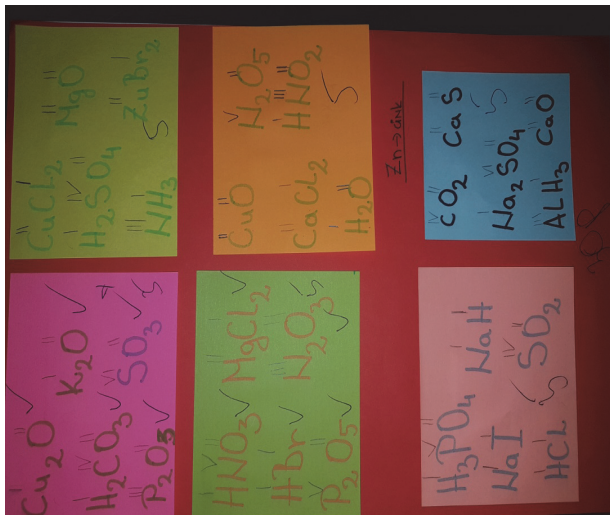
Једначине хемијских реакција које је требало да саставе групе су следеће:

- $4Al + 3O_2 \rightarrow 2Al_2O_3$
- $Zn + Cl_2 \rightarrow ZnCl_2$
- $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$
- $2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$
- $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$
- $4P + 5O_2 \rightarrow 2P_2O_5$
- $S + O_2 \rightarrow SO_2$
- $2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$
- $2Fe + 3Br_2 \rightarrow 2FeBr_3$
- $Ca + I_2 \rightarrow CaI_2$

Корак 3: Ученици одређују валенце елемената у дајим хемијским формулама

Задатак 2: Сваки ученик добија од наставника лепљиви папир на коме су написане хемијске формуле следећих једињења: HNO_3 , $ZnBr_2$, H_3PO_4 , HBr , P_2O_5 , H_2SO_4 , HCl , $CuCl_2$, H_2CO_3 , $MgCl_2$, N_2O_3 , HNO_2 ,

CaCl₂, N₂O₅, SO₂, N₂O₃, Cu₂O, P₂O₃, CuO, AgCl, NaI, MgO, K₂O и NaH. Ученици имају задатак да одреде валенце свих елемената који улазе у састав ових једињења. Када заврше са радом, папире лепе на велики папир који су добили од наставника. Након тога, представник сваке групе лепи на табли папир са залепљеним папирчићима те групе (Слика 4). Група која је тачно одредила све валенце добија максималних 30 поена, док се за свако нетачно решење одузима по један поен.



Слика 4. Папирчићи са хемијским формулама

Група која није тачно одредила све валенце најпре добија прилику да самостално исправи одговоре, а ако у томе не успе, помаже јој наставник, или чланови неке друге групе који су валенце тачно одредили.

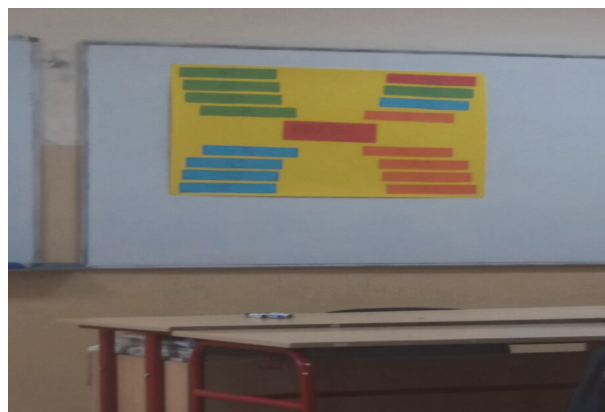
Ученици затим добијају нови задатак од наставника.

Задатак 3: Састави једначине хемијских реакција описаних речима. Затим одреди да ли је то реакција анализе или синтезе тако што ћеш заокружити назив одговарајућег типа реакције:

- а) кисеоник + водоник → вода
_____ анализа/синтеза
- б) амонијак → азот + водоник
_____ анализа/синтеза
- в) водоник-пероксид (H₂O₂) → вода + кисеоник
_____ анализа/синтеза
- г) магнезијум + кисеоник → магнезијум-оксид
_____ анализа/синтеза
- д) жива(II)-оксид (HgO) → жива + кисеоник
_____ анализа/синтеза

- ђ) гвожђе + кисеоник → гвожђе(III)-оксид
_____ анализа/синтеза
- е) алуминијум + хлор → алуминијум-хлорид
_____ анализа/синтеза
- ж) калцијум + азот → калцијум-нитрид
_____ анализа/синтеза

Када ученици заврше задатак одговоре пишу на папир који су добили од наставника. Представник сваке групе лепи тај папир на табли. Група чији су сви одговори тачни добија максималних 16 поена, а за сваки нетачан одговор губи по један поен.



Слика 5. Хамер папир на ком се налази асоцијација

Корак 4: Такмичење група у решавању асоцијације (30 поена)

Наставник лепи на таблу хамер папир (Слика 5) на коме се налази асоцијација. Свака група отвара по поље и погађа решење колоне А, Б, В и Г. Тако долазе и до коначног решења асоцијације.

Група која победи од наставника добија бомбоне.
Abstract

SCENARIO FOR THE CLASS DEVOTED TO FORTIFICATION OF KNOWLEDGE CONCERNING VALENCE, CHEMICAL EQUATIONS AND CHEMICAL REACTIONS OF ANALYSIS AND SYNTHESIS WITH SEVENTH GRADE PRIMARY SCHOOL STUDENTS

Nataša IVANOVIĆ, student of the study programme Chemical Education, University of Belgrade - Faculty of Chemistry

In the paper the scenario for the class devoted to fortification of knowledge concerning valence, chemical equations and chemical reactions of analysis and synthesis with the seventh grade primary school students is presented.



КОНФЕРЕНЦИЈА "7th EUROVARIETY - ЕВРОПСКА РАЗНОВРСНОСТ У УНИВЕРЗИТЕТСКОМ ХЕМИЈСКОМ ОБРАЗОВАЊУ"

Хемијски факултет Универзитета у Београду, у сарадњи са Српским хемијским друштвом, Универзитетом у Београду и EUChE MS - Секцијом за хемијско образовање) организовао је у Београду конференцију под називом "7th EuroVariety - Европска разноврсност у универзитетском хемијском образовању".

Главни циљ ове конференције је да се пружи прилика да се на скупу размене знања и искуства у вези са важним питањима у циљу припреме будућих студената. Жеља је да се размотре питања која се тичу универзитетског образовања у области хемије и хемијске технологије, да се боље одговори на личне потребе студената, али и потребе савременог друштва да стручњаци испуњавају услове тржишта рада.

Тема конференције "Универзитетско образовање у области хемије за изазове савременог друштва" указује на потребу за сталним преиспитивање веза између основних, магистарских и докторских студија хемије и савремених професионалних, друштвених и научних изазова.

Преко 70 учесника из 29 земаља пријавило је радове за следеће теме конференције:

- Развој универзитетских наставних програма хемије за основне, мастер и докторске студије
- Универзитетско хемијско образовање засновано на компетенцијама
- образовање у области хемије кроз партнерство универзитета и индустрије
- Лабораторијски рад као елемент решавања проблема и истраживачки заснованог универзитетског образовања у области хемије
- Етичке смернице и универзитетско образовање у области хемије за одрживи развој
- Примена ИКТ у универзитетском образовању у области хемије

- Улога курсева из историје хемије и филозофије природних наука у универзитетском хемијском образовању
- Културно наслеђе и универзитетско образовање у области хемије
- Развој наставничких компетенција универзитетских наставника хемије
- Евалуација исхода учења и проблеми праћења постигнућа студената на високошколским институцијама
- Савремено образовање наставника хемије и њихов професионални развој

Уз бројне важне активности које се одвијају на скупу овако високог ранга, планирано је да буду одржана следећа пленарна предавања:

* *Learning in the 21st century laboratory*, [Michael Seery](#), School of Chemistry, University of Edinburgh, Scotland

* *Adapting a model of participatory action research for developing chemistry teacher training*, [Silvija Markic](#) and [Yannik Tolsdorf](#), Ludwigsburg University of Education - Institute for Science and Technology, University of Bremen - Institute for Didactics of the Sciences, Germany

Веома интересантна биће и секцијска предавања:

Developing best practice in university laboratory education, [Natasa Brouwer](#), Faculty of Science, University of Amsterdam, Netherlands

Can chemistry education be informed by practice in the arts, humanities and social sciences? [Matthew J. Almond](#), Department of Chemistry, University of Reading, United Kingdom

Science problem solving and other higher-order thinking tasks: the role of selective cognitive variables, [Georgios Tsaparlis](#), Department of Chemistry, University of Ioannina, Greece

ПРОФ. ДР ИШТВАН ЖИГРАИ (1943 – 2016) РЕДОВНИ ПРОФЕСОР ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКОГ ФАКУЛТЕТА

Први изабрани асистент и наставник из области Аналитичка хемија на Универзитету у Новом Саду, дугогодишњи шеф Катедре за аналитичку хемију, продекан и декан Природно-математичког факултета и директор Института за хемију Природно-математичког факултета у Новом Саду, наш професор др Иштван Жиграи преминуо је након дуже болести 19. Јула 2016. године.

Професор др Иштван Жиграи је рођен 20. августа 1943. у Врбасу где је завршио основну школу. Средњу хемијско-технолошку школу завршио је у Суботици, а затим дипломирао на одсеку за хемију Филозофског факултета у Новом Саду 1967. године. Магистарски рад и докторску дисертацију урадио је и одбранио под менторством професора др Ивана Гала на Природно-математичком факултету у Београду 1970. и 1977. године. Након успешно одбрањене докторске дисертације, изабран је за првог доцента за научну област Аналитичка хемија на Природно-математичком факултету, а затим 1983. за ванредног и 1988. године за редовног професора. Један је од оснивача Катедре за аналитичку хемију и њен дугогодишњи руководиоца. Усавршавао се на Универзитету у Дебрецину и Сегедину у Мађарској, као и на Универзитету у Лунду у Шведској. У току студија је упознао и будућу супругу Валерију, са којом има сина Јожефа, сада признатог научника и доктора физичких наука.

Као наставник на Природно-математичком факултету, држао је и осмислио наставу из великог броја предмета на Катедри за аналитичку хемију. У свом раду је перманентно усавршавао наставни процес и усклађивао га са најновијим научним и стручним достигнућима у свету. Један је од творца студијског смера Аналитичка хемија, где је увео три нова предмета (Микрометоде у аналитичкој хемији, Органски реагенси у аналитичкој хемији и Хемија комплексних равнотежа). На докторским студијама осмислио је потпуно нови јединствен предмет у нашој земљи Хемија растопа соли. Захваљујући преданом раду у настави, професор ће остати упамћен као изванредан предавач и педагог. Дао је огроман допринос едуковању наставног кадра, учествовао је као предавач на бројним семинарима за едукацију и стручно усавршавање професора средњих школа, активно је учествовао у раду покрета „Наука младима“ и био члан жирија на такмичењима средњошколаца из хемије. Под његовим менторством урађен је велики број студентских наградних темата и радова који су најчешће награђивани првом или изузетном наградом. Био је ментор у изради 40 дипломских радова, једном специјалистичком раду, три магистарске и три докторске дисертације. Одржао је и више предавања по позиву, од тога два на универзитетима ван земље: на Универзи-



тету у Сегедину 2000. године и на Универзитету у Бечу 2001. године. 2006. године био је члан комисије за одбрану једне докторске дисертације на Универзитету у Прованси у Марсеју, Француска. На жалост, недуго затим професор се разболео, али је успео да истраје у борби против тешке болести и да задовољан својим радом и учинком на Природно-математичком факултету буде испраћен у пензију 2009. године.

Професор Жиграи је аутор пет универзитетских уџбеника, једног средњошколског уџбеника, петојезичног хемијско-технолошког речника и два превода уџбеника хемије за основну школу на мађарски језик.

У свом научном раду професор Жиграи се бавио истраживањима из области аналитичке хемије, пре свега одређивањима у неводеној средини, затим хемијом растопљених соли и реакцијама грађења комплекса у њима. Зачетник је истраживања из области растопа соли и неводене средине на Природно-математичком факултету у Новом Саду, где је оформио веома успешну групу која је ова истраживања наставила и касније унапредила. Посебно треба истаћи истраживања из области тзв. водених растопа соли којима је дао изузетан допринос познавању веома концентрованих раствора електролита, као и радове из области примене растопа соли као материјала за складиштење енергије и њихов велики практичан значај. Учествовао је у реализацији 16, а као руководиоца 5 научних пројеката. У сарадњи са Политехничким факултетом Универзитета у Прованси из Марсеја, руководио је једним међународним пројектом. Објавио је преко 150 научних радова, од чега је више од половине публиковано у међународним часописима.

Био је члан многобројних стручних и научних асоцијација и удружења, као што су Српско хемијско друштво, Научно друштво војвођанских Мађара и Јавно тело Мађарске академије наука. Био је председник Комисије за полагање стручног испита за професоре хемије при Просветно-педагошком заводу Војводине, председник Комисије за биологију и хемију Просветног савета Војводине и члан редакције часописа Хемијски преглед. Добитник је повеље Природно-математичког факултета у два наврата (1979. и 1985.) и награде за животно дело 2008. године Удружења универзитетских наставника и научника Војводине.

Његова истраживања и педагошки рад су били оно што је волео и радио пуним срцем. За свој посао је и сам рекао да му је био најдражи хоби. Управо такав, скроман, али добар наставник и успешан научник остаће упамћен у нашој јавности.

Слободан Гацурић
Биљана Абрамовић