

ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД

год. 58

YU ISSN04406826

бр. 4-5 (септембар-
новембар)

UDC 54.011.93

ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД CHEMICAL REVIEW



број 4-5

Годиште 58 септембар-новембар

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

Volume 58
NUMBER 4-5
(September-November)

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](http://RatkovicDesign.com)
www.ratkovicdesign.net
office@ratkovicdesign.net

САДРЖАЈ

Марта СПАСИЋ, Дејан М. ОПСЕНИЦА
Marta SPASIĆ, Dejan M. OPSENICA
УМЕТНИК ХЕМИЈСКЕ СИНТЕЗЕ: РОБЕРТ БЕРНС ВУДВОРД
(ROBERT BURNS WOODWARD), 1917–1979.
THE ARTIST OF CHEMICAL SYNTHESIS: Robert BURNS
WOODWARD, 1917–1979. 86

Иван ГУТМАН, Горица ЂЕЛИЋ
Ivan GUTMAN, Gorica ĐELIĆ
КАМФОР
CAMPHOR 93

Снежана РАДИСАВЉЕВИЋ, Ана РИЛАК СИМОВИЋ
Snežana RADISAVLJEVIĆ, Ana RILAK SIMOVIĆ
РЕОЛОГИЈА ХРАНЕ СА КРАТКИМ ОСВРТОМ НА
ЗАГАЂИВАЊЕ ХРАНЕ ТОКСИЧНИМ МЕТАЛИМА
FOOD RHEOLOGY WITH A BRIEF OVERVIEW OF TOXIC
METAL CONTAMINATION 96

ВЕСТИ из ШКОЛЕ / ВЕСТИ за ШКОЛЕ

ИЗВЕШТАЈ О УЧЕШЋУ СРБИЈЕ НА 49. МЕЂУНАРОДНОЈ
ХЕМИЈСКОЈ ОЛИМПИЈАДИ 104

ПРАВИЛНИК О ТАКМИЧЕЊУ ИЗ ХЕМИЈЕ УЧЕНИКА
ОСНОВНИХ ШКОЛА 104



УВОДНИК

Овај број (4, 2017) би требало, по традиционалној нумерацији, да је изишао септембра месеца, тј. требало би да је то први број *Хемијској иреџеда* који излази после летањег одмора 2017. године. У стварности штампано га тек почетком 2018. године. Проблем је исти онај који мучи *Хемијски иреџед* већ пар година, а то је да у Редакцију не пристиже довољан број радова. О томе смо писали у текорећи сваком Уводнику *Хемијској иреџеда* током претходне две године. Са доласком новог председника СХД, која је предузела неке мере у оквиру СХД, верујем да су проблеми ове врсте иза нас и да неће више бити заклањавања због оскудице радова. Као бисмо решили проблем заостатка, овај број излази као двоброј 4-5 (септембар-новембар), а наредни бројеви ће излазити као појединачни, док не „ухватимо корак“.

Ове године навршава се сто година од рођења једног од најзначајних органских хемичара двадесетог века, Роберта Бернса Вудворда. Професор Вудворд је оставио изузетно дубок и трајан траг у области органске синтезе и остао упамћен као зачетник тоталне синтезе сложених природних производа. Током изузетно усешне научне каријере, Вудворд је извршио тоталне или формалне синтезе великог броја природних производа, разноврсних по структури и сложеност. Од њих се посебно издвајају синтезе: кинина, цефалосорина Ц, витамина Б₁₂, стрихнина, стероидних једињења, хлорофила и резерпина. За успех који је постигао у истраживању и за допринос на пољу органске синтезе, професор Вудворда је био добитник шеснаест награда од којих се свакако издваја Нобелова награда за хемију 1965. године за синтезу комплексних органских једињења. Називан једним од најгенијалнијих хемичара од стране својих савременика, Вудворд је највећи успех остварио на пољу тоталне синтезе природних производа и одређивања њихове структуре, при чему се његов приступ тоталној синтези одувек сматрао елегантним и уметничким. У тексту под насловом „*Уметник хемијске синтезе: Роберт Бернс Вудворд (Robert Burns Woodward), 1917–1979.*“, од аутора **Марте Спасић** и **Дејана М. Опсенице** (Хемијски факултет и Институт за хемију, технологију и металургију, Универзитета у Београду) описан је допринос Роберта Вудворда органској синтези, значај његових најважнијих открића и преглед тоталне синтезе резерпина.

Иван ГУТМАН и **Горица ЂЕЛИЋ** (са Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу) у чланку под насловом „*Камфор*“ описали су интересантне податке о том хемијском једињењу који се већ јако дуго времена користи у хуманој медицини. До пре једног века камфор је био један од најважнијих кућних лекова, који сте могли употребљавати без да консултујете лекара, нешто попут данашњег аспирина и бенседина. Због тога су аутори у овом чланку подсетили на камфор, са нагласком на његову (некадашњу) медицинску употребу као и

друге улоге које је играо у свакодневном животу. Камфор је главни састојак етарског уља које се добива дестилацијом коре, корена и листова камфоровог дрвета, камфороваца. Камфоровац или камфорово дрво је зимзелено дрво висине од 15 до 45 метара. Потиче са острва Борнео и Суматра, расте у Индонезији, Кини, Јапану, Тајвану, Вијетнаму, Мадагаскару, а пренесен је и у Америку, Европу, Аустралију. Камфоровац мора бити стар бар педесет година, да би се од њега добио камфор.

На средини прошлог века наука о храни почиње да се изучава као поље примењене хемије, док се касније додају и хигијенски аспекти. Данас знање о хемији и микробиологији хране расте захваљујући обимним систематским студијама разних поља науке. Као једна од јако битних дисциплина која се бави физичким својствима намирница и сировина од којих се оне добијају нешто касније у проучавању хране појављује се реологија. Данас се улажу велики напори како би се и реологија хране детаљније испитивала и постала призната на светском нивоу. Тренутно се испитивање реологије хране развија споро и скоро у тајности. У раду „*Реологија хране са крајњим осврћом на зајачивање хране њоксичним металима*“ које су написали **Снежана Радисављевић** и **Ана Рилак Симовић** (Природно-математички факултет, Универзитет у Крагујевцу) аутори су описали шта би у храни могло бити у фокусу реологије: текстурa, течљивост, вискозност, порозност, пластичност, еластичност, жилавост, хрскавости бројна друга реолошка својства.

У Након Патому (Тајланд) је од 6. до 15. јула 2017. одржана 49. Међународна хемијска олимпијада, на којој је учествовало 296 такмичара из 76 земаља. То је било шесто учешће Србије на овом, најугледнијем такмичењу из хемије ученика средњих школа. У рубрици *Вести из СХД* наћи ћете **Извештај о учешћу србије на 49. Међународној хемијској олимпијади** на коме су учествовали ученици у организацији Српског хемијског друштва. Сви наши ученици су освојили медаље – сребрну медаљу.

СХД је, као организатор такмичења из хемије, још деведесетих година прошлог века имао правилних на основу којих су се одвијала сва ученичка такмичења, У међувремену су се дешавале поправке и ситније измене тог правилника. У овом броју Хемијског прегледа доносимо вам интегрални текст **Правилника о такмичењу из хемије ученика основних школа** који је направљен у складу са важећим Стручним упутством о организовању такмичења, а у који су унете све досадашње измене, укључив и неке најновије, усвојене крајем 2017. године. Правилник се односе на све нивое такмичења: школско, општинско, окружно (градско, међуокружно) и републичко.

Ратко М. Јанков



ЧЛАНЦИ



Марта СПАСИЋ¹, Дејан М. ОПСЕНИЦА²,

¹ Хемијски факултет, Универзитет у Београду, Студентски трг 12-16. П.фах 51, 11158, Београд (martaspasic@yahoo.com)

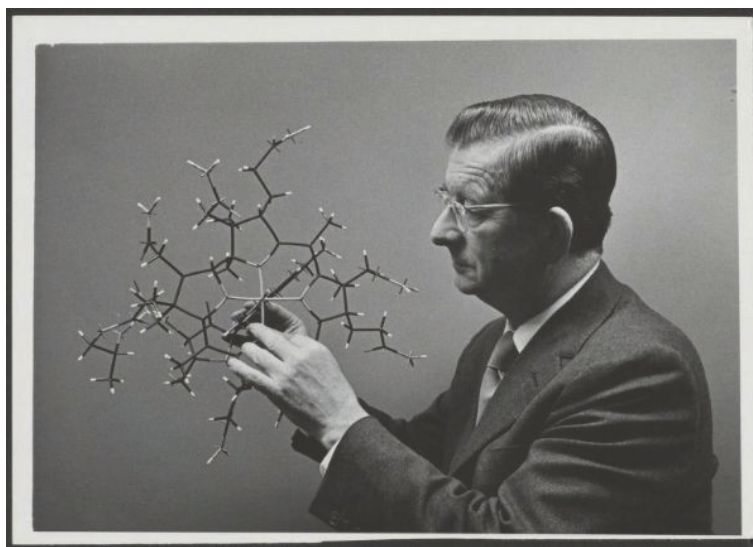
² Институт за хемију, технологију и металургију, Универзитет у Београду, Његошева 12, П. Фах 47, 11000 Београд (dopsen@chem.bg.ac.rs)

УМЕТНИК ХЕМИЈСКЕ СИНТЕЗЕ: РОБЕРТ БЕРНС ВУДВОРД (ROBERT BURNS WOODWARD), 1917–1979.

Свака година свету науке доноси нешто ново, али и прилику да се присетимо оних који су својим радом изменили науку свог доба и чијих се имена присећамо са поштовањем и деценијама након њихове смрти.

2017. година хемичарима је посебна због тога што се у њој обележава сто година од рођења Роберта Бернса Вудворда, једног од најзначајнијих органских хемичара XX века. Називан једним од најгенијалнијих хемичара од стране својих савременика, Вудворд је највећи успех остварио на пољу тоталне синтезе природних производа и одређивања њихове структуре, при чему се његов приступ тоталној синтези одувек сматрао елегантним и уметничким. За успех који је постигао у истраживању и за допринос на пољу органске синтезе, професор Вудворд је 1965. године награђен Нобеловом наградом.

Рођен 10. априла 1917. године у Бостону, Масачусетс, одгајан од стране самохране мајке, Вудворд је већ јако млад испољио интересовање за хемију и математику. Користио је све расположиве ресурсе да би дошао до актуелне литературе и да би се бавио експерименталним радом. Студије хемије започео је 1933. године, са свега 16 година, на Масачусетском институту за технологију и својим знањем је био толико испред својих колега да му је, подршком професора који су препознали његов потенцијал, дозвољено да студије заврши убрзано и да се индивидуално посвети истраживању литературе и лабораторијском раду. [1] „Видели смо да је у питању особа изузетног ума и желели смо да му омогућимо да функционише најбоље што може. Зарад тога смо пристали да заобиђемо бирократска правила која су обични студенти морали да



Harvard University, Harvard University Archives, W294150_1

Слика 1. Професор Роберт Бернс Вудворд са моделом витамина B_{12} , чију је синтезу у сарадњи са Албертом Ешенмозером успешно остварио 1973. Преузето са сајта <http://oasis.lib.harvard.edu/oasis/deliver/~hua06001>

поштују“ , рекао је Ј. Ф. Норис, тадашњи Вудвордов професор органске хемије. [2] И био је у праву. Вудворд је успео да заврши основне студије и стекне докторат за 4 године, тачније 1937, када је имао свега 20 година. [3]

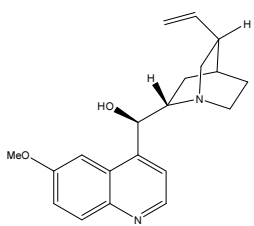
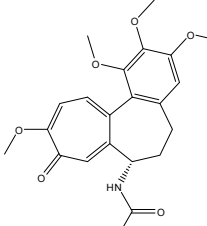
Имајући на уму успех који је остварио као органски хемичар, тешко је замислити да је Роберт Вудворд икада размишљао о другој каријери. Међутим, он је био фасциниран и математиком, архитектуром и поезијом, што је дефинитивно дало лични печат Вудвордовом раду, начину на који је размишљао, писао и излагао другима своје мисли. „Одувек ме је веома привлачила математика, накратко сам размишљао о томе да престанем да се бавим хемијом и окренем математици. Веома сам уживао у формалној и теоретској лепоти математике, као и у прецизности и елеганцији математичких трансформација и релација... Међутим, математика не покреће чула попут хемије, а то је оно што ме веома привлачи у хемији. Волим кристале, лепоту њиховог облика и начина на који настају; течности, спокој са којим дестилују, њихово комешање! Паре, мирисе – пријатне и непријатне, читав спектар боја; искричаве судове свих величина, облика и намена...“ [4] Ове Вудвордове речи донекле показују какав је однос имао према свом раду и због чега је живот и безбројне сате у лабораторији посветио хемији.

У периоду од 1940. до 1942. године Вудворд је поставио темеље своје научне каријере радом на корелацији апсорпције ултравиолетног зрачења и структуре α,β -незасићених кетона и коњугованих диена, из ког су формулисана Вудворд-Физерова (Woodward-Fieser) правила. Две године потом, 1944, заједно са Вилијамом Дерингом (William von Eggers Doering) Роберт Вудворд је објавио рад о тоталној синтези кинина, што је уједно била и Вудвордова прва изведена и

објављена тотална синтеза. [3] Може се рећи да је Вудворд тиме започео једно потпуно ново раздобље у свету органске хемије, „Вудвордовску“ еру органске синтезе. Док су током XIX^a) и почетком XX^b) века постављани темељи тоталне синтезе природних производа [5], током Вудвордовог живота, захваљујући његовом раду, раду његових савременика, теоријским и експерименталним открићима и развоју инструменталних техника, тотална синтеза подигнута је на сасвим нови ниво. Допринос Роберта Вудвордова на пољу тоталне синтезе је изузетно велик; током своје каријере Вудворд је био аутор и коаутор 196 публикација, од чега је 85 било у форми научних радова. [3] Вудворд и његови сарадници успели су да синтетички најизазовнијих природних производа: кинин (1944) [16, 17], пагулин (1950) [18], холестерол и кортизон (1951) [19], ланостерол (1954) [20], лизергинска киселина (1954) [21, 22], стрихнин (1954) [23, 24], резерпин (1958) [25, 26, 27], хлорофил а (1960) [28, 29], колхицин (1965) [30], цефалоспорин Ц (1966) [31], витамин B₁₂ (1973) [32, 33, 34, 35], еритромицин А (1981) [36, 37, 38]. [5] Структуре одабраних једињења синтетисаних од стране Вудворда и његових сарадника приказане су у табели 1.

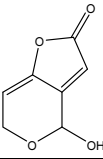
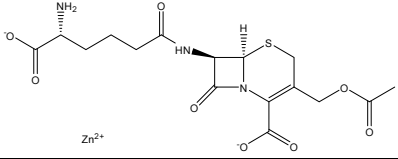
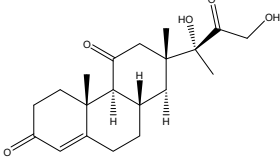
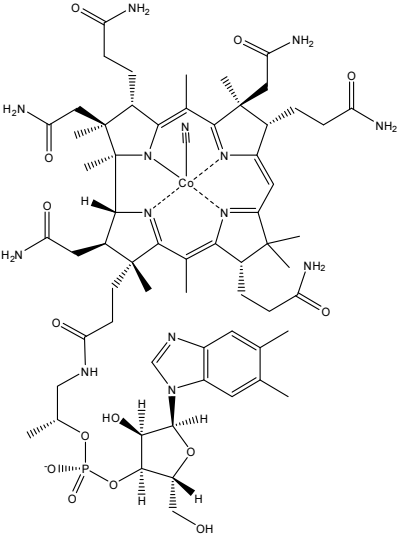
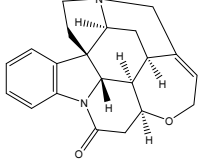
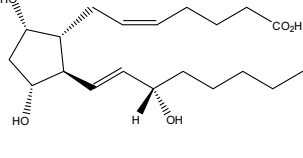
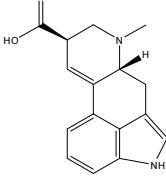
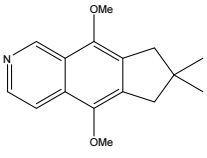
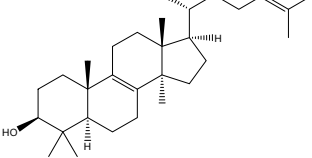
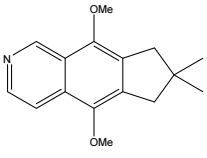
Изузетна достигнућа на пољу тоталне синтезе наставила су се и у периоду после Вудвордовог живота. Е. Џ. Кори и многи Вудвордови савременици успели су да покажу да скоро да не постоји молекула који је природа створила, чија структура се не може, применом научних принципа и одговарајућих синтетичких стратегија, савладати у лабораторији. У другој половини XX века број остварених тоталних синтеза и сложеност структура овако добијених производа заиста је био невероватан, а примена тоталне синтезе у медицини и биологији постаје све значајнија.

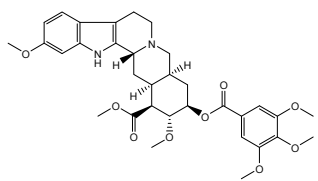
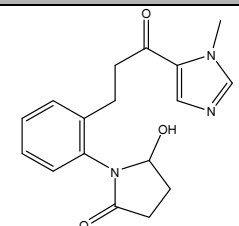
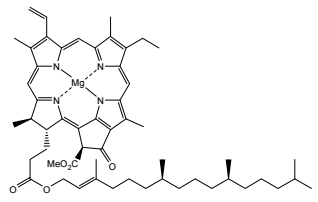
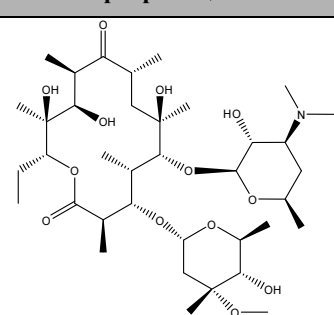
Табела 1. Структурне формуле одабраних природних производа синтетисаних од стране Р. Б. Вудворда и његових сарадника.

Кинин		Колхицин	
			
Година	1944.	Година	1965.
Тип синтезе	Тотална синтеза	Тип синтезе	Тотална синтеза
Број корака ^a	17	Број корака	
Литература	16, 17	Литература	30

a) Уреа (Wöhler, 1828) [6], сирћетна киселина (Kolbe, 1854) [7], ализарин (Graebe i Liebermann, 1869) [8], индиго (Baeyer, 1878) [9], глукоза (E. Fisher, 1890) [10]

b) α -терпинеол (Perkin, 1904) [11], тропинон (Robinson, 1917) [12], хемин (H. Fisher, 1929) [13], пиридоксин хидрохлорид (Folkers, 1939) [14], еквиленин (Bachmann, 1939) [15]

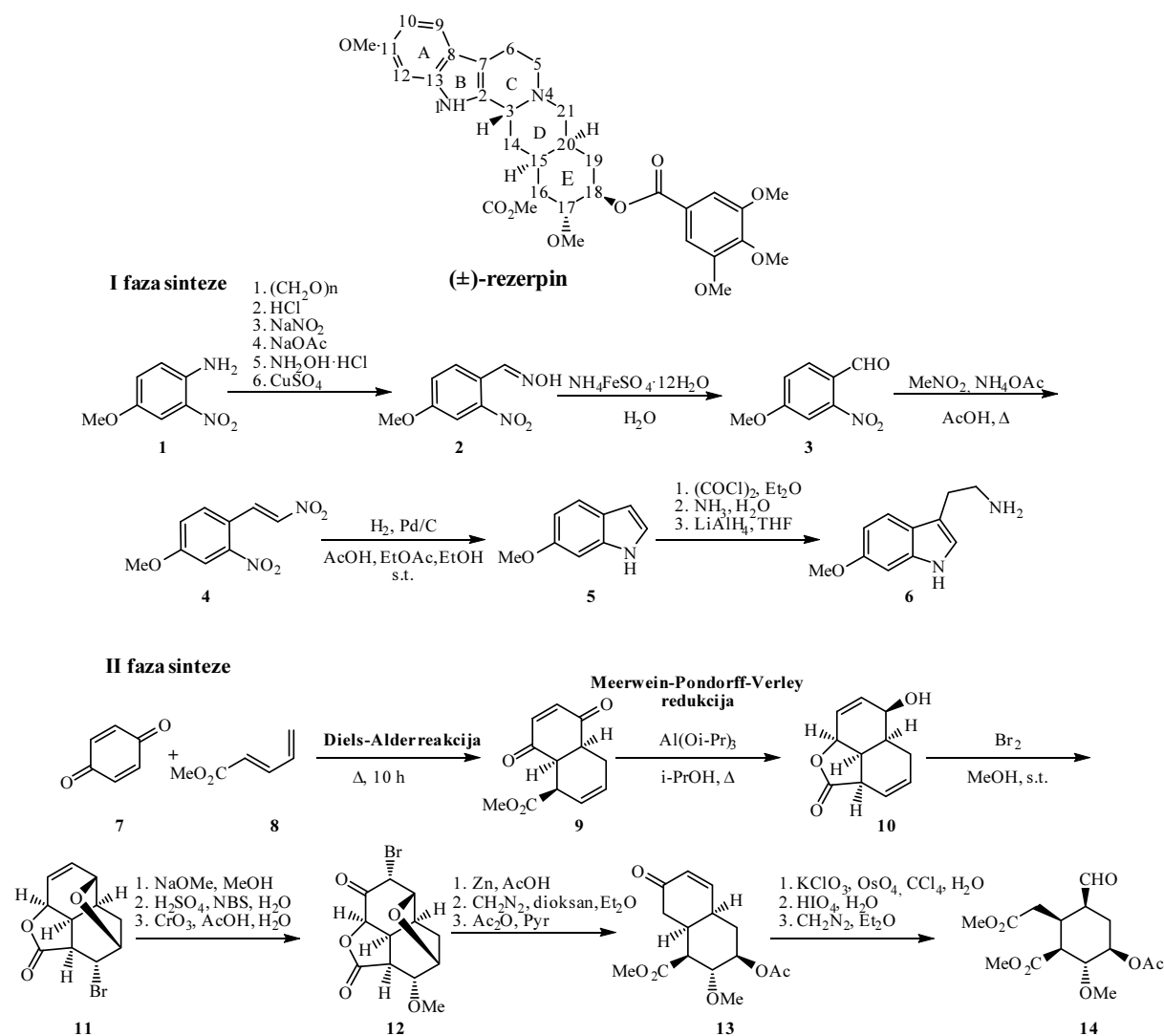
Патулин		Цефалоспорин Ц	
			
Година	1950.	Година	1966.
Тип синтезе	Тотална синтеза	Тип синтезе	Тотална синтеза
Број корака		Број корака ^a	19
Литература	18	Литература	31
Кортизон		Витамин Б ₁₂	
			
Година	1951.	Година	1973.
Тип синтезе	Тотална синтеза	Тип синтезе	Формална синтеза
Број корака		Број корака ^a	72
Литература	19	Литература	32, 33, 34, 35
Стрихнин (1954)		PGF _{2α}	
			
Година	1954.	Година	1973.
Тип синтезе	Тотална синтеза	Тип синтезе	Формална синтеза
Број корака ^a	29	Број корака ^a	14
Литература	23, 24	Литература	39
Лизергинска киселина		Илудинин	
			
Година	1954.	Година	1973.
Тип синтезе	Тотална синтеза	Тип синтезе	Формална синтеза
Број корака ^a	14	Број корака ^a	14
Литература	21, 22	Литература	39
Ланостерол		Илудинин	
			

Година	1954.	Година	1973.
Тип синтезе	Формална синтеза	Тип синтезе	Тотална синтеза
Број корака		Број корака ^a	15
Литература	20	Литература	40
Резерпин		Изолонгистробин	
			
Година	1958.	Година	1973.
Тип синтезе	Формална синтеза	Тип синтезе	Тотална синтеза
Број корака ^a	28	Број корака	
Литература	25, 26, 27	Литература	41, 42, 43
Хлорофил а		Еритромицин А	
			
Година	1961.	Година	1981.
Тип синтезе	Формална синтеза	Тип синтезе	Тотална синтеза
Број корака ^a	49	Број корака ^a	50
Литература	28, 29	Литература	36, 37, 38
^a Податак преузет са сајта https://www.synarchive.com/ (05.12.2017.)			

Ипак, велики број успешно остварених тоталних синтеза није једино што Вудвордов рад чини изузетним. Вудвордов приступ синтезама структурно сложених молекула је јединствен, револуционаран, прецизан и окарактерисан веома елегантним трансформацијама и синтетичким стратегијама. Иако је професор Елијас Џ. Кори (Elias James Corey) нешто касније увео концепт ретросинтетичке анализе, и Вудворд је примењивао исти принцип, али више интуитивно: анализирајући сложене молекуле до једноставних прекурсора и, користећи изузетно велико знање о синтетичким методама, повезивао је добијене делове у комплетну слику. Такође, увиђао је колико су савремене инструменталне методе анализе и пречишћавања

органичких супстанци користан алат, и врло вешто се њима служио током синтеза једињења и додатно је подстицао колеге да следе његов пример.

Оно што тоталну синтезу природних производа чини посебно изазовном јесте стереохемијска контрола реакција и добијање производа задате апсолутне конфигурације. Вудворд је кроз свој рад испољио изузетан таленат у предвиђању стереохемијског исхода и осмишљавању синтетичких стратегија које су водиле добијању жељеног изомера. То своје умеће Вудворд је врло вешто применио у тоталној синтези резерпина, молекула са шест хиралних центара, која и данас важи за једну од најелегантнијих Вудвордових синтеза (слике 2 и 3). Примена Дилс-Алдерове (Diels-Alder) реак-

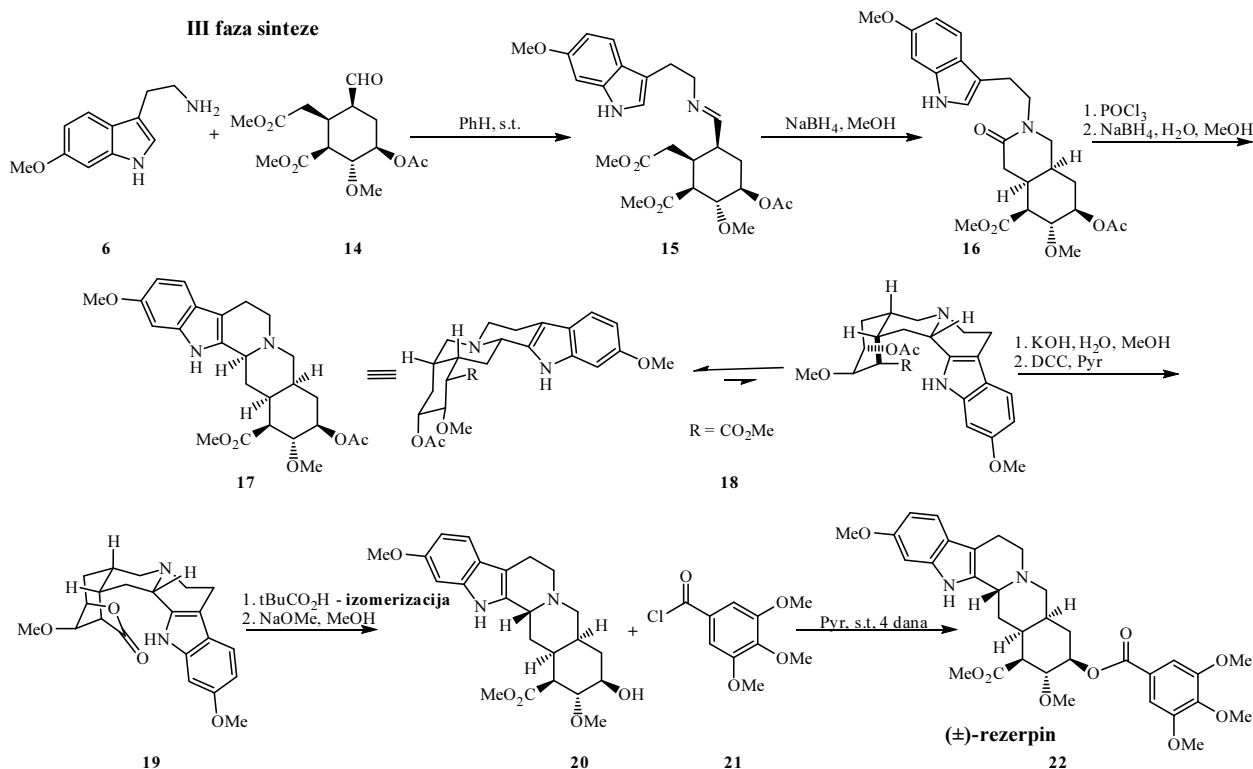


Слика 2. Почетне фазе Вудвордове тоталне синтезе резерпина (1958).

ције Вудворду је омогућила да уведе три од пет хиралних центара на прстену E, одговарајуће апсолутне и релативне конфигурације (једињење **9**). Присуство двоструке везе у производу Дилс-Алдерове реакције омогућава функционализацију положаја C(17) и C(18) прстена E резерпина. То се мора извршити индиректно, како би се добио производ одговарајуће апсолутне конфигурације хиралних центара. Вудворд је најпре извршио Мервајн-Пондорф-Верлијеву (Meerwein-Pondorff-Verley) редукцију карбонилних група једињења **9**, при чему до редукције долази са конвексне (доње) стране овог бицикличног система. Једна од насталих хидроксилних група може да формира петочлани лактон (једињење **10**), чију је структуру Вудворд приликом рада на синтези потврдио инфрацрвеном спектроскопијом. Бромонијум јон добијен из једињења **10** је отворен интрамолекулски учешћем слободне хидроксилне групе. На тај начин су створени услови за добијање једињења **14** одговарајуће апсолутне и релативне конфигурације. Веома вешт маневар у синтези резерпина било је превођење једињења **17**, које се стереохемијски разликује од резерпина само

по конфигурацији C(3) атома, у мање стабилан изомер. Да би то извршио, Вудворд је искористио чињеницу да је једињење **17** у равнотежи са својим мање стабилним конформером **18** и интрамолекулском реакцијом формиран је лактон. На тај начин је „закључао“ прстенове D и E у *cis*-конформацији. Овим је у добијеном интермедијеру **19** волуминозна индолна група аксијална и C(3) положај подложен епимеризацији у киселој средини, при чему се након базне хидролизе добија производ **20**, који се једноставно преводи у резерпин. [5, 27] И хемичаре модерног доба ова синтеза фасцинира бројем и разноврсношћу синтетичких стратегија које су примењене, а пре свега вештином која је била потребна за осмишљавање и синтезу овако сложеног молекула.

Временски и синтетички најзахтевнији пројекат на ком је Вудворд радио била је синтеза витамина B₁₂, која је остварена у сарадњи са Албертом Ешенмосером (Albert Eschenmoser, ETH, Zürich). Структура витамина B₁₂ била је позната захваљујући рендгенској структурној анализи, али хемичарима познавање структуре није олакшало синтезу сложеног скелета



Слика 3. Завршне фазе Вудвордове тоталне синтезе резерпина (1958).

молекула који садржи девет хиралних центара. Рад на синтези витамина B_{12} трајао је скоро 12 година и у раду је било ангажовано око сто истраживача из групе професора Вудворда са Харварда и групе професора Алберта Ешенмозера са Федералног технолошког института у Цириху (ETH, Zürich). Сам Вудворд рекао је: „Две групе, у Кембриџу и Цириху, имале су врло, врло блиску сарадњу; није ми познат пример сличне сарадње током које су чак узорци слати из једне у другу лабораторију, реакције започете у једном, а довршаване у другом граду... Била је то веома, веома блиска, плодносна, срдачна, заиста веома пријатна сарадња.“ [44] Успешном синтезом витамина B_{12} Вудворд и Ешенмозер су демонстрирали елегантну примену синтетичких метода у решавању различитих структурних проблема. Међутим, како је и сам Вудворд прокоментарисао, извођење саме синтезе мање је значајно од онога што током тог процеса научник добија – материјал за нова открића. Рад на синтези витамина B_{12} водио је откривању правила о очувању орбиталне симетрије приликом циклизације, која је Вудворд дефинисао у сарадњи са Роалдом Хофманом (Roald Hoffmann) и која су повезала теорију молекулских орбитала са органском хемијом на начин који до тада није разматран. [4] Хофман је 1981. године награђен Нобеловом наградом за овај допринос, што би била

Вудвордова друга Нобелова награда да није дошло до његове превремене смрти 1979.

Роберт Вудворд није био изузетан само као научник, већ и као личност. Познат по томе што га је било тешко видети без цигарете у руци, по својим плавим краватама и по својим вечерњим, трочасовним предавањима, професор Вудворд и дан-данас је инспирација многим хемичарима и онима који то желе да постану. Вудворд се мајсторски служио енглеским језиком, како на папиру, тако и у својим излагањима. Ентузијастични средњошколац, који је планирао да се у будућности бави хемијом, писао је Вудворду како би добио његово мишљење колико је познавање језика битно за једног хемичара. „За хемичара је веома битно да поседује вештину да формулише своје идеје, опише своје експерименте и изрази закључке које је донео на јасном, продорном енглеском језику. Такође, сам процес размишљања захтева употребу речи, те је размишљање моћнији алат и изведени закључци много прецизнији, уколико особа влада језиком.“ [45] Својим речима Вудворд је умео да подстакне своје студенте и колеге да се баве проблемима које би им поставио више него што би иначе помислили, а захваљујући сачуваним снимцима неких од његових предавања^{а)}, и данас смо у могућности да, макар кроз сочиво преко 40 година старе камере, осетимо како је то бити „у клупи“ испред професора Вудворда.

^{а)} Комплетни снимци Вудвордових предавања о синтези цефалоспорина Ц (1964) и витамина B_{12} (1972) могу се одгледати на линковима:

https://www.youtube.com/watch?v=Cp8B_Epj6dc (цефалоспорин Ц)

<https://www.youtube.com/watch?v=YvEBo5xdAy4> (витамин B_{12} , први део)

https://www.youtube.com/watch?v=AVi_ajWPa4&t=19s (витамин B_{12} , други део)

Abstract

THE ARTIST OF CHEMICAL SYNTHESIS:

Robert BURNS WOODWARD, 1917–1979.

Marta SPASIĆ¹, Dejan M. OPSENICA²

¹ Faculty of Chemistry, University of Belgrade, Studentski trg 12-16. P.O. Box 51, 11158, Belgrade (martaspasic@yahoo.com)

² Institute of Chemistry, Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Njegoševa 12, P.O. Box 47, 11000 Belgrade (dopsen@chem.bg.ac.rs)

For chemical society all over the world, the ending of the year 2017 is yet another chance to mark and celebrate the 100 years since the birth of one of the most ingenious organic chemists of the 20th century, Robert Burns Woodward. Known for his elegant and unique approach to the synthesis of natural products, professor Woodward has made a revolutionary step in the field of total synthesis and, through his work, he made an enormous contribution to organic chemistry. During his very successful career, Woodward has accomplished the total and formal synthesis of a large number of diverse and complex natural products with quinine, strychnine, reserpine, steroid compounds, vitamin B₁₂, cephalosporin C etc, as standing out ones from many. For his „outstanding achievements in the art of organic synthesis”, Robert B. Woodward was awarded the Nobel prize in 1965. This article reflects on some major scientific achievements of Robert Burns Woodward, the elegance and creativity of his work in the total synthesis and also colorful and unique personality behind Woodward's genius mind.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lord Todd O.M., Sir John Cornforth F.R.S. Biographical memoirs: Robert Burns Woodward, 10 April 1917 – 8 July 1979. *Biogr. Mem. Fell. R. Soc.* **27** (1981) 628-95
2. Benfey O.T., Morris P.J.T. (2001) Robert Burns Woodward: Architect and Artist in the World of Molecules. Chemical Heritage Foundation, Philadelphia
3. National Academy of Sciences. Biographical Memoirs: Volume 80 (2001) The National Academies Press, Washington, DC
4. Wallace D.B., Gruber H.E. (1989) Creative People at Work. Oxford University Press, New York, Oxford
5. Nicolaou K.C., Vourloumis D., Winssinger N., Baran P.S. The art and science of total synthesis at the dawn of the twenty-first century. *Angew. Chem. Int. Ed.* **39** (2000) 44-122
6. Wöhler F. Ueber künstliche Bildung des Harnstoffs. *Ann. Phys. Chem.* **12** (1828) 253-256
7. Kolbe H. Beiträge zur Kenntniss der gepaarten Verbindungen. *Ann. Chem. Pharm.* **54** (1845) 145-188
8. Graebe C., Liebermann C. Über künstliches Alizarin. *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **2** (1869) 332
9. Baeyer A. Synthese des Indigblaus. *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **11** (1878) 1296-1297
10. Fischer E. Synthese des Traubenzuckers. *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **23** (1890) 799-805
11. Perkin W.H. Experiments on the synthesis of the terpenes. Part I. Synthesis of terpin, inactive terpineol, and dipentene. *J. Chem. Soc.* **85** (1904) 654-671
12. Robinson R. A synthesis of tropinone. *J. Chem. Soc.* **111** (1917) 762-768
13. Fischer H., Zeile K. Synthese des Hämatoporphyrins, Protoporphyrins und Hämins. *Justus Liebig's Ann. Chem.* **468** (1929), 98
14. Harris S.A., Folkers K. Synthesis of vitamin B₆. *J. Am. Chem. Soc.* **61** (1939) 1245-1247
15. Bachmann W.E., Cole W., Wilds A.L. The total synthesis of the sex hormone equilenin. *J. Am. Chem. Soc.* **61** (1939) 974-975
16. Woodward R.B., Doering W.E. The total synthesis of quinine. *J. Am. Chem. Soc.* **66** (1944) 849
17. Woodward R.B., Doering W.E. The total synthesis of quinine. *J. Am. Chem. Soc.* **67** (1945) 860-874
18. Woodward R.B., Singh G. The synthesis of patulin. *J. Am. Chem. Soc.* **72** (1950) 1428
19. Woodward R.B., Sondheimer F., Taub D., Heusler K., McLamore W.M. The total synthesis of steroids. *J. Am. Chem. Soc.* **74** (1952) 4223-4251
20. Woodward R.B., Patchett A.A., Barton D.H., Ives D.A., Kelly R.B. The synthesis of lanostenol. *J. Am. Chem. Soc.* **76** (1954) 2852-2853
21. Kornfeld E.C., Fornfeld E.J., Kline B., Mann M.J., Jones R.G., Woodward R.B. The total synthesis of lysergic acid and engrovine. *J. Am. Chem. Soc.* **76** (1954) 5256-5257
22. Kornfeld E.C., Fornfeld E.J., Kline B., Mann M.J., Morrison D.E., Jones R.G., Woodward R.B. The total synthesis of lysergic acid and engrovine. *J. Am. Chem. Soc.* **78** (1956) 3087-3114
23. Woodward R.B., Cava M.P., Ollis W.D., Hunger A., Daeniker H.U., Schenker K. The total synthesis of strychnine. *J. Am. Chem. Soc.* **76** (1954) 4749-4751
24. Woodward R.B., Cava M.P., Ollis W.D., Hunger A., Daeniker H.U., Schenker K. The total synthesis of strychnine. *Tetrahedron.* **19** (1963) 247-288
25. Woodward R.B., Bader F.E., Bickel H., Frey A.J., Kierstead R.W. The total synthesis of reserpine. *J. Am. Chem. Soc.* **78** (1956) 2023-2025
26. Woodward R.B., Bader F.E., Bickel H., Frey A.J., Kierstead R.W. A simplified route to a key intermediate in the total synthesis of reserpine. *J. Am. Chem. Soc.* **78** (1956) 2657
27. Woodward R.B., Bader F.E., Bickel H., Frey A.J., Kierstead R.W. The total synthesis of reserpine. *Tetrahedron.* **2** (1958) 1-57
28. Woodward R.B., Ayer W.A., Beaton J.M., Bickelhaupt F., Bonett R., Buchschacher P., Closs G.L., Dutler H., Hannah J., Hauck F.P., Itô S., Langemann A., Le Goff E., Leimgruber W., Lwowski W., Sauer J., Valenta Z., Volz H. The total synthesis of chlorophyll. *J. Am. Chem. Soc.* **82** (1960) 3800-3802
29. Woodward R.B. The total synthesis of chlorophyll. *Pure Appl. Chem.* **2** (1961) 383-404
30. Woodward R.B. A total synthesis of colchicine. *Harvey Lect.* **59** (1965) 31-47
31. Woodward R.B., Heusler K., Gosteli J., Naegeli P., Oppolzer W., Ramage R., Ranganathan S., Vorbrüggen H. The total synthesis of cephalosporin C. *J. Am. Chem. Soc.* **88** (1966) 852-853
32. Woodward R.B. Recent advances in the chemistry of natural products. *Pure Appl. Chem.* **17** (1968) 519-547
33. Woodward R.B. Recent advances in the chemistry of natural products. *Pure Appl. Chem.* **25** (1971) 283-304
34. Woodward R.B. The total synthesis of vitamin B₁₂. *Pure Appl. Chem.* **33** (1973) 145-177
35. Eschenmoser A., Wintner C.E. Natural product synthesis and vitamin B₁₂. *Science.* **196** (1977) 1410-1420
36. Woodward R.B., Logusch E., Nambiar K.P., Sakan K., Ward D.E., Au-Yeung B.W., Balaram P., Browne L.J., Card P.J., Chen C.H. Asymmetric total synthesis of erythromycin. 1. Synthesis of an erythronolide A secoacid derivative via asymmetric induction. *J. Am. Chem. Soc.* **103** (1981) 3210-3213
37. Woodward R.B., Au-Yeung B.W., Balaram P., Browne L.J., Ward D.E., Card P.J., Chen C.H. Asymmetric total synthesis of erythromycin. 2. Synthesis of an

- erythronolide A lactone system. *J. Am. Chem. Soc.* **103** (1981) 3213-3215
38. Woodward R.B., Logusch E., Nambiar K.P., Sakan K., Ward D.E., Au-Yeung B.W., Balaram P., Browne L.J., Card P.J., Chen C.H. Asymmetric total synthesis of erythromycin. 3. Total synthesis of erythromycin. *J. Am. Chem. Soc.* **103** (1981) 3215-3217
 39. Woodward R.B., Gosteli J., Ernest I., Friary R.J., Nestler G., Raman H., Sitrin R., Suter C., Whitesell J.K. Novel synthesis of prostaglandin F_{2α}. *J. Am. Chem. Soc.* **95** (1973) 6853-6855
 40. Woodward R.B., Hoye T.R. Total synthesis of illudinine, illudalic acid, and illudacetic acid. *J. Am. Chem. Soc.* **99** (1977) 8007-8014
 41. Wuonola M.A., Woodward R.B. Synthesis and revised structure of dehydroisolongistrobine. *J. Am. Chem. Soc.* **95** (1973) 284-285
 42. Wuonola M.A., Woodward R.B. Synthesis and revised structure of dehydroisolongistrobine. *J. Am. Chem. Soc.* **95** (1973) 5098-5099
 43. Wuonola M.A., Woodward R.B. Imidazole alkaloids of *Macrorungia longistrobis*: Revised structures and total syntheses. *Tetrahedron*. **32** (1976) 1085-1095
 44. <https://www.youtube.com/watch?v=YvEBo5xdAy4>
 45. Seeman J.I. Woodward's words: elegant and commanding. *Angew. Chem. Int. Ed.* **55** (2016) 12898 - 12912



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

КАМФОР

Постоји изрека „Нестјао као камфор из дочице“. Изрека се односи на особу која је неочекивано и нејермејно најустигла неко друштво или неко мјесто. Дана се ова изрека врло ретко чује, а мало ко би је и разумео. То је зато што више ни једно домаћинство, ни једна кућна апотека, не посједује дочицу камфора, камфор се више не може кувати у апотекама, те су људи углавном заборавили чему је он уостало и служио.

А до краја једног века камфор је био један од најважнијих кућних лекова, који се могао употребљавати без да консултујете лекара, нешто боље данашње аспирин и бенселин. Због тога ћемо се у овом чланку погледати на камфор, са наласком на његову (некадашњу) медицинску употребу као и друге улоге које је играо у свакодневном животу.

КАМФОРОВАЦ – БОТАНИЧКИ АСПЕКТИ

Камфор је главни састојак етарског уља које се добива дестилацијом коре, корена и листова камфоровог дрвета, камфоровца.

Камфоровац (*Cinnamomum camphora* L) или камфорово дрво је зимзелено дрво висине од 15 до 45 метара, слика 1. Припада фамилији Lauraceae (ловора). Потиче са острва Борнео и Суматра, расте у Индонезији, Кини, Јапану, Тајвану, Вијетнаму, Мадагаскару, а пренесен је и у Америку, Европу, Аустралију. Његове ботаничке карактеристике приказане су на слици 2.

Камфоровац расте на добро осунчаним местима али може да поднесе у извесној мери и сенку. Погодује му песковито земљиште, нешто мање иловача, киселе до благо алкалне реакције (pH 4.3-8). Погодује му суша, а влагу не подноси, као ни претерано влажно земљиште. Подноси температуре до -12°C. Младе биљке могу страдати већ на температури 0°. Веома је отпоран на ветар, па се може гајити на ветробранским



Слика 1. Камфоровац (*Cinnamomum camphora* L.)

појасевима. Теже се пали па се препоручује у подручјима склоним пожарима. Инвазивна је врста - утиче лоше на аутохтону вегетацију, јер спречава нормалан развој других биљака које су му потенцијална конкуренција. Дрво камфоровца је меко до средње тврдо, може се обрађивати и обично се користи за прављење сандука, плакара, инструмената и скулптура.

Камфоровац мора бити стар бар педесет година, да би се од њега добио камфор.

КАМФОР – ХЕМИЈСКИ АСПЕКТИ

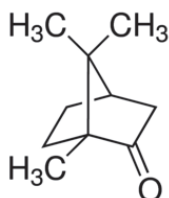
Камфор је бела, кристална, воскаста материја, тачке топљења 176-177°C, карактеристичног, врло интензивног мириса. Запаљив је. На собној температури лако сублимира (није исправно рећи да испарава!), на основу које особине је настала изрека поменућа у уво-



Слика 2. Грана с листовима и цветовина т и плодови камфоровца

ду нашег чланка. Раствара се у мастима и уљу, као и у алкохолу, а у води је слабо растворљив.¹

По хемијском саставу, камфор спада у терпеноиде. Формула му је $C_{10}H_{16}O$ а структурна формула је приказана на слици 3. Природни камфор је енантиомер конфигурације R (такозвани D-камфор).² Синтетски камфор је рацемска смеша R и S енантиомера.²



Слика 3. Камфор, 1,7,7-триметхлзлбицикло[2.2.1]хептан-2-он

Камфоровац садржи испарљива хемијска једињења у свим дјеловима биљке, а из листа и коре се дестилацијом воденом паром добива етарско уље које садржи 30-50% камфора.³ Након дестилације, етарско уље се хлади, а камфор издваја као талог који

се одваја од течности центрифугирањем. Преостала количина камфора која је остала у течном делу издваја се фракционом дестилацијом.

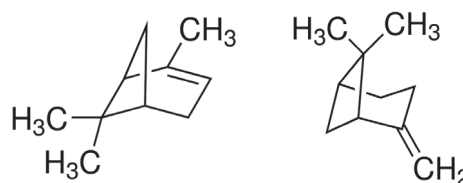
Камфор се налази у етарским уљима и неких других биљака.⁴ За наше читаоце ће бити интересантно да га има у рузмарину, слика 4.



Слика 4. Рузмарин (*Rosmarinus officinalis*); његово етарско уље садржи 20% камфора.

Осим што се добива из камфоровца, камфор се индустријски производи и прерадом терпентина.^{5,6}

Засецањем коре четинара издваја се смола из које се дестилацијом добива терпентин или терпентинско уље. То је течност која се састоји од смеше терпенских угљоводоника. Највише има алфа- и бета-пинена, слика 5. Фракционом дестилацијом, из терпентина се издваја алфа-пинен, који се релативно једноставним хемијским трансформацијама преводи у камфор. Тако синтетизовани камфор је рацемат, смеша једнаких количина R и S енантиомера.



Слика 5. Алфа-пинен и бета-пинен

КАМФОР – НЕМЕДИЦИНСКЕ ПРИМЕНЕ

Откривено је да када се у нитроцелулозни барут дода камфор, онда се количина дима која настаје његовим сагоревањем значајно смањује. Због тога се камфор користи у производњи бездимних барута. Смањење дима при употреби ватреног оружја знатно је утицало на тактику ратовања.

Због своје запаљивости и лаке испарљивости, камфор се додаје и у разне пиротехничке смеше (за ватромете и слично).

Постоје и неке много мирољубивије примене камфора. Он се, било у чистом стању, било у алкохолном раствору, некада користио за заштиту од инсеката штеточина – мољаца, комараца и сл. На пример, комадић камфора стављали су у шкрињу у којој су чували рубље и постељину.

Камфор је био једна од супстанци коју су у старом Египту користили при балзмовању лешева. У Индији се примењује при одређеним верским обредима, нешто налик на употребу тамјана у нашим крајевима. У хиндуистичким храмовима пале камфор, а његов пламен сматрају светим.

Данас знамо да је камфор отрован. Због тога се не препоручује његова употреба у исхрани. Међутим, од најстаријих се времена у неким земљама камфор користи као зачин.⁷ У Кини, Индији и арапским (муслиманским) земљама правили су се, а вероватно се и данас праве, разни слаткиши, па чак и сладолед, у који додају камфор. Постоје и освежавајућа пића зачињена камфором. Колико је писцима овог чланка познато, у Европи се то више не практикује, мада у то не можемо бити сасвим сигурни.

КАМФОР – МЕДИЦИНСКЕ ПРИМЕНЕ

Од најстаријих времена, камфор су користили за лећење безмало свих болести.⁷ Тако су, на пример, помоћу камфора третирали ментално оболеле или борили се против колере. То су били неуспешни покушаји. Међутим, у многим приликама камфор је заиста помагао.

Камфор има низ корисних медицинских својстава. Када се утрља у кожу, изазива осећај хлађења и умањује бол у мишићима и зглобовима. За ту сврху се употребљава у облику алкохолног раствора, уља или масти, за утрљавање код реуматских болова, болова у мишићима, или болова узрокованих оштећењем живаца, на пример код ишијаса. Такође отклања свраб, а добар је и за мање опекотине. Има антисептично и антимикробно дејство.

Мирисање камфора (то јест удисање његових пара или аеросола добивеног из алкохолног раствора) ублажава кашаљ и смањује симптоме прехладе. Сматрало се да умирује живце (нарочито код жена), лечи вртоглавицу те да је од помоћи и приликом лакших срчаних напада.

Камфор је био традиционални лек против грознице и прехладе, а давали су га и код стомачних проблема, на пример, код пролива.

Под дејством камфора убрзава се рад срца (тахикардија), успорава дисање, појачава знојење и излучивање мокраће, што се у одговарајућим случајевима може сматрати повољним ефектом. Додајмо томе да камфор смањује апетит.

Све у свему, камфор је све до прве половине 20. века сматран леком за већину „обичних“ здравствених тегоба. Зато је поседовање бочице камфора било

од велике вредности и омогућавало је да се лакше болести отклоне без одласка код лекара и без куповине скувих лекова. Бочица камфора налазила се у многим домаћинствима, где су је имали „за сваки случај“.

Ако је тако добар, зашто се камфор више не примењује?

Зато што је отрован.⁸ И зато јер су у међувремену уведени бољи и ефикаснији лекови.

Летална доза камфора је 50-500 милиграма по килограму. То значи да ако одрасла особа унесе камфор у организам преко уста, онда већ 2-3 грама доводи до тежег тровања, а око 4 грама може довести до смрти. Тровање изазива неуролошке проблеме (грчеве, нападе падавице, конфузност, апатију), отежано дисање, а страда и јетра. Када се камфор утрљава у кожу мора се нарочито пазити да на том месту нема ране јер би преко ње камфор могао продрети у тело и изазвати тровање.

Због ових лоших особина, употреба камфора у медицини се постепено смањивала, а негде око средине прошлог века била је и забрањена. А као што смо већ рекли, уведени су бољи и безопаснији лекови као замена за камфор. То, наравно, не значи да је употреба камфора потпуно напуштена. Он се и данас додаје у разне лековите или „лековите“ фармацеутске препарате. Од њих, у нашој земљи нарочиту популарност има кинеска „*иширова масћ*“, чији је један од главних састојака управо камфор.

Abstract

CAMPBOR

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

The article outlines the basic facts on camphor. Biological (botanical) facts on the camphor tree are provided. The main non-medical uses of camphor are described, and emphasis is given on its medical applications.

ЛИТЕРАТУРА

1. J. J. Ritter, A new camphor synthesis, *J. Am. Chem. Soc.* **55** (1933) 3322-3326.
2. М. Љ. Михаиловић, Основи теоријске органске хемије и стереохемије, Грађевинска књига, Београд, 1970.
3. A. C. Aprotosoie, E. Gille, A. Trifan, V. Simon, L. A. Miron, Essential oils of Lavandula genus: a systematic review of their chemistry, *Phytochem. Rev.* **16** (2017) 761-799.
4. J. C. Mann, J. B. Hobbs, D. V. Banthorpe, J. B. Harborne, Natural Products: Their Chemistry and Biological Significance, Longman, Harlow, 1994.
5. I. Gubelmann, H. W. Elley, American production of synthetic camphor from turpentine, *Ind. Eng. Chem.* **26** (1934) 589-594.
6. С. Р. Арсенијевић, Органска хемија, Научна књига, Београд, 1990, стр. 654-655.
7. A. Dalby, Dangerous Tastes - The Story of Spices, Univ. California Press, Berkeley, 2000.
8. A. S. Manoguerra, A. R. Erdman, P. M. Wax, L. S. Nelson, E. M. Caravati, D. J. Cobaugh, Camphor poisoning: An evidence-based practice guideline for out-of-hospital management, *Clin. Toxicol.* **44** (2006) 357-370.



Снежана РАДИСАВЉЕВИЋ, Ана РИЛАК СИМОВИЋ, Природно-математички факултет, Универзитет у Крагујевцу, Радоја Домановића 12, Р.О. Вох 60, 34000 Крагујевац, Србија, (e-mail: snezana.radisavljevic@pmf.kg.ac.rs , anarilak@kg.ac.rs)

РЕОЛОГИЈА ХРАНЕ СА КРАТКИМ ОСВРТОМ НА ЗАГАЂИВАЊЕ ХРАНЕ ТОКСИЧНИМ МЕТАЛИМА

На средини прошлог века наука о храни почиње да се изучава као поље примењене хемије, док се касније придодају и хигијенски аспекти. Данас¹, знање о хемији и микробиологији хране расте захваљујући обимним систематским студијама разних поља науке. Као једна од јако битних дисциплина која се бави физичким својствима намирница и сировина од којих се оне добијају појављује се реологија. Фокус реологије је на деформацијама и кинетици материјала: текстури, течљивости, вискозности, порозности, пластичности, еластичности, жилавости, хрскавости... Данас се улажу велики напори како би се и реологија хране детаљније испитивала и постала позната на светском нивоу. Тренутно се испитивање реологије хране развија споро и скоро у тајности. Не постоји професионални курс како би се добио сертификат о реологији, али особа која се упусти у испитивање реологије треба да зна основе механике. Поред механике, потребно је знање и о стањима напетости и деформација са математичке тачке гледишта, затим о вискозности, специфичном представљању супстанци које је повезано са реологијом, реометрији која говори о статичним и динамичним мерењима као и о квалитативним и квантитативним описивањима реологијских процеса. Иако је за бављење реологијом неопходно претходно знање које обухвата различите области, неколико научника и практичара посвећује се теми реологије али због различитих разлога. Реологија је, свесно или не, укључена у свакодневни живот, а неки од примера су:

- већ од раније је познато да нису сви сирови материјали исти и погодни за производњу хране и да варијација реологијских карактеристика може да буде узрок (као пример наводимо тесто за хлеб од брашна различитог порекла што резултује у различитој конзистенцији која може бити одређена додиривањем теста);
- на крају 19. века научници као што је Bingham почели су да проучавају реологијске карактеристике колоида. Они су брзо препознали да су важније карактеристике хране одређене помоћу њихове колоидне природе и да колоидно-хемијски процеси такође играју веома битну улогу у преради хране.
- осетљиве карактеристике као што су способност жвакања хране могу такође бити променљиве и под утицајем производног процеса.
- укус у устима је критеријум који се користи да се испита укус, текстура и начин топљења хране (сладоледа). Варијације у процесу произ-

водње, још једном, могу да узрокују промене у карактеристикама сладоледа.

РЕОЛОГИЈА ХРАНЕ

Још раније Lucretius је описао проток супстанци; „...Вода је направљена да тече са применом мале силе, зато што је направљена од малих, округлих честица. Супротно, мед је стабилнији, тече споро и помера се споро, зато што има спољашњу кохезију. Разлог за то је што је он формиран од честица које нису ни глатке, ни fine, ни округле“.

Нека имена хране су изведена или повезана са реологијским карактеристикама. Немачка реч „Schmer“ користи се за маслац и маст, али такође указује и на реологијску карактеристику која описује мазање. Свако ко је укључен у припрему хране, као што су пекари, кувари или домаћице, зна како мале промене у методи спремања хране могу произвести храну са специјалним реологијским карактеристикама. Кување, печење или пржење нису само промене конзистенције, већ такође доприносе типичном укусу хране. Када говоримо о конзистенцији хране, класичан пример је згушњавање неког соса (брашно се користи у свакој кухињи да би се прилагодила конзистенција хране). Текстура је само једно својство које се посматра у оквиру реологије, а са друге стране, реологија као термин је блиско повезана са производњом хлеба и пецива.

Чак и данас ми и даље користимо наше руке, које Kant назива видљивим делом мозга, као мерни инструмент реологије. Постоји евиденција да су пекари у древној Египту процењивали њихово тесто ваљањем једног дела напред-назад између њихових прстију. Слика из периода Ramses-a III (2000 година пре Христа) показује дневну рутину у пекари. Два пекара су гњечила тесто њиховим стопалима док су у рукама држали штап, који су очигледно користили да провере чврстоћу теста (Слика 1).

Инструкције у рецептима, у старим куварима, често садрже неке реологијске термине. Типичан пример за кнедле је: „тесто мора бити довољне густине како би се одвајало од чиније или кашике“.

Глобални изазови у науци хране заснивају се на употреби хране која је богата протеинима а садржи одређену количину масти и угљених-хидрата да би се на тај начин пратиле смернице здраве исхране. Квалитетна храна се углавном дефинише сензорним карактеристикама и преференцијама које потрошача усмеравају да сам изабере храну на основу њених (здравих) карактеристика. Није изненађујуће што је, уз појаву



Слика 1. Пекара у древној Египту

прераде хране, наука о храни посветила значајна истраживања о улози појединих састојака, посебно за стабилизацију агенаса који се додају.

Часописи који се фокусирају на хранљиве хидроколоиде, биополимерне угљене хидрате или угљоводонике хране и на интеракцији састојака са хранљивим матриksom појављују се током 1980-их година, док се истраживања о не-стационарној храни, као што су скробни производи, у часописима појављују већ почетком 1950-их година.

Обрада хране се веома ослања на сложене процесе протока. Због тога је реологијска карактеризација појединачних састојака као и готових прехранбених производа на полицама супермаркета саставни део науке о храни. Реологијска истраживања у прехранбеној науци су уско повезана са развојем прехранбених производа, и могу се заснивати на индустријској производњи хране (мешање, пумпање, дозирање, распршивање, прскање), кућном кувању као и конзумирању хране (усмена перцепција, варење, благостање).

Својства прерађених прехранбених производа све више су прилагођена како би задовољила захтеве потрошача. Реологија се појављује у контексту структуре као једна од најистакнутијих динамичких особина. Посебно за храну, реологијски системи играју важну улогу јер:

- својства протока дефинишу структуру хране током производње (фабрике) или припреме (кухиње) и
- физиолошки у устима, желуцу и цревима где се структура хране перципира и дигестира.²

Реологија директно утиче на перцепцију и варење тако што утиче на карактеристике протока током жвакања и варења, али такође утиче и на друге карактеристике квалитета, као што су укус или ослобађање нутритивних компоненти на одређеним локацијама на којима су они најпотребнији.

Реологија хране није јединствена дисциплина, али практично може бити подељена у три категорије. Пр-

ву категорију представљају произвођачи прехранбених производа. Они се углавном труде да пореде карактеристике прехранбених производа са реологијске тачке гледишта и да направе везу између особина намирница и реологије. Типичне „особине“ од интереса које су повезане са реологијом су: сензорне/перцепционе карактеристике (текстура), стабилност, аспекти погодности (дељење, опсег, дозирање, пуњење), нутритивне карактеристике (кинетика ослобађања, ситост). Другу категорију представљају инжењери хране, који покушавају да развију везу између реологије и процеса хране користећи реологијске податке за оптимизацију процеса или производа. Типични процеси протока у обради хране укључују мешање, распршивање, окретање, премазивање, бризгање и прскање. Трећу категорију представљају научници који изучавају материјале или физичари који се фокусирају на однос реологија-структура меких материјала.

Феномени повезани са перцепцијом и структуром хране представљају недавни тренд науке за замену или смањење масти. У сличају истакнутог неколоидног материјала, чоколаде, то би било стварање производа са ниским калоријама али истим перцепционим особинама, као што је оригинална масноћа. Најлакши начин да се постигне овај циљ био би смањење какаоа и млечне масти, али то би довело до повећања вискозитета чоколаде што би изазвало проблеме током производње.³ За оптимизацију суспензије чоколаде потребна је реологијска карактеризација особина протока као и модификација састојака. У првом случају, расподела величине честица и облик честица могу се прилагодити како би вискозност отопљене чоколаде била прихватљива за прераду,^{4,5,6,7} док је касније предложено и додавање биополимерних гела или уља како би се сам укус чоколаде побољшао.^{8,9} У оба случаја реологијска испитивања утичу на оптимизацију финалног прехранбеног производа по-

мажући и у разумевању улоге других релевантних састојака, тј. уља и масти као матичних течности, а какаа, шећера и млека у праху као диспергованих материјала. Без реологије многе чоколадне фигуре деда Мраза би могле завршити као ускршњи зека. Као и сви други производи направљени од чоколаде, чоколада за деда Мраза се прави у шупљим калупима. Чоколадна маса испуни калуп и онда се центрифугира како би се распоредила равномерно по калупу. Заправо, течење чоколадне масе мора бити 100% прилагођено температури на којој се одвија целокупни процес, али и реологичке карактеристике чоколаде морају бити прецизно одређене како би цео процес производње могао неметано да се одвија. Поред тога, фосфолипиди као што је лецитин који се користи у чоколади има значајан утицај на реологичка својства.

Поред дискутабилних истраживачких активности, треба напоменути и неке трендове који се све више испитују у последњих неколико година. Поред жеље да се садржај масти у најмању руку умањи у храни а задржи осећај пуне масти у устима, у интересу је да се имитирају други укуси као што су сланост, горчина или било који други укус природних или додатих састојака. Као пример наводимо укус соли, јако посољена храна не може да се једе, док је слабо посољена храна ипак мање слана али јестива. Модификација садржаја соли стога зависи од матрице хране и структурне модификације матрице које доводе до различитих реологичких и сензорних карактеристика.¹⁰ У истом контексту постаје све значајније структурирање уља и масти.¹¹

Недавни теоријски приступ за опис реологије гелова и концентрисаних система хране произилази из приступа меких материја где су гелски изглед, појављивање меког стакла и старење описани помоћу концентрације примарног структурног састојка (на пример полисахариди, протеини) и потенцијалних интеракција.¹²⁻¹⁶ За сада је ипак потребно доказати да ли се такав концепт може генерално користити за:

-прехранбене материјале који нису модел протеина и полисахарида

-за пролазне ефекте као што су старење, гелација, фазни прелази, преуређивање, седиментација или мазање.

Реологичка испитивања појединих намирница и осврт на загађивање токсичним металима

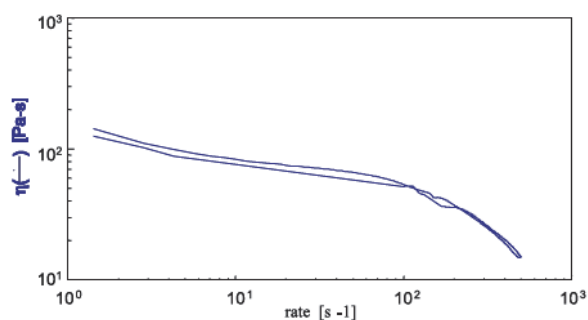
Под животним намирницама подразумевамо све оно што употребљавамо као храну и пиће у прерађеном или непрерађеном облику, као и зачине, боје и све друге материје које се додају намирницама. Храну чине намирнице које је човек, на основу вековног искуства, одабрао из биљног и животињског света, руководећи се пре свега њиховим особинама и моћи да засите, али са развијањем технологије данас се све више сусрећемо са прерађеном храном. Реологичка испитивања могу да нам укажу на текстуру, проток, мази-

ност итд., али како се последњих неколико година индустрија нагло развија тако и степен загађивања хране расте, па је поред реологичких испитивања неопходно осврнути се и на загађивање хране. Загађујуће супстанце се између различитих организама преносе системом ланца исхране независно од начина њиховог доспевања у животне намирнице. У овај систем укључује се и човек, али као конзумент и првог и другог реда, тј. као биљојед и месојед, истовремено. Загађивачи животних намирница су бројни, али овде ће бити осврт само на хемијске загађиваче хране, тачније на загађивање животних намирница токсичним металима.

Мед

Прва реологичка испитивања меда показују да је он производ који је преплављен шећером и скробним сирупом. Коришћењем Ostwald-овог вискозиметра показано је да адитиви на бази скробног сирупа утичу значајно на повећање вискозности меда. Свака немачка домаћница зна да се гелирани мед (који потиче од немачких пчелара из места Lüneburger Heide које се сматра родним местом историјског и културно значајног облика пчеларства) поуздано може вратити у основно стање.

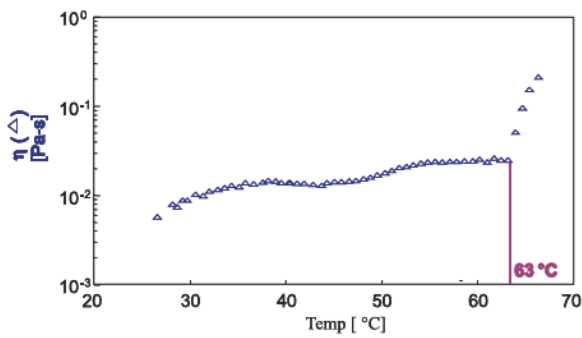
Ово понашање меда може да се опише реологичким изотермалним повратним гел-чврсто-гел трансформацијама где је деформација након употребе силе на гел заправо остала неразјашњена. Ово тиксотропно понашање (када са дужином трајања примењене силе на тело опада вискозност) може бити детектовано и за друге типове меда (слика 2). Обичан мед се понаша као Њутновска течност (постојан је у области ламинарног течења и његов вискозитет не зависи од режима течења).



Слика 2. Тиксотропно понашање Heide немачког меда

Скроб

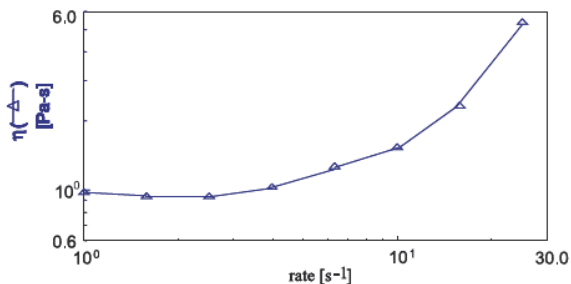
Пшенични скроб¹⁷ је коришћен у древној Риму као згушњивач хране. Зависност вискозности скробне пасте од температуре је испитивао Wolfgang Ostwald. Температуру на којој вискозност нагло расте он је назвао тачком гелатизације (слика 3).



Слика 3. Тачка гелатизације пшеничног скроба

Како би се испитала чврстоћа и сила при којој се скробни гел мења, коришћени су инструменти који су слични онима који се користе за испитивање желатина и пектинских гелова. Од много инструмената који су коришћени за мерење реологијских карактеристика скробних паста једино се вискограф показао као релевантан у стварној пракси. Даљи развој указује и на амилограф који може да се користи за одређивање вискозности скробне пасте у фази хлађења.

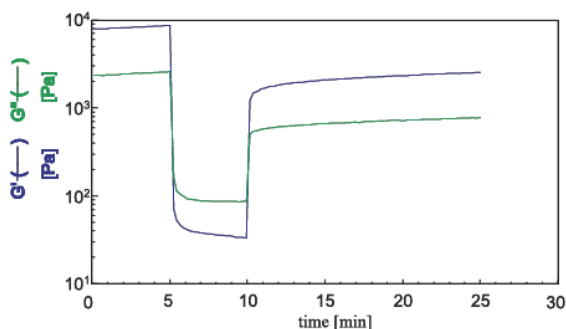
Слика 4 показује да чак и једноставна мерења вискозности откривају дилатантно понашање (вискозност расте са повећањем силе која делује на тело и деформише га), које се иначе врло ретко јавља у природи.



Слика 4. Дилатантно понашање пшеничног скроба

Јојурт

Јогурт¹⁸ има структуру и чврстоћу која може да се пореди са кечапом, тако да се испитивања везана за јогурт практично могу применити и на кечап. Мешање узрокује да овај производ тече, па се на основу те карактеристике поставља питање да ли је јогурт тиксотропан? Одговор је НЕ. Јасно се може препознати (слика 5) да током веће деформације апсолутне вредности оба модула G' и G'' се оштро смањују и да опадање модула G'' постаје веће него G' модула.



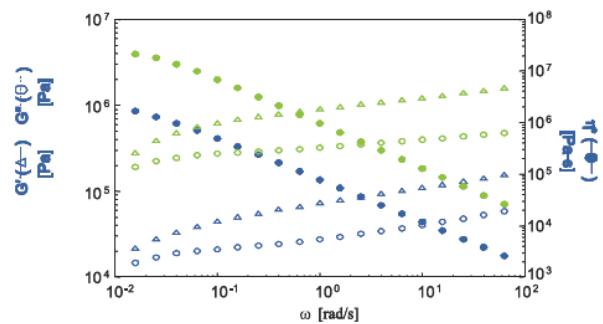
Слика 5. Нетиксотропно понашање јогурта

Након изненадног повратка у мању деформацију, веза се веома брзо преокренула, али вредности никада не могу да досегну основно стање.

Сир

Код прављења сирева најважнија је конверзија течног млека у гел, као што је сурутка, приликом изложености бактерији млечне киселине. Људи који имају искуства у прављењу сира знају колико чврста мора бити сурутка да би се добили специфични производи од сира.

Да би се проценила чврстоћа сурутке, инструмент који се и данас користи развили су Allemann и Schmidt 1722 године. Три прстена направљена од бакарне жице, 3, 5 и 7 cm у дијаметру су лемљена концентрично као две пресечене жице. Жичана мрежа је убачена у коагулисано млеко и мешање се одвијало константном брзином а затим је отпорност мерена преко скале од искривљеног метала. Ова метода је коришћена како би се извршило прво реологијско мерење ефекта различите количине бактерије млечне киселине на чврстоћу сурутке као и зависност чврстоће сурутке од рН вредности и температуре. Реологијске карактеристике два различита сира приказане су на слици 6.



Слика 6. Испитивање фреквенције два различита сира

Прехрамбени ланац је сложен, концентрисан и динамичан ланац активности који иде од фарме до стола. Ако се јаве грешке у овом ланцу може доћи до великих проблема. Токсични метали који у животну средину доспевају различитим путевима, а њихови најзначајнији извори су индустријске, металуршке и рудничке отпадне воде, хемизација пољопривреде, саобраћај и енергетика, могу бити одговорни за промену карактеристика животних намирница и да доведу до неких кобних последица. Из животне средине, пошто је реч о стабилним елементима, они се, уградивши се у разне јестиве организме (биљне и животињске), укључују у ланац исхране. Осим тога, они у намирнице могу доспети и из амбалаже (конзерве) или металне опреме у току њихове производње или складиштења. У токсичне метале убрајају се жива, олово, кадмијум, арсен, селен и берилијум, а потенцијални отрови у већим количинама могу бити и калај, никал, бакар, цинк и кобалт. Истраживања су показала да савремени Американац уноси у организам 100 пута више олова него древни Египћанин и 25 пута више кадмијума. У скелетима старим 2.700 година нађеним у Перуу садржај олова достиже тек хиљадити део оног који се данас у организму сматра токсичним. И код

токсичних метала мора бити присутно размишљање о дози која представља границу штетности, уз напомену да је уношење многих метала у људски организам свакодневна потреба с обзиром да учествују у важним животним процесима, и да до тровања долази само када се дозвољене дозе вишеструко премаше. Одавно је познато да је одређена супстанца у дозвољеној концентрацији лек, а у прекомерној отров.

Жива

Тровање живом, јединим течним металом, било је познато још старим Римљанима, а прве озбиљније студије о томе, као и заштитним мерама, датирају из 1554. године, када је Mattioli описао тровање у Идрији. Данас се процењује да на површину Земље падне годишње око 100.000 тона живе. Најзначајније тровање јестивим морским организмима забележено је у периоду од 1953. до 1960. године, када је у насељима око залива Минамата (Јапан), по коме се тровање живом и назива болест минамата, оболело 121 лице, од чега је 46 преминуло. До тровања је дошло преко риба из залива, у који су испуштане загађене воде, и чак 600.000 тона муља са садржајем живе, из фабрике поливинила Chisso Minamata. Нешто касније (1964-1965), сличан случај је задесио и становнике Ниигате (Јапан) иако су последице биле знатно блаже, јер је од 47 оболелих лица преминуло шесторо.

Када се говори о изворима загађивања животних намирница живом, потребно је свакако споменути и податак који сведочи о томе да је само у пољопривреди САД-а средином седамдесетих година примењивано око 400 тона живе, која је основна компонента у многим препаратима намењеним за заштиту сетвеног материјала (семена). Због тога се жива, осим у јестивим морским и слатководним организмима, може наћи и у месу домаћих животиња, као резултат исхране рибљим брашном или житарицама заштићеним препаратима на бази живе. Ове се житарице мешају с незаштићеним које, међутим, и саме могу бити загађене наводњавањем загађеним отпадним индустријским водама. Такође је доказано да земљиште загађено живом у близини металуршких постројења условљава повећан садржај живе у таквим гомољастим биљкама као што су шаргарепа и кромпир.

Олово

Олово је типичан отров који у организам човека доспева преко респираторног и гастроинтестиналног тракта. Тровања оловом су давно позната. Плумбизам, акутно тровање оловом описао је још грчки песник и лекар Nikander пре 2.000 година. Добро је познато, да су бакарни судови за вино имућних Римљана који за разлику од Грка нису знали за тровање оловом, изнутра пресвчлани оловом, а водоводне цеви израђиване од олова, што је за последицу морало имати дуготрајно (хронично) тровање овим металом. Такође је познато да се и у конзервираним намирницама могу наћи повећане количине олова, које углавном потичу из шави конзерве због лемљења легуром калаја и олова, иако се данас добром заштитом унутрашњости

конзерве све више смањује опасност од оваквог додатног загађења. Значајну опасност могу представљати и керамичке посуде ако су глеђосане оловном глеђи, или ако су бојене оловним бојама – а предвиђене су за чување туршије или пића. Да начин амбалажирања знатно утиче на садржај олова у намирницама, потврђују и подаци по којима је у храни за децу из конзерве нађено 0,24 mg/kg олова, а у оној чуваној у стакленој абалажи 0,04 mg/kg. У овом контексту интересантно је поменути случај тровања у Канади 1972. године. Два дечака попила су сок грејпфрута који је у глиненој посуди чуван свега 3 сата. Један од њих је умро од тровања оловом који се у соку налазио у концентрацији од 175 ppm-а. Садржај олова у води за пиће код оловних водоводних инсталација посебно је висок када је вода мека, односно када садржи ниске концентрације калцијума.

Из земљишта, кореновим системом, олово доспева до хранљивих делова биљака, па на тај начин количина олова која доспева у организам човека храном превазилази ону која непосредно доспева преко респираторних органа.

Према истраживањима експерата Светске здравствене организације средње дневно уношење олова уобичајеним намирницама износи од 230 до 350 µg на дан, поред око 100 µg олова које се уноси респираторним путем. Између 75 и 95% олова унетог у организам акумулира се у костима и другим ткивима, претећи да изазове неповратна оштећења мозга и бубрега. Деца чији је нервни систем у развоју су осетљивија од одраслих. Повећане количине олова могу допринети смањеној интелигенцији, смањивању пажње и способности учења или проузроковати хиперактивност.

Кадмијум

Како метални кадмијум, тако и његове соли представљају високотоксичне супстанце које подједнако угрожавају и људе и животиње. Већ 15mg кадмијума по килограму намирнице испољава токсично дејство, при чему је од посебног значаја његов антагонистички однос према цинку и другим есенцијалним катјонима. Кадмијум није нађен у организму новорођенчета, али се у телу педесетогодишњака налази између 20 и 30mg. Ова количина се постепено уноси углавном намирницама. Истраживања спроведена на узорцима свеже прерађених и конзервираних намирница, указала су на скоро небитан удео технолошких загађивања. Од храном унете количине у организму се задржава око 5% кадмијума, при чему ова количина зависи од количине беланчевина, калцијума, витамина Д и неких микроелемената (цинк) који истовремено доспевају у организам.

Описана су тровања кадмијумом преко загађеног сладоледа (50mg по порцији) као и воћних сокова, уз напомену да уношење 90mg кадмијума може имати смртни исход.

Постоји неколико евидентираних случајева кадмијумског тровања људи због употребе загађене рибе или воде. Најзначајнија интоксикација – болест итај-

итај, дијагностикована је код житеља префектуре Тојама (Јапан) у периоду 1940-1960-те године. У овој области су необрађене отпадне воде рудника цинка и флотациони муљ компаније Макиоко, која се налазила 50km узводно од тровањем погођеног подручја, испуштани у мале реке па је и вода за пиће била јако загађена. Вода из реке Јинцу је употребљена за наводњавање пиринчаних поља која су на тај начин значајно загађена. У току 1947. године код 44 становника села Фуку уз обалу реке оболело је од необичне болести реуматске природе. Током наредних година укупно је оболело око 200 људи који су се хранили пиринчем загађеним кадмијумом, а преминуло је 100 закључно са крајем 1965. године. Симптоми болести итај-итај (што значи ух-ух према крицима оболелих због болних скелетних деформитета) чији су се узроци открили тек 1961. године, испољавали су се у омекшавању костију, калцификацији и оштећењу бубрега. То је доводило до скелетних деформација и дисфункције бубрега. Тровање је праћено многим патолошким преломима. Будући да се кадмијум акумулира у органима и има дуго биолошко полувреме (10-30 година), употреба у дужем временском интервалу малих количина загађених риба на пример, може довести до различитих облика интоксикација кадмијумом.

Арсен

У елементарном облику је отрован само при високим концентрацијама, али су зато, његова једињења (као што су арсен триоксид, арсенити и арсенати) необично токсична.

Средњи садржај арсена у трави и сену из околине термоелектрана на мрки угаљ износи око 10mg/kg. При исхрани крава овим сеном за релативно кратак временски период дошло је до појаве симптома који су се карактерисали губитком апетита, смањивањем тежине и приноса млека у којем је нађен повећан садржај арсена. Код деце из близине термоелектрана где се сагорева угаљ који садржи 1.000 до 1.500 g арсена по тони примећене су респираторне сметње и губитак косе. Нормалан садржај арсена у животним намирницама не превазилази 1mg/kg.

Према неким истраживањима, као последица употребе пива са садржајем арсена у висини од 15 mg/dm³ у САД је 1900. године отровано око 6.000 људи, од којих је седамдесетак преминуло. У Канади је 1934. године дошло до тровања при коришћењу воде из бунара који су се напајали водом која је била у контакту са кречњаком, а који је садржавао једињења арсена. Тровања су забележена и при употреби воћних сокова, вина и других намирница. Масовно тровање арсеном забележено је и у Јапану 1955. године. До тровања 12.131 деце од чега је 130 преминуло дошло је због употребе млека у праху коме је као стабилизатор додат нитријум-фосфат загађен арсеном. Ова деца су у периоду од 33 дана у организам унела у просеку око 80 mg арсена.

Постоји сумња да је арсен канцероген, међутим немогућност потврђивања епидемиолошких доказа

експерименталним подацима довела је до закључка да се арсен јавља као коканцероген. Показано је да постоји позитивна корелација доза-одговор између концентрације арсена (максимум 1,82 mg/dm³) у води за пиће на Тајвану и случајева рака коже.¹⁹ Слична позитивна корелација уочена је код радника ангажованих на производњи арсената олова и калцијума, између смртности од рака плућа и повећаног садржаја арсена у радној средини. Мишљења о мутагености арсена су подељена док ембриотоксичност и тератогеност нитријум арсената зависе од дозе унете у организам.

Селен

Његово токсично дејство утврђено је у односу на домаће животиње, при њиховој исхрани биљкама које расту на земљишту богатом селеном. Тако је 1949. године забележен случај акутног тровања стада оваца које се налазило на испашама на простору са селеновим биљкама, и које је угинуло за једну ноћ. Обољевања људи који живе у сличним областима нису описана, мада елиминација селена урином код њих достиже 200 µg на 100 cm³. Доспевање повећаних количина селена у организам човека на територији биогеохемијских селенских области може изазвати оштећења ноктију, косе, зубне глеђи, анемију и нервна растројства. Природни садржај селена у животним намирницама налази се у распону 0,01-0,5 mg/kg. Садржај селена у биљкама које расту на земљишту богатом овим елементом може достићи у овсу 10, кукурузу до 15 и луку до 18 mg/kg. Новији резултати истраживања указују на антиканцерогену активност селена која је повезана са његовим антиоксидативним и инхибирајућим дејством на нуклеазе и самим тим и на пожељност његовог уношења у одређеним концентрацијама.

Калај

Сматра се природном компонентом животних намирница, док повећан садржај изазива непријатан метални укус на живу. Прашина индустријских постројења у којој се налази калај другоразредног је значаја у процесу загађивања намирница овим металом. Према постојећим подацима у крављем млеку из загађених подручја садржај калаја износио је 144 µg/dm³ у односу на 33 µg/dm³ у млеку из чистих области.

Главне изворе загађивања представљају конзерве од белог лима (хладно ваљан, нискоугљенични лим превучен са обе стране комерцијално чистим калајем). У зависности од конзервираног продукта у њима се могу налазити различите количине калаја. Тако је, на пример, доказано да у конзервираној шаргарепи која је 114 година чувана у посудама од белог лима садржај калаја износио 2.440 mg/kg. Релативно висок садржај калаја (600-800 mg/kg) био је установљен и у лименим конзервама које су стајале 15 дана. У конзервама се у прописаном року трајности садржај калаја креће од 20 до 175 mg/kg. Треба нагласити да се садржај калаја у отвореним конзервама повећава због могућег анодног растварања калаја у присуству ваздушног кисеоника. Услед тога у току неколико дана може доћи

Табела 1. Садржај калаја у неким животним намирницама чуваним у ПВХ боцама.

МЕРЕЊА	МЛЕКО	СОК ЈАБУКЕ	БИЉНО УЉЕ	МИНЕРАЛНА ВОДА
садржај калаја на почетку експеримента	0,02	0,00	0,08	0,076
садржај калаја после складиштења*	0,04	0,02	0,09	0,088
екстраховано из ПВХ боце	0,02	0,02	0,01	0,01

* Све намирнице чуване су два месеца, на температури од 60 °С осим млека које је чувано 2 недеље на 65 °С у ПВХ боцама које су као стабилизатор садржавале калај.

до значајног повећања његовог садржаја. Тако је, на пример, садржај калаја у компоту у току 3-4 дана по отварању повећан са 65 на 200 mg/kg.

Калај у намирнице може доспети и из амбалаже израђене од поливинилхлорида што најбоље илуструју подаци наведени у табели 1.

Садашње процене показују да ће променом савремених материјала и метода за паковање доћи до смањења садржаја калаја, али да ће, истовремено, расти загађеност животне средине због повећања примене органокалајних једињења, па се може очекивати исти или чак повишени садржај овог метала у намирницама.

Бакар

Спада у микроелементе неопходне за складно одвијање важних животних процеса. У организму одраслог човека налази се у количини од 100 до 150 mg, а недостатак бакра у исхрани проузрокује анемију.

Основни извори загађивања намирница овим металом су бакарни судови који се примењују у прехранбеној индустрији (котлови, цевоводи, апаратура). Осим тога и примена бакарних фунгицида може знатно допринети повећању садржаја бакра, нарочито у случајевима када се не поштује каренца, односно време које мора протећи од примене пестицида до употребе плода.

Цинк

То је метал ниске токсичности, а случајна акутна тровања њиме везана су за неправилну употребу цинкованих посуда, на пример за припремање салата.

Хронична тровања цинком нису забележена. Основна количина цинка у животним намирницама природног је порекла, и према постојећим подацима износи 0 до 20 mg/kg. Висок садржај цинка нађен је у желатину – до 2.000 mg/kg – пшеници и неким врстама воћа (до 100 mg/kg) док се у жуманцету налази око 45 mg/kg. Повећана акумулација тешких метала може довести до недостатка цинка у организму човека, што за последицу има смањену активност фермената и имунолошких реакција, а такође и спорије зарастање рана.

Као што је већ напоменуто, систем производње, обраде и продаје хране представља сложен, концентрисан и динамичан ланац активности који започиње производњом сирових пољопривредних производа на фармама, воћњацима и ранчевима, наставља се процесом индустријске обраде и настанком вреднијих производа, а затим долази до малопродајних објеката и објеката у којима се служи храна (ресторани и кухиње) где се ти производи припремају и продају потрошачима. Сваки сектор овог система је јединствен по својој величини, обиму и ширини и развија се и прилагођава демографским променама и променама у начину живота, науци и технологији и захтевима потрошача. Како би се што потпуније схватила улога санитарних мера у прехранбеној индустрији битно је разумети посебност сваког сектора овог система.

Пољопривреда представља највећу индустријску грану у свету и укључује више људи него све остале гране заједно. Иако се број фарми смањује, укупна производња на фармама је у порасту, указујући тако на све ефикаснију производњу. Ова ефикасност у производњи хране је довела до тога да се потрошачима

Табела 2. Штетно дејство и дистрибуција токсина у организму

Витални органи	Врста токсичне материје					
	Цијанид	Арсен	Жива	Олово	Кадмијум	Хром
Срце	+	+	+	+		
Плућа	+	+		+	+	+
Желудац	+	+		+		+
Бубрези		+	+	+	+	+
Јетра		+	+	+		
Црева				+	+	
Кожа	+		+	+		
Нер. систем		+		+		
Фетус			+	+		
Кости				+	+	

нуди широк асортиман производа. Иако се структура тржишне пољопривреде, као и сам начин производње, драстично променила током година, резултат тога је веће, јефтине, разноврсније и сигурније снабдевање храном. Постројења за обраду хране и пића претварају сирове пољопривредне производе у прехранбене полупроизоде или у јестиве производе. Како би наставиле са привлачењем потрошача и повећањем продаје, зараде и удела на тржишту, компаније које се баве обрадом хране се реорганизују и проширују своје могућности, смањују трошкове, и развијају нове, вредније производе. Највећа пажња овог развоја нових производа посвећена је готовим јелима.

Динамика и значајне промене у свим секторима система производње, обраде и продаје хране наглашавају значај санитарних и сигурносних мера у обезбеђивању исправних и здравих намирница. Сви сектори би требало да раде заједно како би осигурали нарушен систем исправности хране.

Како је прехранбена индустрија постајала већа и разноврснија, и како су се појављивали нови ризици по безбедност хране, мере за очување исправности хране и санитарне мере су добијале на значају у заштити општег здравља људи. Многе компаније агресивно намећу питања заштите исправности хране у својим капацитетима како би спречиле биолошке, хемијске и физичке ризике који би довели до болести и повреда потрошача. Ова питања су повећала потребу код запослених у прехранбеној индустрији да схвате елементарну важност мера за очување исправности намирница и санитарних мера и важност достизања и одржавања хигијенских услова у просторијама са храном. Они који схватају биолошку основу иза ових мера и разлоге због којих се оне спроводе, ће постати ефикаснији у обезбеђивању исправности производа које гаје, производе, обрађују и продају.²⁰

ЗАКЉУЧАК

Како се индустрија све више развија тако је потребно обратити посебну пажњу на намирнице које свакодневно уносимо у организам. Потребно је испитати и реологијске карактеристике одређених намирница и у складу са њима их производити да буду квалитетне, пуног укуса али и здраве. Доста је потребно водити бригу и о загађивању животних намирница токсичним металима од којих поједини могу имати и кобне последице.

Abstract

FOOD RHEOLOGY WITH A BRIEF OVERVIEW OF TOXIC METAL CONTAMINATION

Snežana Radisavljević, Ana Rilak Simović

Faculty of Science, University of Kragujevac, Radoja Domanovića 12, P.O. Box 60, 34000 Kragujevac, Serbia

In the middle of the last century, science of food appeared as a field of applied chemistry. Knowledge of chemistry and microbiology of food is growing thanks to extensive systematic studies of various fields of science. Rheology can show us texture, flow etc., but as the industry is rapidly developing in the last few years, and the level of food pollution is rising, it is necessary to look back on food pollution in addition to rheological tests.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ph. Born: *Der Konditor der Neuzeit*; B.F. Voigt, Leipzig; 1912
2. P. Fischer, E. J. Windhab, *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 2011, **16**, 36-40
3. S. Backett, *The Science of Chocolate*, Cambridge, RSC Publishing, 2008, 11-38.
4. E. Windhab, M. Sressler, K. Feigl, P. Fischer and D. Megias- Igucil, *Chem. Eng. Sci.*, 2005, **60**, 2101-2113.
5. C. Servais, H. Ranc and I. Roberts, *J. Texture Stud.*, 2004, **34**, 467-97.
6. T. Do, J. Hargreaves, B. Wolf, J. Hort and J. Mitchell, *J. Food Sci.*, 2007, **72**, 541-552.
7. D. Gunes, R. Scirocco, J. Mewis and J. Vermant, *J. Non-Newtonian Fluid Mech.*, 2008, **155**, 39-50.
8. P. Burey, B. Bhandari, R. Rutgers, P. Halley and P. Torley, *Int. J. Food Prop.*, 2009, **12**, 176-210.
9. H. Barnes, *J. Non-Newtonian Fluid Mech.*, 1999, **81**, 133-178.
10. A.-L. Koliandris, C. Morris, L. Hewson, J. Hort, A. Taylor and B. Wolf, *Food Hydrocolloids*, 2010, **24**, 792-799.
11. A. Maragoni, *Proceedings of the 5th International Symposium on Food Rheology and Structure*, 2009, 38-45.
12. A. Donald, *Nat. Mater.*, 2004, **3**, 579.
13. R. Mezzenga, P. Schurtenberger, A. Burbidge and M. Michel, *Nat. Mater.*, 2005, **4**, 729-740
14. J. Stokes and W. Frith, *Soft Matter*, 2008, **4**, 1133-1140.
15. J. Mewis and A. Dullaert, *J. Non-Newtonian Fluid Mech.*, 2006, 139, 21-30.
16. M. Fuchs, *Non-Linear Rheological Properties of Dense Colloidal Dispersions*, 2009.
17. C. Pieske, *Marzipan aus Lübeck*, 1997.
18. T. Mezger, *Das Rheologie Handbuck*, 2000.
19. K. K. Turekian, K. H. Wedepohl, *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 1961, **72**, 175-192.
20. P. Jelenković, Lj. Jelenković, *Životna sredina u dokumentima Evropske unije*, 2012.



ВЕСТИ из ШКОЛЕ ВЕСТИ за ШКОЛЕ

ИЗВЕШТАЈ О УЧЕШЋУ СРБИЈЕ НА 49. МЕЂУНАРОДНОЈ ХЕМИЈСКОЈ ОЛИМПИЈАДИ

У Након Патому (Тајланд) је од 6. до 15. јула 2017. одржана 49. Међународна хемијска олимпијада, на којој је учествовало 296 такмичара из 76 земаља. То је било шесто учешће Србије на овом, најугледнијем такмичењу из хемије ученика средњих школа. Такмичење се састојало од теоријског дела (једанаест задатака), који носи 60 поена, и експерименталног дела (три задатка), који носи 40 поена. Сви наши ученици су освојили медаље – сребрну медаљу Дамјан Чубраковић, ученик III разреда Математичке гимназије из Београда, а бронзане медаље Анамарија Николетић, ученица IV разреда Математичке гимназије из Београда, Андреј Кукурузар, ученик IV разреда Гимназије „Вељко Петровић“ из Сомбора и Андреј Ковачевић, ученик III разреда Ужичке гимназије. Андреј Кукурузар је био освајач бронзане медаље и прошле године на 48. Међународној хемијској олимпијади у Тбили-

сију. По билансу медаља на овој олимпијади Србија заузима 31. место у свету, а 16. место у Европи. Ово је четврти узастопни пут да сви наши такмичари освајају медаље, по чему смо међу 20 земаља у свету, односно 9 у Европи. Двонедељне припреме за олимпијаду су, у организацији Српског хемијског друштва, одржане на Природно-математичком факултету у Нишу под руководством др Ника Радуловића, редовног професора, и на Хемијском факултету Универзитета у Београду под руководством др Душана Сладића, редовног професора, који су били и ментори екипе на олимпијади. Учесће екипе је финансирано од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја, Српског хемијског друштва, Нафтне индустрије Србије и компаније КПМГ.

ПРАВИЛНИК О ТАКМИЧЕЊУ ИЗ ХЕМИЈЕ УЧЕНИКА ОСНОВНИХ ШКОЛА

I УВОДНЕ ОДРЕДБЕ

Члан 1.

Овај правилник је у складу са важећим Стручним упутством о организовању такмичења и смотри ученика основне и средње школе које је донело Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Овим правилником утврђују се пропозиције Такмичења из хемије ученика основних школа (у даљем тексту: такмичења) које се односе на организацију такмичења, услове за учешће ученика, начине провере знања, вредновања и рангирања ученика, права на жалбу и рок за њено подношење и доделу награда и похвала ученицима и наставницима.

Интернет страна на којој се објављују информације о такмичењу ученика основних школа из хемије је www.mojahemija.org.

Е-адреса Републичке комисије за такмичење ученика основних школа из хемије је osnovne@mojahemija.org.

II ОРГАНИЗАЦИЈА ТАКМИЧЕЊА

Члан 2.

Организатори такмичења су Српско хемијско друштво (у даљем тексту: СХД) и Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије (у даљем тексту: Министарство).

Члан 3.

Такмичење се организује на следећим нивоима:

1. школском
2. општинском
3. окружном (градском, међуокружном)
4. републичком.

Члан 4.

Организација и регуларност сваког нивоа такмичења у надлежности је комисије која организује и реализује одговарајући ниво такмичења.

Школски ниво такмичења организује и реализује комисија коју одређује директор школе и стручно веће школе за области предмета природних наука.

Школска комисија је у обавези да прикупи Изјаве родитеља/старатеља ученика о сагласности за учешће ученика на такмичењу и објављивању података о резултатима ученика на такмичењима.

Општински ниво такмичења организује и реализује комисија коју одређује директор школе домаћина такмичења и представник општинског актива наставника хемије. Општинску комисију чине најмање три наставника хемије из школа са територије те општине. Чланови комисије међусобно бирају председника и заменика председника. Председник сваког општинског актива наставника хемије дужан је да достави име и презиме, као и контакт адресу изабраног председника општинске комисије председнику окружног актива наставника хемије најкасније 15 дана пре датума одржавања окружног такмичења.

Окружни ниво такмичења организује и реализује окружна комисија коју одређује директор школе домаћина и представник окружног актива наставника хемије, у сарадњи са надлежном школском управом. Окружну комисију чине најмање три наставника хемије или особе са најмање високим образовањем из области хемије или сродних научних дисциплина. Чланови комисије међусобно бирају председника и заменика председника. Председник сваког окружног актива наставника хемије дужан је да достави име и презиме, као и контакт адресу изабраног председника окружне комисије на адресу републичке комисије (osnovne@mojahemija.org) најкасније 15 дана пре датума одржавања окружног такмичења.

Изузетно, за округ Град Београд, окружно такмичење се организује на четири територије. На свакој територији примењују се пропозиције које се односе на окружно такмичење. Територије су: Београд-центар, Београд-исток, Београд-запад и Београд-југ. Територија Београд-центар обухвата општине: Стари град, Савски венац, Лазаревац, Обреновац, Барајево и Гроцка. Територија Београд-запад обухвата општине: Нови Београд, Земун и Сурчин. Територија Београд-исток обухвата општине: Врачар, Чукарица, Раковица, Младеновац и Сопот. Територија Београд-југ обухвата општине: Вождовац, Звездара и Палилула.

Два или више окружних актива наставника који су сагласни да заједно организују окружно такмичење (међуокружно такмичење) треба да образложени предлог за одржавање међуокружног такмичења доставе Министарству, до краја фебруара текуће школске године.

Републичко такмичење организује и реализује Републичка комисија. Председника Републичке комисије именује Председништво СХД-а, на период од најмање две године. Члан републичке комисије може би-

ти лице са најмање високим степеном стручног образовања у области хемије.

Члан 5.

Школу домаћина тј. место одржавања општинског и окружног такмичења одређују активи наставника хемије у сарадњи са надлежном школском управом.

Домаћина Републичког такмичења одређује Републичка комисија.

Члан 6.

Језик такмичења је српски. Припадници националних мањина имају право да делове такмичења који се реализују у писаној форми (тест и практична вежба) раде на свом матерњем језику, о чему морају благовремено да обавесте надлежне организаторе такмичења.

Председници окружних комисија дужни су да обавесте Републичку комисију о потребама превођења теста и практичне вежбе на матерње језике ученика који су стекли право да се такмиче.

Члан 7.

Тестове за општински и окружни ниво такмичења СХД благовремено доставља Школским управама, које су задужене за даљу дистрибуцију материјала.

За општинско и окружно такмичење за град Београд, тестове за такмичење преузимају директори школа домаћина или њихови овлашћени представници у канцеларији СХД-а (Карнегијева 4/III, 11000 Београд). Материјал за такмичење може да се преузме у четвртак или петак у недељи у којој се одвија општински или окружни ниво такмичења.

III КАЛЕНДАР И САТНИЦА ТАКМИЧЕЊА

Члан 8.

Календар такмичења који за текућу школску годину објави Министарство обавезујући је за све организаторе такмичења и Републичка комисија не може да мења датуме такмичења објављене у календару.

Члан 9.

Уколико у Календару такмичења, који објављује Министарство, није другачије наведено, израда теста на свим нивоима такмичења почиње у 9 часова.

Израда практичне вежбе на Републичком такмичењу почиње у 9 часова.

IV КАТЕГОРИЈЕ ТАКМИЧЕЊА И САДРЖАЈ ТАКМИЧЕЊА

Члан 10.

Такмичење се одржава у три категорије:

1. Тест и практична вежба за ученике 7. разреда
2. Тест и практична вежба за ученике 8. разреда
3. Тест и истраживачки рад за ученике 7. и 8. разреда.

Члан 11.

Републичка комисија, најкасније 30 дана пре општинског такмичења објављује на интернет страни www.mojahemija.org наставне садржаје које обухвата тест за сваки ниво такмичења.

Члан 12.

Израда теста на сваком нивоу такмичења траје 120 минута.

Укупан број бодова на тесту је 100 бодова за општински и окружни ниво такмичења и 70 бодова за републички ниво такмичења.

Школско такмичење

Члан 13.

Право учешћа на школском такмичењу имају сви ученици 7. и 8. разреда свих основних школа на територији Републике Србије.

На школском такмичењу сви пријављени ученици решавају тест који припремају наставници хемије у школама.

Општинско такмичење

Члан 14.

На општинском такмичењу сви ученици решавају тест који припрема Републичка комисија. На основу резултата теста, општинска комисија формира ранг-листу ученика 7. разреда и ранг-листу ученика 8. разреда.

Окружно такмичење

Члан 15.

На окружном такмичењу сви ученици решавају тест који припрема Републичка комисија.

На окружном такмичењу ученици на тесту означавају категорију у којој се такмиче.

Ученици који се такмиче у категорији Тест и истраживачки рад за ученике 7. и 8. разреда, треба да пошаљу електронску верзију истраживачког рада Републичкој комисији најкасније десет дана пре окружног такмичења на адресу osnovne@mojahemija.org.

Републичка комисија у року од 5 дана након истека рока за слање радова, прегледа достављене истраживачке радове.

Ученици чији истраживачки радови не одговарају експерименталним критеријумима, нису написани према упутствима за писање истраживачког рада и нису достављени у предвиђеном року немају право учешћа на окружном такмичењу.

Републичка комисија, пет дана пре одржавања окружног такмичења, објављује списак ученика који су стекли право да се такмиче у категорији Тест и истраживачки рад за ученике 7. и 8. разреда на окружном такмичењу.

Садржај рада се не може мењати између окружног и републичког нивоа такмичења.

На основу резултата теста, окружна комисија формира ранг-листу ученика за категорију Тест и практична вежба за ученике 7. разреда, ранг-листу ученика за категорију Тест и практична вежба за ученике 8. разреда и ранг-листу ученика за категорију Тест и истраживачки рад за ученике 7. и 8. разреда.

Републичко такмичење

Члан 16.

Републичко такмичење се организује у два дана.

Првог дана такмичења, сви ученици решавају тест. Ученици који се такмиче у категорији Тест и истраживачки рад и који су на основу резултата теста стекли право, презентују и бране своје истраживачке радове.

Другог дана такмичења практичну вежбу раде ученици који су на то стекли право на основу резултата теста, у категоријама Тест и практична вежба за ученике 7. разреда и Тест и практична вежба за ученике 8. разреда.

Практична вежба

Члан 17.

У оквиру практичне вежбе ученици решавају задатке који подразумевају експериментални рад. Практична вежба траје 60 минута и оцењује се са највише 30 бодова.

Практичну вежбу ради највише 30% најбоље пласираних ученика од укупног броја ученика који су решавали тест, уз услов да су на тесту освојили најмање 50 бодова.

Истраживачки рад

Члан 18.

Истраживачке радове, на Републичком такмичењу, излажу и бране ученици који су на тесту освојили најмање 50 бодова.

Члан 19.

Експериментални критеријуми за истраживачки рад су следећи:

- Један истраживачки рад припрема један ученик;

- Истраживачки рад је резултат самосталног експерименталног рада ученика и треба да буде у оквиру садржаја наставних програма за седми и осми разред, узимајући у обзир да захтеви експерименталног дела рада морају да буду на нивоу могућности боље опремљене школске лабораторије;

- Истраживање не подразумева извођење огледа у којима је резултат унапред познат. Прегледни радови (скуп литературних података на неку тему) или извођење/понављање демонстрационих огледа и лабораторијских вежби из уџбеника за различите нивое образовања, не прихватају се као истраживачки рад.

Списак са насловима тема истраживачких радова, за сваку годину, Републичка комисија објављује на интернет страни такмичења и ове теме не могу бити

предмет израде истраживачког рада у наредне три школске године.

Члан 20.

Истраживачки рад треба да буде написан према следећим упутствима:

- дужина рада од 8 до 15 куцаних страна, са свим прилозима

- проред 1,5

- фонт Times New Roman

- величина слова 12

- маргине 2,5 cm

- структура рада: насловна страна (назив рада, име и презиме ученика, назив школе, разред, име и презиме наставника хемије); теоријски увод (преглед сазнања о теми која се експериментално истражује); експериментални део (циљ рада, приказ коришћених метода, прибора/инструмената и супстанци); дискусија добијених резултата; закључак; преглед литературе и евентуални прилози.

Члан 21.

Школа ученика који се пласирао на Републичко такмичење у категорији Тест и истраживачки рад за ученике 7. и 8. разреда, обавезна је да у року од 5 радних дана по објављивању листе учесника Републичког такмичења, пошаље по два примерка штампаних радова на адресу канцеларије СХД-а (Карнегијева 4/III, 11000 Београд), са напоменом за председника Републичке комисије за такмичење основних школа.

Члан 22.

Одбрана истраживачких радова је јавна.

Истраживачки рад ученик излаже пред Комисијом од најмање два члана. Током представљања рада, у укупном трајању од 15 до 20 минута, ученик треба да изложи предмет и циљ рада, прикаже део експерименталних радњи, наведе најважније резултате и закључке до којих је дошао и да одговара на питања Комисије.

V ПЛАСМАН НА ВИШИ НИВО ТАКМИЧЕЊА

Члан 23.

На општинском нивоу такмичења такмиче се ученици изабрани према критеријумима које утврђује организатор школског такмичења.

Члан 24.

Директан пласман на окружно такмичење остварује најбоље пласирани ученик општинских такмичења у категоријама Тест и практична вежба за ученике 7. разреда и Тест и практична вежба за ученике 8. разреда, без обзира на број освојених бодова, као и сви ученици који су на тесту на општинском такмичењу освојили најмање 71 бод.

Члан 25.

Директан пласман на Републичко такмичење остварује најбоље пласирани ученик окружних такмичења у категоријама Тест и практична вежба за ученике 7. разреда, Тест и практична вежба за ученике 8. разреда и Тест и истраживачки рад за ученике 7. и 8. разреда, без обзира на број освојених бодова.

Са међуокружног такмичења право учешћа на Републичком такмичењу има онолико најбоље пласираних ученика, у свакој категорији такмичења, колико има округа који су организовали заједничко такмичење.

На основу ранг-листе, формиране тако да се на листи налазе сви остали ученици који су се такмичили на окружном такмичењу, Републичка комисија позива на републичко такмичење још највише по 40 најбоље пласираних ученика у категоријама Тест и практична вежба за ученике 7. разреда и Тест и практична вежба за ученике 8. разреда и још највише 10 најбоље пласираних ученика у категорији Тест и истраживачки рад за ученике 7. и 8. разреда.

Члан 26.

Листе ученика који су стекли право да учествују на Републичком такмичењу Републичка комисија утврђује најкасније 15 дана пре почетка републичког такмичења и објављује на интернет страни: www.mojahemija.org.

VI ОБЈАВЉИВАЊЕ РЕЗУЛТАТА, ПРАВО НА ЖАЛБУ И РОК ЗА ПОДНОШЕЊЕ ЖАЛБЕ

Члан 27.

Након објављивања прелиминарних ранг-листа са резултатима теста, на свим нивоима такмичења и практичне вежбе на републичком такмичењу, ученик у пратњи свог наставника, у присуству члана комисије, има право увида у бодовани рад. Надлежна комисија је дужна да, уз објављивање ранг-листа, објави и временски период у коме ће омогућити увид у бодоване радове. Временски период за увид у бодоване радове мора бити искључиво у дану такмичења.

Ученик и наставник могу да упуте комисији жалбу на бодовање рада искључиво у писаној форми, у року од 15 минута након истека временског периода предвиђеног за увид у бодоване радове. Накнадне жалбе неће бити разматране.

О жалбама одлучује председник надлежне комисије и његова одлука је коначна.

Члан 28.

На бодовање садржаја и одбране истраживачког рада није могуће упутити жалбу.

Члан 29.

Након истека рока за жалбе и одлуке председника комисије о пристиглим жалбама надлежна комисија формира и објављује коначне ранг-листе са резултатима такмичења.

VII ДИПЛОМЕ, НАГРАДЕ И ПОХВАЛЕ

Члан 30.

Дипломе и похвалнице Министарства додељују се само на Републичком такмичењу.

Прво место на републичком такмичењу припада ученику који освоји највећи број бодова. Друго и треће место припада ученицима који према даљем редоследу имају највећи број бодова. Ученици који имају исти број бодова деле одговарајуће исто место.

Три најбоље пласирана ученика на Републичком такмичењу (са највећим укупним бројем бодова на коначној ранг листи након другог дана такмичења), у свакој од категорија такмичења, добијају дипломе Министарства. Следећа три ученика са исте листе добијају похвалнице Министарства, у оба случаја са потписима ресорног Министра и председника СХД-а.

Дипломе Министарства се додељују и наставницима првопласираних ученика у свакој од такмичарских категорија.

Члан 31.

Као награду за успех постигнут на Републичком такмичењу, СХД додељује дипломе, које потписује председник Друштва. Ове дипломе се, у свакој од категорија такмичења, додељују на основу прерачунатог укупног броја освојених бодова, према следећим критеријумима: I награда: 90,00-100 бодова, II награда: 80,00-89,99 бодова и III награда: 70,00-79,99 бодова.

Бодови се прерачунавају према формули: $n \cdot 100 / n_{\max}$ где је n број освојених бодова ученика, а n_{\max} је број бодова првопласираног ученика на коначној ранг листи.

Члан 32.

Сви ученици који су се такмичили на Републичком такмичењу добијају похвалнице СХД-а, потписане од стране председника Друштва и председника Републичке комисије.

Члан 33.

Додела диплома, похвалница и награда на општинском и окружном такмичењу је у искључивој надлежности школа организатора такмичења.

Организатори нижих нивоа такмичења могу да додељују дипломе, награде и похвалнице, које потпи-

сују директор школе домаћина и председник одговарајуће комисије, као награду за успех ученика постигнут на том нивоу такмичења, према истом критеријуму као за Републичко такмичење.

VIII ИЗВЕШТАЈИ СА ТАКМИЧЕЊА

Члан 34.

Организатори такмичења достављају извештај Министарству о реализованом такмичењу у року од седам дана по одржаном такмичењу/смотре, на обрасцу који је доступан на званичној интернет страници Министарства.

Члан 35.

Председници општинских комисија обавезни су да у року од два радна дана након такмичења, доставе председницима окружних комисија електронске верзије коначних ранг-листа, у обрасцима преузетим са интернет стране www.mojahemija.org/osnovna.

Члан 36.

Извештај са окружног такмичења, потписан од стране свих чланова комисије, заједно са коначним ранг-листама за све категорије и комплетним материјалом о примљеним жалбама, председници окружних комисија обавезни су да доставе надлежној Школској управи у року од пет радних дана након завршетка такмичења.

Председници окружних комисија обавезни су да у року од пет радних дана након такмичења, доставе Републичкој комисији електронске верзије коначних ранг-листа за све три категорије, у обрасцима преузетим са интернет стране www.mojahemija.org/osnovna на адресу osnovne@mojahemija.org.

Председници окружних комисија дужни су да уз слање ранг-листа доставе информације о потреби превођења теста и практичне вежбе на језике националних мањина.

Члан 37.

Републичка комисија објављује резултате Републичког такмичења у року од два радна дана по завршетку такмичења на интернет страници www.mojahemija.org/osnovna.