

ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД

год. 59

бр. 4 (септембар)

YU ISSN04406826

UDC 54.011.93

ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД CHEMICAL REVIEW



Годиште 59

број 4
септембар

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

Volume 59
NUMBER 4
(September)

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
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 2018. годину износи:

- за све запослене и студенте докторских студија 1.800,00
- за професоре у основним и средњим школама..... 1.000,00
- за пензионере, студенте основних и мастер студија,
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

Лидија ВРХОВАЦ
Lidija VRHOVAČ
МЕХАНИЗМИ Б-ЋЕЛИЈСКЕ ТОЛЕРАНЦЕ
MECHANISMS OF B-CELL TOLERANCE 78

Марија БЛАЖИЋ
Marija BLAŽIĆ
КАРАКТЕРИСТИКЕ И ПРИМЕНА ЦЕЛОБИОЗА-
ДЕХИДРОГЕНАЗЕ
*CHARACTERISTICS AND APPLICATION OF CELOBOZA-
DEHYDROGENASE* 81

ВЕСТИ из ШКОЛА / ВЕСТИ за ШКОЛЕ

Милица СТЕФАНОВИЋ, Марија СИМИЋ, Невена ВУЈИЋ
Milica STEFANOVIĆ, Marija SIMIĆ and Nevena VUJIĆ
РАДИОНИЦА: НУКЛЕИНСКЕ КИСЕЛИНЕ - СТРУКТУРА,
СВОЈСТВА И ФУНКЦИЈА МОЛЕКУЛА ДНК
*WORKSHOP: NUCLEIC ACIDS - STRUCTURE, PROPERTIES
AND FUNCTION OF DNA* 86

ВЕСТИ ИЗ СХД

Извештај о резултатима са 54. Републичког такмичења
из хемије за ученике основних школа 91
54. Републичко Такмичење из хемије ученика средњих школа 96
55. Саветовање Српског хемијског друштва 98
Извештај о учешћу Србије на 50. међународној хемијској
олимпијади 99
Скуп посвећен академику др Радославу Адићу 99



УВОДНИК

У овом тренутку ситуација са *Хемијским њрепедом* око редовности излашења јесте нешто боља него што је била током 2016. и 2017. Од почетка 2018. године најпре смо попунили три броја "мањка" из претходне године, а затим наставили са бројевима из 2018. До овог тренутка је у 2018. изишло три броја, док је овај четврти (септембарски), који је пред вама, изишао са закашњењем од два месеца. Разлог за кашњење је, као и увек до сада током последње три године, одсуство радова пристиглих у Редакцију. Од пристиглих радова би требало да се прави избор. Напор који смо уложили проф. Мишковић и ја у протеклом периоду да подстакнемо ауторе-лауреате награда (које је додељивало СХД током протеклих година) на писање чланака за *Хемијски њрепед* делимично је успео, као једнократна мера, али је "осека у приливу" и даље присутна. У овом тренутку стање јесте нешто боље него прошле, а поготово него претпрошле године. Али, стање НИЈЕ ДОБРО. Стога понављам АПЕЛ СВИМ КОЛЕГАМА, чланвима СХД, да пишу текстове које ћемо публиковати у *Хемијском њрепеду*, и на тај начин придобити младе за нашу науку.

Важна особина имуног система је његова способност да реагује на велики број међусобно различитих антигена страног порекла, а да притом не реагује на антигене сопственог организма. Изостанак одговора на антигене сопственог организма назива се имунолошка толеранца. Имунолошка толеранца на сопствене антигене је изузетно важна особина имуног система и неопходна је за нормално функционисање организма. Имуни систем, такође, мора да толерише присуство микроорганизама који су у симбиотском односу са хуманим домаћином, док имуни систем трудница треба да прихвати фетус који испољава антигене пореклом од оца. Постоје различити механизми толеранце, а ако они откажу имуни систем може да нападне ћелије сопственог организма. Болести које настају на овај начин називају се аутоимуне болести.

У основи аутоимунних обољења леже прекиди у имунолошкој толеранци. Имунолошка толеранца омогућава преживљавање микроорганизама који су у симбиотском односу са домаћином, као и одржавање трудноће. Познавање механизма толеранце даје нам могућност да контролишемо непожељне реакције имуног система. У раду "*Механизми Б-ћелијске толеранце*" аутор **Лидија ВРХОВАЦ** (студент биохемије се Хемијског факултета Универзитета у Београду) дала је преглед механизма централне и периферне толеранце Б-ћелија.

Ћелијски зид дрвенастих ткива виших биљака има комплексну, физички робусну и хемијски стабилну структуру. Главна компонента ових ткива је целулоза израђена из β -1,4-глюканских ланаца који се не гранају и који формирају мање или више кристалних свежјева микрофибрила. Уграђени су у смесу хемицелулоза, које су често разгранате и аморфније него целулоза и лигнин који је делимично насумичан и разгранат полимер. Овај биљни ћелијски зид додатно садржи и малу количину протеина, скроба, пектина и воска. Дрво, иако енергетски богато, тешко је микробиолошки разградити јер је комплексне и хетерогене структуре.

Ензими који учествују у разградњи ћелија дрвета имају многе необичне и са теоријског становишта занимљиве особине. Целоброза-дехидрогеназа (ЦДХ) је екстрацелуларни ензим. Продукују је многе гљиве које разграђују дрво. ЦДХ оксидује целодекстрине до одговарајућих лактона, користећи широк спектар различитих акцептора електрона. Биолошка функција ЦДХ још увек није у потпуности сагледана, али скорашње студије указују на механизам у ком се формира хидроксил-радикал. ЦДХ је нашла техничку примену у изради амперометријских биосензора и у другим апликацијама. У свом раду под насловом "*Карактеристике и примена целоброза-дехидрогеназе*" нам је **Марија Блажић** (истраживач сарадник, Институт за хемију, технологију и металургију, Центар за хемију, Београд, Србија) приближила ово интересантно поље хемије.

У рубрици *Хемија из/за школе*, а у чланку "*Радионица: нуклеинске киселине - структура, својства и функција молекула ДНК*" аутора **Милице СТЕФАНОВИЋ**, **Марије СИМИЋ** и **Невене ВУЈИЋ** (све су студенти пете године интегрисаних академских студија Наставе хемије на Хемијском факултету Универзитета у Београду) приказан је сценарио радионице која обухвата лабораторијску вежбу ученика током које они изолују молекуле ДНК из биљног материјала, а након тога праве моделе молекула ДНК. Радионица је планирана за ученике четвртог разреда гимназије природно-математичког смера. Потребно време за реализацију радионице су два школска часа. Циљеви ове радионице били су да ученици: 1. у групама изводе оглед изоловања молекула ДНК из биљног материјала на основу датог прописа; 2. правилно и безбедно рукују лабораторијским посуђем; 3. да решавају задатак како би прикупили податке неопходне за креирање модела молекула ДНК 4. да примене стечена теоријска знања о структури молекула ДНК, и 5. да вежбају рад у групи, излажу идеје, критички разматрају могућа решења бирајући најбоље.

У рубрици *Вести из СХД* у овом броју *Хемијског њрепеда* наћи ћете серију извештаја о већем броју активности у организацији Српског хемијског друштва током овга пролећа и лет 2018. године. Најпре то је извештај о такмичењима уеника, и то: **Извештај о резултатима са 54. Републичког такмичења из хемије за ученике основних школа**, затим **Извештај о резултатима са 54. републичког такмичења из хемије ученика средњих школа**, уз **Извештај о учешћу тима из Србије на 50. међународној хемијској олимпијади**. У овој рубрици наћи ћете и извештај са **55. Саветовања Српског хемијског друштва**, које је одржано у Ректорату Универзитета, Нови Сад, у периоду 8-9. јун 2018. године. Сем тога ту је и извештај о **Скупу посвећеном академику др Радославу Ацићу**, пошто је Електрохемијска секција Српског хемијског друштва 30. августа 2018. године организовала скуп поводом одласка у пензију академика др Радослава Ацића, који је свој научни рад завршио у Брукхевен националној лабораторији у Сједињеним Америчким Државама (Brookhaven National Laboratory, USA).

Рагко М. Јанков



ЧЛАНЦИ



Лидија ВРХОВАЦ, студент, Универзитет у Београду - Хемијски факултет, Студентски трг 12-16, 11000, Београд, Србија (E-mail: lidija.vrhovac@gmail.com)

МЕХАНИЗМИ Б-ЋЕЛИЈСКЕ ТОЛЕРАНЦЕ

Имунолошка толеранца на сопствене антигене је изузетно важна особина имуног система и неопходна је за нормално функционисање организма. У основи аутоимуних обољења леже прекиди у имунолошкој толеранци. Имунолошка толеранца омогућава преживљавање микроорганизама који су у симбиотском односу са домаћином, као и одржавање трудноће. Познавање механизма толеранце даје нам могућност да контролишемо нежељене реакције имуног система. У раду је дао преглед механизма централне и периферне толеранце Б-ћелија.

УВОД

Важна особина имуног система је његова способност да реагује на велики број међусобно различитих антигена страног порекла, а да притом не реагује на антигене сопственог организма. Изостанак одговора на антигене сопственог организма назива се имунолошка толеранца. Имуни систем, такође, мора да толерише присуство микроорганизама који су у симбиотском односу са хуманим домаћином, док имуни систем трудница треба да прихвати фетус који испољава антигене пореклом од оца. Постоје различити механизми толеранце, а ако они откажу имуни систем може да нападне ћелије сопственог организма. Болести које настају на овај начин називају се аутоимуне болести.

Након везивања антигена за рецептор на лимфоцитима могући су различити сценарији. Једна могућност је активација, пролиферација и диференцијација лимфоцита који постају ефекторске, односно меморијске ћелије. Антигени који покрећу овакав, продуктиван имунолошки одговор називају се имуногени. Друге могућности су инактивација и смрт лимфоцита, а резултат је толеранца. Антигени који покрећу овај пут називају се толерогени.

Имунолошка толеранца у зависности од места у организму где се индукује може бити централна, односно периферна. Централна толеранца представља толеранцију искључиво на сопствене антигене који се налазе у централним лимфним органима, коштаном сржи и тимусу. Толеранца на сопствене антигене који се не налазе у централним лимфним органима мора да се успостави на периферији и одржава се периферним

механизмима. Будући да су полисахариди, липиди и нуклеинске киселине Т-независни антигени, толеранција на сопствене антигене из ових група мора да се развије код Б-ћелија.

ЦЕНТРАЛНА ТОЛЕРАНЦА Б-ЋЕЛИЈА

Током развоја све про-Б-ћелије код којих се одиграла успешна V(D)J рекомбинација постају пре-Б-ћелије које експримирају и исказују на својој површини тешки ланац Б-ћелијског рецептора заједно са сурогат лаким ланцем и Igα и Igβ протеинима, који су неопходни за пренос сигнала приликом везивања антигена. У овом стадијуму развоја одиграва се прва провера Б-ћелијског рецептора, тачније његовог везивања за антигене сопственог организма [1].

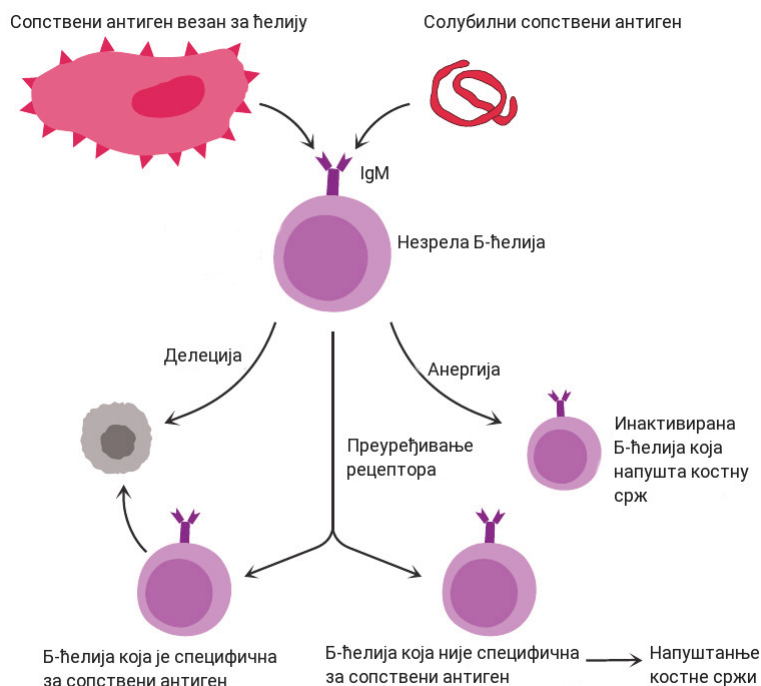
Када се заврши VJ рекомбинација лаког ланца и када се на површини Б-ћелија искажу комплетни Б-ћелијски рецептори, незреле Б-ћелије постају подложне провери везивања сопствених антигена [1]. У случају да незреле Б-ћелије интерагују са сопственим антигенима којима су изложене у коштаном сржи, постоји неколико могућности [2]. Описана су три механизма централне Б-ћелијске толеранце (Слика 1.):

- преуређивање рецептора;
- делеција;
- анергија.

Преуређивање рецептора и делеција

У случајевима када постоји снажна интеракција између Б-ћелијског рецептора и неког антигена сопственог организма, што се често дешава када је антиген мултивалентан, код Б-ћелија индукују се процеси који доводе или до преуређивања рецептора или до ћелијске смрти (делеције).

Преуређивање рецептора подразумева поновну експресију RAG гена (енг. recombination-activating genes). Два протеина који су кодирани овим генима, RAG1 и RAG2, формирају комплекс са нуклеазном активношћу и омогућавају поновну рекомбинацију лаког ланца Б-ћелијског рецептора [4]. Током рекомбинације J регион који је коришћен за добијање лаког ланца који реагује на сопствене антигене замењује се неким од низводних J региона. Новонастали лаки ланац заједно са непромењеним тешким ланцем даје но-



Слика 1. Централна Б-ћелиска толеранца. Механизам толеранце у највећој мери зависи од јачине интеракције између Б-ћелијског рецептора и антигена (преузето из [3]).

ви Б-ћелијски рецептор који поново пролази кроз процес провере реактивности на сопствене антигене. Новонастали Б-ћелијски рецептор може још увек да реагује на сопствене антигене, те се процес рекомбинације и провере понавља све док се не добије Б-ћелијски рецептор који није реактиван на антигене сопственог организма или док се не искористи сваки J регион. Б-ћелија која је формирала рецептор који не реагује на сопствене антигене нормално наставља свој животни циклус. У другом случају када замена J региона није довољна да се добије Б-ћелијски рецептор који не реагује на сопствене антигене, ћелије подлежу апоптози [3].

Анергија

Анергија представља функционалну инактивацију Б-ћелија, што доводи до изостанка одговора на присуство, односно на контакт са антигеном [3]. Солубилни антигени, попут неких протеина, су најчешћи узрочници настанка оваквих Б-ћелија. Ови антигени везују се ниским авидитетом у коштаном сржи за Б-ћелије. Ћелије које на овај начин препознају неки од сопствених антигена преживљавају, а ниво исказаног IgM на површини ћелије се смањује, те оне постају функционално неактивне [2].

Показано је да је за регулацију експресије CD80 и CD86 (B7-1 и B7-2) потребан сигнал који Б-ћелија прима преко Б-ћелијског рецептора. Ови протеини су неопходни костимулатори за активацију Т-ћелија, које потом омогућавају диференцијацију и пролиферацију Б-ћелија. Анергичне ћелије немају способност да правилно регулишу експресију CD80/86, што им онемогућава правилну активацију Т-ћелија, а последица је

изостанак диференцијације и пролиферације Б-ћелија [5].

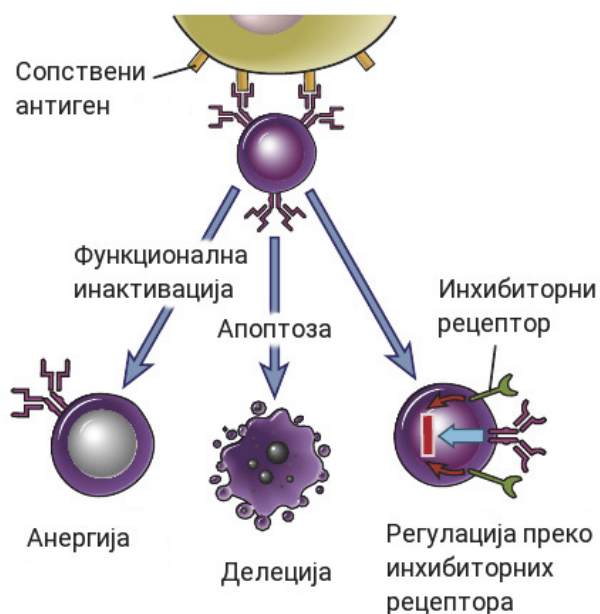
ПЕРИФЕРНА ТОЛЕРАНЦА Б-ЋЕЛИЈА

Некада због ниског афинитета везивања антигена сопственог организма или његовог ниског нивоа експресије у примарном лимфоидном органу (коштаној сржи), неке аутореактивне Б-ћелије успевају да избегну селекцију у коштаном сржи и доспевају у периферне лимфоидне органе [3]. Периферна толеранца је настала као механизам одбране организма у оваквим ситуацијама. Она је заслужна и за изостанак одговора на неке антигене, попут оних из хране. Механизми периферне Б-ћелијске толеранце су [3] (Слика 2.):

- анергија;
- активацијом индукована ћелијска смрт посредована Fas-ом (енг. Fas-mediated activation induced cell death);
- индукција регулаторних Т-ћелија.

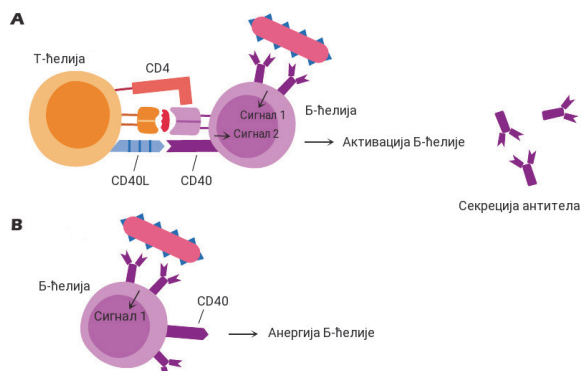
Анергија

Peter Bretscher и Mel Cohn су претпоставили да су за покретање Т-зависног хуморалног одговора неопходна два сигнала [3]. Први сигнал Б-ћелија прима преко Б-ћелијског рецептора. Везивање CD40L, који се налази на површини Т-ћелије, за CD40, који се налази на површини Б-ћелије, представља други сигнал. У случају изостанка другог сигнала, изостаје и имуни одговор (Слика 3.). Будући да се аутореактивне Т-ћелије углавном уклањају у тимусу, веома је мала вероватноћа да се нађу на периферији и остваре интеракцију са одговарајућом Б-ћелијом и да је на тај начин



Слика 2. Периферна Б-ћелијска толеранца. У одсуству сигнала Т-ћелије, Б-ћелија је функционално неактивна. Б-ћелија може подлећи апоптози или дејству регулаторних Т-ћелија (преузето из [2]).

активирају [2]. Анергичне Б-ћелије теже улазе у Б-ћелијске фоликуле у слезини и лимфним чворовима и заостају на граници Т- и Б-ћелијске зоне, њихово сазревање се зауставља и убрзо улазе у апоптозу.



Слика 3. (А) Б-ћелија прима оба сигнала који су јој потребни за активацију. Сигнал 1 прима преко Б-ћелијског рецептора при везивању антигена. Сигнал 2 прима од Т-ћелије преко CD40. (Б) Б-ћелија не прима костимулаторни сигнал од Т-ћелије, што доводи до анергије (преузето из [3]).

Индукција регулаторних Т-ћелија

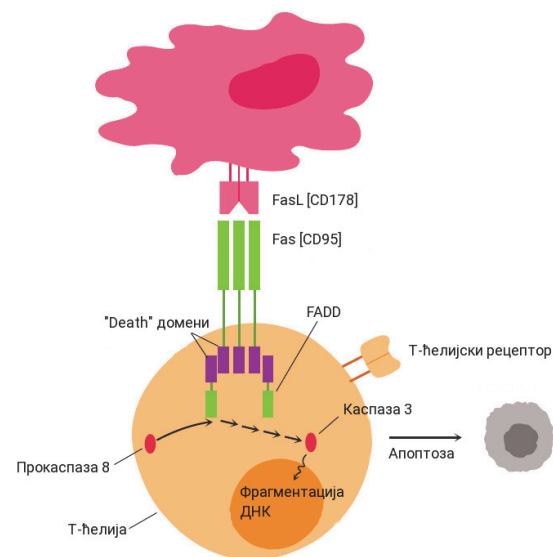
Пре две деценије идентификоване су $CD4^+$ Т-ћелије, које су касније назване регулаторне Т-ћелије (Treg) [2, 3]. Оне чине око 10% периферних $CD4^+$ Т-ћелија. Смањење броја ових ћелија код мишева доводи до аутоimunих болести попут тироидитиса, гастритиса и дијабетеса типа I. Ове ћелије имају већи афинитет везивања за комплексе МНС II (енг. major histocompatibility complex)-сопствени пептид, када се

поред са помоћничким Т-ћелијама, али када се ова интеракција успостави њихова супресивна функција не зависи од антигена, тако да могу да потискују активност $CD4^+$ и $CD8^+$ Т-ћелија, Б-ћелија, дендридских ћелија и ћелија природних убица (енг. natural killer, или скраћено NK ћелије).

Постоји неколико претпоставки које се односе на механизам којим регулаторне Т-ћелије потискују активност антиген-презентујућих ћелија и других Т-ћелија. Показано је да је CTLA-4 конститутивно експримиран код регулаторних Т-ћелија и да игра важну улогу у процесу супресије активности Б-ћелија. Интеракција између CTLA-4 на регулаторној Т-ћелији и B7 на Б-ћелији онемогућава активацију Б-ћелија, односно имуног одговора. Претпоставља се да и неки од адхезионих молекула који се налазе на регулаторним Т-ћелијама играју важну улогу у остваривању њихове функције.

Активацијом индукована ћелијска смрт посредована Fas-ом

Апоптоза посредована Fas протеином је веома важан пут уклањања зрелих аутореактивних Б-ћелија [2, 3]. Fas (CD95) припада суперфамилији рецептора фактора некрозе тумора (TNFRSF) и експримирају га различите ћелије, међу којима су и Б-ћелије. Т-ћелије експримирају Fas лиганд (FasL, CD178). Приликом везивања ова два протеина, формира се Fas тример. Активира се "death" домен FADD протеина који покреће каскаду каспаза активацијом прокаспаза 8, а финални исход овог процеса је ћелијска смрт (Слика 4).



Слика 4. Механизам апоптозе посредоване Fas-ом приказан на примеру Т-ћелије. Везивањем FasL формирају се Fas тримери и активирају се "death" домени FADD протеина који покрећу каскаду каспаза (преузето из [3]).

ЗАКЉУЧАК

Постојање имунолошке толеранце на сопствене антигене је неопходно за нормално функционисање

организма. Прекиди у толеранци на антигене сопственог организма леже у основи аутоимунних обољења. Познавање начина на који се индукује толеранца лимфоцита на одређени антиген може се искористити за контролу и спречавање нежељених имунолошких реакција. Развијају се стратегије индукције толеранце у лечењу алергијских и аутоимунних обољења, као и за спречавање одбацивања трансплантираних органа.

Abstract

MECHANISMS OF B-CELL TOLERANCE

Lidija VRHOVAC, Faculty of Chemistry, Belgrade University

Immunological tolerance is an extremely important feature of the immune system and it's necessary for the normal functioning of the organism. Basis of autoimmune diseases lies in breaks of immunological tolerance. Immunological tolerance enables the survival of microorganisms that are in a symbiotic relationship with the host, and the maintenance of pregnancy. Understanding of the mechanisms of tolerance gives the opportunity to control

the undesirable reactions of the immune system. This paper provides an overview of the mechanisms of central and peripheral B-cell tolerance.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Antony Basten and Pablo A Silveira, "B-cell tolerance: mechanisms and implications," *Current Opinion in Immunology* 22, 566 – 574 (2010), special Section: Immune Tolerance Immunogenetics and Transplantation.
- [2] Abul K. Abbas, Andrew H. Lichtman, and Shiv Pillai, *Cellular and Molecular Immunology*, 8th ed. (Saunders, an imprint of Elsevier Inc., 2015).
- [3] Richard Coico and Geoffrey Sunshine, *Immunology*, 7th ed. (Wiley, Blackwell, 2015).
- [4] Moshe J. Sadofsky, "The rag proteins in V(D)J recombination: more than just a nuclease," *Nucleic Acids Research* 29, 1399 – 1409 (2001).
- [5] John C. Cambier, Stephen B. Gauld, Kevin T. Merrell, and Barbara J. Vilen, "B-cell anergy: from transgenic models to naturally occurring anergic B cells?" *Nature Reviews Immunology* 29, 633 – 643 (2007).



Марија БЛАЖИЋ, истраживач сарадник, Институт за хемију, технологију и металургију, Центар за хемију, Његошева 12, Београд, Србија (E-mail: m.blazic@ihtm.bg.ac.rs)

КАРАКТЕРИСТИКЕ И ПРИМЕНА ЦЕЛОБИОЗА-ДЕХИДРОГЕНАЗЕ

Целобиоза – дехидрогеназа (ЦДХ) је екстрацелуларни ензим. Проградује многе гљиве које разграђују дрво. ЦДХ оксидује целодекстрине до одговарајућих лактона, користећи широк спектар различитих акција електрона. Биолошка функција ЦДХ још увек није у потпуности сагледана, али скорашиње студије указују на механизам у ком се формира хидроксил-радикал. ЦДХ је нашла техничку примену у изради амбиометријских биосензора и у другим апликацијама.

УВОД

Ћелијски зид дрвенастих ткива виших биљака има комплексну, физички робусну и хемијски стабилну структуру. Главна компонента ових ткива је целулоза изграђена из β-1,4-глюканских ланаца који се не гранају и који формирају мање или више кристалних свежева микрофибрила. Уграђени су у смесу хемичелулаза, које су често разгранате и аморфније него целулоза и лигнин који је делимично насумичан и разгранат полимер. Ћелијски зид додатно садржи и малу количину протеина, скроба, пектина и воска. Дрво, иако енергетски богато, је тешко микробиолошки разградити јер је комплексне и хетерогене структуре. Ензими који учествују у разградњи ћелија дрвета имају многе необичне и са теоријског становишта занимљиве особине [1].

Велики део разградње дрвета на земљишту се одвија под дејством аеробне гљиве беле трулежи и гљиве смеђе трулежи. Обе класе разграђују целулозу и хемичелулозу до растворљивих угљених хидрата, излучујући синергистичке ензиме. Гљиве беле трулежи потпуно минерализују лигнин, док гљиве смеђе трулежи вероватно утичу и модификују лигнин, али га не минерализују [2].

Гљиве излучују ензиме за разградњу дрвета који су већином специфичне хидролазе, нпр. целулазе, ксиланазе, мананазе и сл. Многе гљиве такође излучују редокс ензиме, као што је и манган пероксидаза (MnII) и фенолоксидазе које садрже бакар, лаказе, који учествују у разградњи лигнина, оксидазе које производе водоник-пероксид и целобиоза-дехидрогеназа (ЦДХ) [3]. ЦДХ има много јединствених и интересантних карактеристика.

Активност ензима ЦДХ је први пут откривена од стране Вестермарка и Ериксона као редукција хинона зависна од целобиозе у две гљиве беле трулежи *Trametes versicolor* и *Phanerochaete chrysosporium*.

Phanerochaete chrysosporium

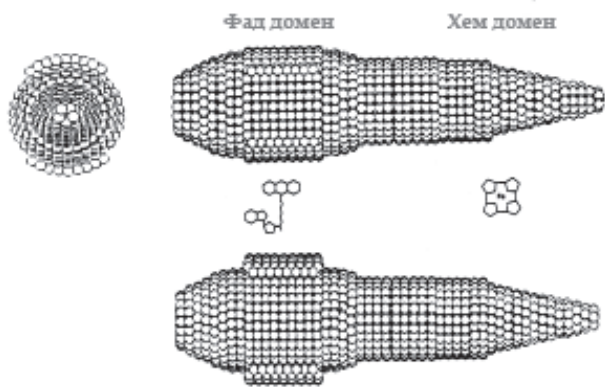
Phanerochaete су гљиве беле трулежи које производе екстрацелуларне ензиме способне да потпуно разграде лигноцелулозу, главну компоненту ћелијског зида дрвета и других биљака. *Phanerochaete* имају потенцијалну примену у производњи обновљивих хемикалија и течног горива из дрвета, који је један од

највећих извора биомасе који се могу користити за производњу оваквих хемикалија [4]. Оксидазни ензими из *Phanerochaete* укључени у разградњу дрвета такође показују способност разградње широког спектра загађивача околине, укључујући хлорисане ароматичне супстанце, пестициде и боје [5]. Највише проучена врста је *Phanerochaete chrysosporium*. Ова врста се појавила као модел организам због његовог све чешћег откривања у складиштима дрвених дасака у Европи и Северној Америци [6].

ОПШТЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЦДХ

Целобиоза-дехидрогеназа (ЦДХ) је протеин молекулске масе 90 kDa, изграђен од 752 аминокиселине које чине атомску масу протеина од 80 kDa [7]. Осталих 10 kDa је последица гликозилације, где је главни шећер маноза. ЦДХ је мономерни ензим који има два изражена домена. Флавински домен (садржи ФАД) и хем домен (садржи хем типа цитохрома б) повезани су линкером од петнаестак аминокиселина [8].

Примарни приступни број (*P. chrysosporium*) за TrEMBL је Q01738. Секвенца која одговара хем домену је лоцирана на N-терминусу пратећи кратку сигналну секвенцу пептида који омогућава излучивање протеина [9]. N-терминус излученог протеина је блокиран за Едманову деградацију, али метода аминокиселинског састава је предложила да се глутаминска аминокиселина налази на N-терминусу ензима [9]. Хем домен се састоји из 190 аминокиселинских остатака. Има један дисулфидни мост и релативно висок садржај ароматичних аминокиселина. По један остатак хистидина и метионина се налазе у хем домену [10]. Хем домен је праћен регионом дугим 16 остатака аминокиселина, богатим серином и треонином [9]. Осталих приближно 550 остатака чине домен који садржи ФАД [9].



Слика 1. Облик ЦДХ добијен малим степеном расипајућих X-зрака. Дужина молекула је 180 Å. Две простетичне групе су показане у одговарајућој скали [12].

Облик ЦДХ, као и ФАД и хем фрагмената показује да има структуру сличну цигарети (Слика 1.) са јасно раздвојеним доменима који везују ФАД и хем. Хем домен има структуру β-плочице ("β-sheet" на енглеском) сличну као Fab VH домен код антитела који

је јединствен за цитохроме. Хем-пропионат група је изложена и структура потврђује да хистидин и метионин хелирају гвожђе из хема [11].

Флавински домен има масу од 60 kDa, док хем домен има масу од 30 kDa. Хем домен има виши степен гликозилације за разлику од флавинског домена. Хем и флавин нису ковалентно везани за протеин. Изоелектрична тачка ЦДХ је 4,2, док индивидуална изоелектрична тачка хем домена износи 3,42, а флавинског домена 5,45.

ЦДХ је веома стабилан ензим током промене температуре и рН. ЦДХ задржава активност кад се инкубира на собној температури током 24 сата на рН опсегу 3-10. На рН 2,0 скоро сав ензим је неактиван, и после 2 сата инкубације се ослобађа ФАД. ЦДХ је стабилан на температури од 60 °C на рН 4,5. ЦДХ је најстабилнији у опсегу рН 3-5, мало нестабилнији између 5-8 и знатно мање стабилан на рН од 8-10 [13].

ЕСЕЈ, ПРИСУСТВО И ПРОИЗВОДЊА

Есеј базиран на редукцији бензохинона или дихлорфенол индофенола, у присуству целобиозе или лактозе, се уобичајено користи за детекцију ЦДХ [14] и ова активност је показана за неколико гљива и код једне бактерије. Постоје два проблема са овим есејом:

1. Ензим лаказа је широко распрострањен међу гљивама беле трулежи и он (поново) оксидује све познате електрон акцепторе за ЦДХ користећи молекуларни кисеоник као електрон акцептор. Присуство овог ензима може замаскирати активност ЦДХ [15].

2. Глукоза-оксидаза или друге оксидазе шећера могу показати активност у овом есеју пошто ови ензими могу редуковати хиноне и дихлорфенолиндофенол, показујући тиме лажну ЦДХ активност, нарочито ако је присутна β-глукозидаза.

Такође не постоји стриктна граница између ензима глукоза-оксидазног и целобиоза-дехидрогеназног типа. Зато се предлаже да права целобиоза-дехидрогеназа треба да прати неколико критеријума:

1. Треба да оксидује целобиозу и лактозу у присуству феризијанида

2. Не би требало (или на веома ниском нивоу) да оксидује целобиозу и лактозу кад је кисеоник једини присутни електрон акцептор.

3. Не би требало (или на веома ниском нивоу) да оксидује глукозу.

Есеј неосетљив на лаказу базиран на смањењу редуктујућег шећера утврђен је ДНС методом [16]. Други есеј неосетљив на лаказу није могао да разликује ЦДХ од глукоза-оксидазе [15]. Код скенирања хелијских филтратата за активност ЦДХ главни проблем је тај да су сви постојећи есеји релативно неосетљиви. Да би се потврдили негативни резултати препоручује се дуже време инкубације.

ЦДХ је експримирана под целулолитичким условима, односно кад је целулоза главни извор угљеника. Такође, ЦДХ је експримирана и при додатку ограничавајућих количина целобиозе или смеше целобиозе и глукозе [17]. Чини се да је могућа производња ЦДХ

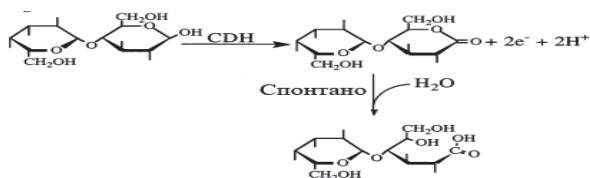
индукована ниском концентрацијом целобиозе (која је главни производ ензимске деградације целулозе), али такође је и подложна катаболичком сузбијању код високе концентрације целобиозе или глукозе.

Нађена је иРНК ЦДХ заједно са целулазом и иРНК МнП код *P. chrysosporium* која расте на дрвету [18]. Иако се ЦДХ нормално добија код култура богатих целулазном активношћу, такође се производи заједно са лигнолитичким ензимима под недостатком азота. Ово није чудно, јер се *in vivo* лигнин и целулоза често симултано разграђују [1].

КАТАЛИТИЧКИ МЕХАНИЗАМ

ЦДХ показује особине типичне дехидрогеназним ензимима са оксидативном и редуктивном полуреакцијом које могу да се засебно проучавају. Оксидативна полуреакција представља оксидацију С1 положаја сахара, хемиацетал на овој позицији се преводи до лактона који спонтано хидролизује до карбоксилне киселине (целобионске киселине) (Слика 2.). Два електрона, узета од стране ензима су после пребачена даље на један двоелектронски акцептор, или на два једноелектронска акцептора [19].

Целобиоза-дехидрогеназа редукује широк опсег електрон акцептора. Ови електрон акцептори се могу груписати у две категорије: једно- и двоелектронски акцептори. Једно-електронски акцептори за ЦДХ спадају у две велике класе, оксидативних радикала и прелазних метала. Већина двоелектронских акцептора су хинони. Молекуларни кисеоник и тријод су специфични случајеви. Оба су двоелектронски акцептори, али оба настављају са две додатне једноелектронске редукције. Постоји хипотеза да су једноелектронски акцептори редуковани претежно на хем домену [13].



Слика 2. Оксидативна полуреакција ЦДХ. ЦДХ остварује двоелектронску оксидацију на С1 атому целобиозе до лактона. Електрони су узети од стране ФАД ЦДХ. Лактон се спонтано хидролизује при отварању прстена до карбоксилне киселине.

Супстратна специфичност према лактози, манобиози и галактозил-манози је карактеристична за ЦДХ дајући високе K_m вредности, док такође оксидује целобиозу и високе целодекстрине [19]. Најефикаснији електрон донор за ЦДХ је целобиоза. Прави супстрати су сви ди- или олигосахариди са β -1,4 везама и глукозним или манозним остацима на редукујућем крају. Моносахариди глукозе и манозе и 1,4- α -диглукозида малтозе имају високе K_m вредности у молар-

ном опсегу у случају моносахарида, наговештавајући да се оба глукозна остатка везују за активно место са различитих страна. За разлику од правих супстрата, моносахариди и малтоза имају мање k_{cat} вредности. Објашњење за ову разлику може бити да везивање β -дихексозида (али не и моносахарида) за активно место доводи до индукованог уклапања које стимулише катализу или да се моносахариди и малтоза везују за активно место на начин који је мање погодан за катализу него што је везивање β -дисахарида [20]. ЦДХ такође редукује крајње групе чврсте целулозе пошто се ЦДХ редукује кад се дода целулоза [19]. ЦДХ редукује електронске акцепторе у присуству целулазе [21].

ВЕЗИВАЊЕ ЦЕЛУЛОЗЕ

Откриће да ЦДХ, као први нехидролитички ензим везује целулозу, може дати нове значајне информације за његову функцију. Ензим је активан док је везан за целулозу и чини се да је место везивања целобиозе различито од активног центра [14]. Везивање целулозе је вероватно хидрофобне природе [22].

Понашање овог ензима приликом везивања за целулозу предлаже постојање специфичног домена за везивање целулозе (енг. cellulase binding domain - CBD) као што је случај код целулаза [23]. ЦДХ из различитих организама различито везују целулозу.

БИОЛОШКА ФУНКЦИЈА

Физиолошке функције ЦДХ нису још увек разјашњене. Сматра се да може имати неколико функција, од којих су до сада само дата нагађања. Постоје две копије гена које кодирају ЦДХ у геному *P. chrysosporium* и они могу имати другачије промоторе и бити преписани као одговор на различите околне или нутритивне факторе. Протеолиза ЦДХ мења ензимску активност. Протеолиза је контролисана, дајући као резултат елиминацију неких активности без утицаја на друге [13].

Функција ЦДХ није очигледна, али *P. chrysosporium* производи релативно велике количине овог ензима, око 0,5% секретованих протеина по маси, чиме указује на његову значајну улогу. Нека експериментална запажања која су рађена повезана су са могућом функцијом испитиваног ензима: ЦДХ повећава, иако релативно слабо, активност сирове смесе целулаза. Ако се влакна третирају са ЦДХ, чворови (нпр. кратки сегменти који представљају „слабу тачку“ влакна) набубре што указује на неку врсту напада на ћелије дрвета [24]. Показано је да ЦДХ разграђује и целулозу, ксилан и лигнин у присуству водоник-пероксида и хелираних јона гвожђа.

ЦДХ оксидује целобиозу до целобионолактона да би смањила целулазну инхибицију производом [25]. Целулазе из *P. chrysosporium* су инхибиране целобиозом. Међутим, целобионолактон, продукт целобиозне оксидације од стране ЦДХ, не инхибира целулазу. Оксидација целобиозе је неекономичан пут да се спречи инхибиција производом (губитак од претежно 2 АТП-а по целобиози) и β -гликозидазе могу једноставније

обавити посао хидролизујући до глукозе. Запажања да ниска концентрација ЦДХ повећава ефикасност целулазне деградације кад се дода културама може такође да подупре хипотезу да је ефекат ЦДХ да смањи инхибицију целулазе производом. Висока концентрација ЦДХ има инхибиторни ефекат на целулозну деградацију, вероватно због тога што хидрокси радикали настали катализом ЦДХ инактивирају целулазе или се ЦДХ такмичи са целулазама за везујуће место на целулози.

ЦДХ потпомаже разградњу лигнина редукујући ароматичне радикале генерисане лигнолитичким ензимима. Једна хипотеза о лигнолитичким ензимима – лигнин пероксидази (ЛП) и лакази је да ти ензими разграђују лигнин оксидујући редокс медијаторе (различите ароматичне мономере) до реактивних радикала који оксидују лигнин. *In vitro*, ензимски створени радикали понекад радије полимеризују него разграђују лигнин. ЦДХ може инхибирати полимеризацију редукујући радикале створене ЛП/лаказом. ЦДХ имобилизована на регионима са самом целулозом може инхибирати полимеризацију радикалима која би била препрека ензимској разградњи целулаза, међутим ЦДХ не би требала да буде присутна близу лигнина, где би радикали могли водити деполимеризацији [26].

ЦДХ редукује токсичне хиноне до фенола који се могу користити као редокс медијатори од стране лигнолитичких ензима. Потврда за ову тврдњу је јака ЦДХ активност редуковања хинона.

ЦДХ потпомаже активност манган пероксидазе (МнП) [15]. МнП је фунгални ензим који разграђује лигнин оксидујући комплекс Мн(II) до реактивне врсте Мн(III) која једноелектронски оксидује лигнин. ЦДХ може подупрети МнП на три различита начина: 1. Раствара редукијом сталожени MnO_2 (често код трулог дрвећа), 2. Производи целобионску киселину (целобионолактон произведен од стране ЦДХ се спонтано хидролизује) што би требало да комплексира реактивне врсте Мн(III) и 3. Редукује хиноне.

ЦДХ оксидује целобиозу и преноси електроне на цитохром који брзо даје енергију гљиви преко оксидативне фосфорилације [27]. Ово би требало да буде најбржи начин да се произведе два АТФ-а по електронском пару. Ова идеја је базирана на претпоставци да се ЦДХ адсорбује пре на ћелијски зид гљиве него на целулозу.

ЦДХ повећава ефекат целулаза на разградњу целулозе [28]. Хидрокси радикал произведен од стране ензима може раскинути целулозу тако што јој нарушава микрокристалну решетку. Ово може омогућити егзоглюканазама да разгради целулозу не само са терминалног краја целулозних влакана већ и са унутрашњости. Инхибација целулазе са ЦДХ у присуству јона гвожђа, целобиозе и водоник пероксида показује смањење просечне дужине ланца целулозе. Иако хидрокси радикал може да поремети и/или деполимеризује целулозу, хипотеза то не показује. Показано је да се ЦДХ првенствено везује за некристални

део целулозе. Целулоза се лако ензимски хидролизује и продукција хидроксил радикала у близини ЦДХ може водити ка значајном оштећењу ензима. Ефекат ЦДХ на деполимеризацију целулозе је вероватно због смањења инхибиције целулаза њеним производом.

ЦДХ разграђује и модификује целулозу, хемицелулозу и лигнин генеришући хидроксил радикале у Фентоновој реакцији [21]. Ензим може, оксидујући целобиозу, редуковати Fe(III) до Fe(II), или Cu(II) до Cu(I) и реакција између радикалских врста и водоник пероксида генерише хидрокси радикале. Ови високо реактивни радикали могу модификовати и деполимеризовати целулозу, хемицелулозу и лигнин.

ЦДХ спречава реполимеризацију целулозе. Редукујући крајеви целулозе могу да се поново полимеризују са суседним нередукуюћим крајевима целулозног ланца [25]. ЦДХ може да катализује редукију електронских акцептора користећи микрокристалну целулозу као електрон донор и тако ЦДХ вероватно може да оксидује редукујуће крајеве кристалне целулозе и тиме спречи реполимеризацију [21]. Реполимеризација дехидратацијом може бити катализована киселином или базом. Верује се да је катализа базом прихватљивија. Кисели услови, које стварају већина гљива које разграђују дрво, смањују захтеве за ЦДХ за ову потребу.

ПРИМЕНА

ЦДХ има неколико интересантних особина које могу наћи техничку примену. ЦДХ може пренети електроне на електроду ако је имобилизована на активном редокс полимеру који садржи осмијум и као такав може радити као амперометријски биосензор погодан за мерење целобиозе и лактозе [29]. ЦДХ је савршен ензим за амперометријске биосензоре пошто је стабилност електроде веома велика (може се користити годинама) и чак је већа од електрода базираних на глукоза-оксидази из *Aspergillus niger*, делимично јер је формирање водоник-пероксида ниско код ЦДХ. Одговор биосензора који садрже ЦДХ је такође бржи од већине биосензора базираних на другим ензимима. Занимљива примена биосензора базираних на ЦДХ је детекција лактозе у храни. Ово је значајно за особе са лактозном нетолеранцијом. Друге могуће примене су у мерењу активности целулазе и контролисање нивоа лактозе у току прављења сира. Висока цена ЦДХ не спречава комерцијализацију у биосензорима пошто је потребна мала количина ензима (око 10 μg) и висока је стабилност ензима у биосензорима [29].

ЦДХ се такође може користити у колориметријском есеју за одређивање целобиозе или лактозе.

Друга потенцијална примена ЦДХ је да се користи за избељивање пулпе на сличан начин као и други лигнолитички ензими, као што је лаказа и МнП пошто је ензим лигнолитички у присуству комплексаног гвожђа [18]. Активна компонента, водоник-пероксид је неспецифичан и деполимеризоваће и целулозу и хемицелулозу, чинећи ЦДХ непогодним за избељивање папира.

Доказано је да ЦДХ показује *in vitro* синергизам са лаказама у обезбојавању антрахинонских боја, директно у оксидацији неколико хемикалија. ЦДХ такође учествује у обезбојавању различитих синтетичких боја, боја које се користе у текстилној индустрији и отпадног материјала насталог након производње папира [12].

Фентонов механизам ЦДХ има потенцијал за разградњу и модификовање отровних ароматичних отпадних производа.

Abstract

CHARACTERISTICS AND APPLICATION OF CELOBOZA-DEHYDROGENASE

Marija BLAŽIĆ, IHTM, Belgrade

Cellobiose dehydrogenase (CDH) is an extracellular enzyme. Produced by numerous wood-degrading fungi, oxidizes cellodextrins to their corresponding lactones, using a wide spectrum of electron acceptors. The biological function of CDH is not yet fully understood, but recent studies support a hydroxyl radical-generating mechanism. CDH has found technical use in amperometric biosensors and other applications.

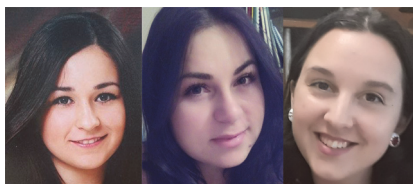
ЛИТЕРАТУРА

- Sjöström E. Chapter 1 - THE STRUCTURE OF WOOD. In: Sjöström E, editor. Wood Chemistry (Second Edition). San Diego: Academic Press; 1993. p. 1-20.
- Blanchette RA, Nilsson T, Daniel G, Abad A. Biological Degradation of Wood. Archaeological Wood. Advances in Chemistry, vol 225; American Chemical Society; 1989. p. 141-74.
- Call HP, Mücke I. History, overview and applications of mediated lignolytic systems, especially laccase-mediator-systems (Lignozym®-process). Journal of Biotechnology. 1997;53(2):163-202. doi:https://doi.org/10.1016/S0168-1656(97)01683-0.
- Lin Y, Tanaka S. Ethanol fermentation from biomass resources: current state and prospects. Applied microbiology and biotechnology. 2006;69(6):627-42. doi:10.1007/s00253-005-0229-x.
- Cameron MD, Timofeevski S, Aust SD. Enzymology of Phanerochaete chrysosporium with respect to the degradation of recalcitrant compounds and xenobiotics. Applied microbiology and biotechnology. 2000;54(6):751-8.
- MacDonald J, Suzuki H, Master ER. Expression and regulation of genes encoding lignocellulose-degrading activity in the genus Phanerochaete. Applied microbiology and biotechnology. 2012;94(2):339-51. doi:10.1007/s00253-012-3937-z.
- Li B, Nagalla SR, Renganathan V. Cloning of a cDNA encoding cellobiose dehydrogenase, a hemoflavoenzyme from Phanerochaete chrysosporium. Applied and environmental microbiology. 1996;62(4):1329-35.
- Li B, Nagalla SR, Renganathan V. Cellobiose dehydrogenase from Phanerochaete chrysosporium is encoded by two allelic variants. Applied and environmental microbiology. 1997;63(2):796.
- Raices M, Paifer E, Cremata J, Montesino R, Stahlberg J, Divne C et al. Cloning and characterization of a cDNA encoding a cellobiose dehydrogenase from the white rot fungus Phanerochaete chrysosporium. FEBS letters. 1995;369(2-3):233-8.
- Cox MC, Rogers MS, Cheesman M, Jones GD, Thomson AJ, Wilson MT et al. Spectroscopic identification of the haem ligands of cellobiose oxidase. FEBS letters. 1992;307(2):233-6.
- Hallberg BM, Bergfors T, Backbro K, Pettersson G, Henriksson G, Divne C. A new scaffold for binding haem in the cytochrome domain of the extracellular flavocytochrome cellobiose dehydrogenase. Structure (London, England : 1993). 2000;8(1):79-88.
- Henriksson G, Johansson G, Pettersson G. A critical review of cellobiose dehydrogenases. Journal of Biotechnology. 2000;78(2):93-113. doi:https://doi.org/10.1016/S0168-1656(00)00206-6.
- Cameron MD, Aust SD. Cellobiose dehydrogenase-an extracellular fungal flavocytochrome. Enzyme and microbial technology. 2001;28(2-3):129-38.
- Henriksson G, Pettersson G, Johansson G, Ruiz A, Uzcategui E. Cellobiose oxidase from Phanerochaete chrysosporium can be cleaved by papain into two domains. European journal of biochemistry. 1991;196(1):101-6.
- Roy BP, Archibald F. An indirect free radical-based assay for the enzyme cellobiose:quinone oxidoreductase. Analytical biochemistry. 1994;216(2):291-8. doi:10.1006/abio.1994.1044.
- Henriksson G, Polk V, Eriksson KEL. Assay for cellobiose dehydrogenase in the presence of laccase. Biotechnology Techniques. 1997;11(10):743-5. doi:10.1023/A:1018496418531.
- Szabó IJ, Johansson G, Pettersson G. Optimized cellulase production by Phanerochaete chrysosporium: control of catabolite repression by fed-batch cultivation. Journal of Biotechnology. 1996;48(3):221-30. doi:https://doi.org/10.1016/0168-1656(96)01512-X.
- Vallim MA, Janse BJ, Gaskell J, Pizzirani-Kleiner AA, Cullen D. Phanerochaete chrysosporium cellobiohydrolase and cellobiose dehydrogenase transcripts in wood. Applied and environmental microbiology. 1998;64(5):1924-8.
- Morpeth FF. Some properties of cellobiose oxidase from the white-rot fungus Sporotrichum pulverulentum. The Biochemical journal. 1985;228(3):557-64.
- Henriksson G, Sild V, Szabó IJ, Pettersson G, Johansson G. Substrate specificity of cellobiose dehydrogenase from Phanerochaete chrysosporium. Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Protein Structure and Molecular Enzymology. 1998;1383(1):48-54. doi:https://doi.org/10.1016/S0167-4838(97)00180-5.
- Kremer SM, Wood PM. Production of Fenton's reagent by cellobiose oxidase from cellulolytic cultures of Phanerochaete chrysosporium. European journal of biochemistry. 1992;208(3):807-14.
- Henriksson G, Salumets A, Divne C, Pettersson G. Studies of cellulose binding by cellobiose dehydrogenase and a comparison with cellobiohydrolase 1. Biochemical Journal. 1997;324(Pt 3):833-8.
- Beguín P, Aubert JP. The biological degradation of cellulose. FEMS microbiology reviews. 1994;13(1):25-58.
- Ander P, Daniel G, Pettersson B, Westermark U. Possible Applications of Cellobiose Oxidizing and Other Flavine Adenine Dinucleotide Enzymes in the Pulp and Paper Industry. 1996.
- Ayers AR, Ayers SB, Eriksson KE. Cellobiose oxidase, purification and partial characterization of a hemoprotein from Sporotrichum pulverulentum. European journal of biochemistry. 1978;90(1):171-81.
- Henriksson G, Johansson G, Pettersson G. Is cellobiose oxidase from Phanerochaete chrysosporium a one-electron reductase? Biochimica et biophysica acta. 1993;1144(2):184-90.
- Coudray MR, Canevascini G, Meier H. Characterization of a cellobiose dehydrogenase in the cellulolytic fungus Sporotrichum (Chrysosporium)

- thermophile. The Biochemical journal. 1982;203(1):277-84.
28. Ander P. The cellobiose-oxidizing enzymes CBQ and CbO as related to lignin and cellulose degradation — a review. FEMS microbiology reviews. 1994;13(2-3):297-311. doi:10.1111/j.1574-6976.1994.tb00050.x.
29. Fridman V, Wollenberger U, Bogdanovskaya V, Lisdat F, Ruzgas T, Lindgren A et al. Electrochemical investigation of cellobiose oxidation by cellobiose dehydrogenase in the presence of cytochrome c as mediator. Biochemical Society transactions. 2000;28(2):63-70.



ВЕСТИ из ШКОЛЕ ВЕСТИ за ШКОЛЕ



Милица СТЕФАНОВИЋ, Марија СИМИЋ и Невена ВУЈИЋ, студенти пете године интегрисаних академских студија Настава хемије, Универзитет у Београду - Хемијски факултет, (milicastefanovic75@gmail.com, marijasimicph@gmail.com, nevenavujic94@gmail.com)

РАДИОНИЦА: НУКЛЕИНСКЕ КИСЕЛИНЕ - СТРУКТУРА, СВОЈСТВА И ФУНКЦИЈА МОЛЕКУЛА ДНК

У чланку је приказан сценарио радионице која обухвата лабораторијску вежбу ученика током које они изолују молекуле ДНК из биљног материјала, а након тога праве моделе молекула ДНК. Радионица је планирана за ученике четвртог разреда гимназије природно-математичког смера. Потребно време за реализацију радионице су два школска часа.

Циљеви радионице:

Ученици у групама изводе оглед изоловања молекула ДНК из биљног материјала на основу датог прописа.

Ученици правилно и безбедно рукују лабораторијским посуђем, прибором и супстанцама које су им на располагању.

Ученици решавају задатак како би прикупили податке неопходне за креирање модела молекула ДНК помоћу различитих материјала.

Ученици примењују стечена теоријска знања о структури молекула ДНК како би креирали модел молекула ДНК помоћу различитих материјала.

Ученици вежбају рад у групи, излажу идеје, критички разматрају могућа решења и бирају најбоље.

Основна замисао о реализацији радионице (носећа идеја): Ученици успостављају везу између макроскопског приказа модела молекула ДНК и његове стварне структуре креирајући моделе на основу стечених знања о структури молекула ДНК.

Материјал потребан за радионицу: картице (приказане у прилогу 1), прописи за извођење лабораторијских вежби (приказани у прилогу 2), радни листови (приказани у прилогу 3), фломастери, маркери, бојице, колаж папир, пластичне сламчице, спајалице у

боји, дрвене чачкалице, пластелин, маказе, лепак, лепљиву траку, конач.

Супстанце: дестилована вода, натријум-хлорид, етанол, детергент за судове, лед, банана, јагода, поморанца, лук, парадајз.

Посуђе и прибор: 5 ерленмајера са запушачем, 15 чаша од 100 cm³, 2 сахатна стакла, 5 мензура од 100 cm³, 10 мензура од 10 cm³, бледнер, 5 цеђилки за чај, 5 пинцета, 5 шприц боца, 3 даске за сечење, 5 ножева.

Ток радионице

Корак 1: Наставник саопштава ученицима да ће часови бити реализовани у виду едукативне радионице.

Наставник објашњава план извођења едукативне радионице.

За корак 1 потребно је 5 минута.

Корак 2: Подела ученика у пет група (банана, јагода, парадајз, поморанца, лук)

Ученици извлаче картице на којима су приказане слике воћа и поврћа. Након тога формирају групе у зависности од тога коју картицу су извукли.

За корак 2 потребно је 5 минута.

Корак 3: Ученици изводе лабораторијску вежбу - изоловање молекула ДНК из биљног материјала.

Свакој групи коју чини од пет до шест ученика, дат је пропис за изоловање молекула ДНК из одређеног биљног материјала (јагода, банана, поморанца, парадајз, лук). Пре почетка радионице учионица је тако организована да свака група има своје радно место, опремљено потребним прибором, посуђем и супстанцама. Групе одлазе на своја радна места и изводе предвиђену вежбу.

Након поделе прописа, ученици их читају и постављају питања наставнику уколико имају недоумице везане за сам поступак рада. Наставник одговара на постављена питања, а затим прилази свакој групи и додатно објашњава сваки корак изоловања, као и улогу употребљених супстанци у изоловању молекула ДНК.

Док ученици изводе лабораторијску вежбу, наставник прати рад сваког ученика.

За корак 3 потребно је 30 минута.

Корак 4: Ученици попуњавају радне листове, креирају пано и моделе молекула ДНК помоћу материјала који им се налази на располагању.

Ученици решавају задатке на радном листу и на основу решења задатака креирају пано и моделе молекула ДНК користећи дате материјале (дрвене бојице, фломастере, маркере, колаж папир, пластичне сламчице, спајалице, пластелин, лепак, лепљива трака, конац).

За корак 4 потребно је 25 минута.

Корак 5: Ученици излажу моделе молекула ДНК и паное које су направили.

Свака група ученика показује пано и модел молекула ДНК који је направила користећи се материјалом који су имали на располагању. Током излагања ученици критички разматрају паное и сваки модел који је презентован. Уочавају предности и мане сваког модела и на крају бирају модел који им се највише свидео.

За корак 5 потребно је 25 минута.

ПРИЛОГ 1: КАРТИЦЕ



ПРИЛОГ 2: ПРОПИСИ ЗА ИЗВОЂЕЊЕ ЛАБОРАТОРИЈСКИХ ВЕЖБИ

Изоловање молекула ДНК из банане

Супстанце:

- дестилована вода
- 5 % раствор натријум-хлорида
- етанол
- детерџент за судове
- банана

Посуђе и прибор:

- ерленмајер са запушачем
- три чаше од 100 cm³
- мензура од 100 cm³
- 2 мензуре од 10 cm³
- сахатно стакло
- пинцета
- цедиљка за чај

Поступак:

Ољуштену банану, изгњечите на сахатном стаклу и пребаците у ерленмајер. Направите 100 cm³ 5 % раствора натријум-хлорида, прелијте преко изгњечене банане, а затим у ерленмајер додајте 5 cm³ детерџента за судове. Ерленмајер затворите запушачем и снажно промућкајте. Након мућкања садржај процедите кроз цедиљку. У раствор полако додајте етанол (претходно охлађен у смеши воде и леда). Након кратког времена јасно се уочавају нити молекула ДНК које се могу извадити пинцетом.

Изоловање молекула ДНК из јагоде

Супстанце:

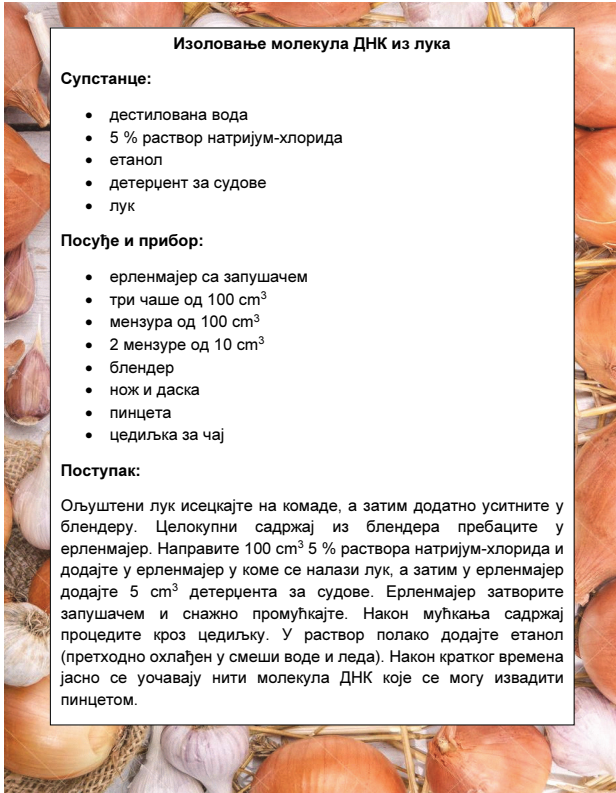
- дестилована вода
- 5 % раствор натријум-хлорида
- етанол
- детерџент за судове
- јагода

Посуђе и прибор:

- ерленмајер са запушачем
- три чаше од 100 cm³
- мензура од 100 cm³
- 2 мензуре од 10 cm³
- сахатно стакло
- пинцета
- цедиљка за чај

Поступак:

Јагоду изгњечите на сахатном стаклу и пребаците у ерленмајер. Направите 100 cm³ 5 % раствора натријум-хлорида, прелијте преко изгњечене јагоде, а затим у ерленмајер додајте 5 cm³ детерџента за судове. Ерленмајер затворите запушачем и снажно промућкајте. Након мућкања садржај процедите кроз цедиљку. У раствор полако додавајте етанол (претходно охлађен у смеши воде и леда). Након кратког времена јасно се уочавају нити молекула ДНК које се могу извадити пинцетом.



Изоловање молекула ДНК из лука

Супстанце:

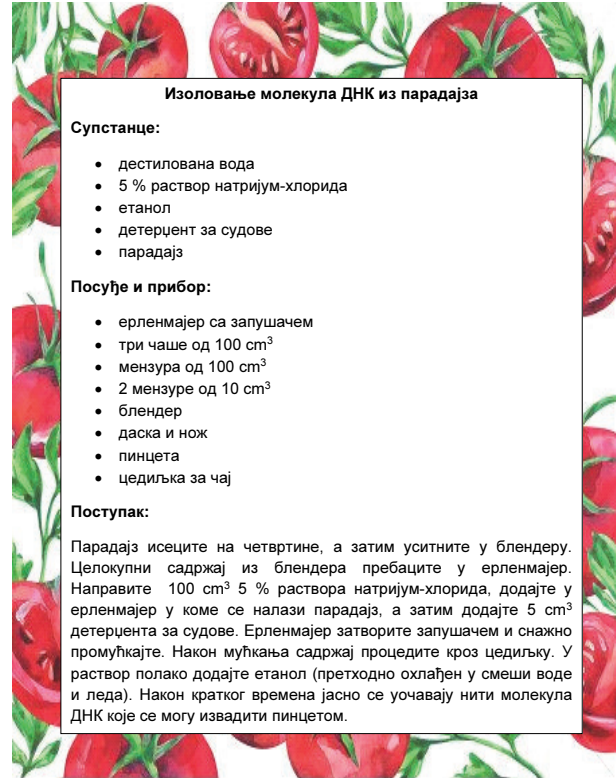
- дестилована вода
- 5 % раствор натријум-хлорида
- етанол
- детерџент за судове
- лук

Посуђе и прибор:

- ерленмајер са запушачем
- три чаше од 100 cm³
- мензура од 100 cm³
- 2 мензуре од 10 cm³
- блендер
- нож и даска
- пинцета
- цедиљка за чај

Поступак:

Ољуштени лук исецајте на комаде, а затим додатно уситните у блендеру. Целокупни садржај из блендера пребаците у ерленмајер. Направите 100 cm³ 5 % раствора натријум-хлорида и додајте у ерленмајер у коме се налази лук, а затим у ерленмајер додајте 5 cm³ детерџента за судове. Ерленмајер затворите запушачем и снажно промућкајте. Након мућкања садржај процедите кроз цедиљку. У раствор полако додајте етанол (претходно охлађен у смеши воде и леда). Након кратког времена јасно се уочавају нити молекула ДНК које се могу извадити пинцетом.



Изоловање молекула ДНК из парадајза

Супстанце:

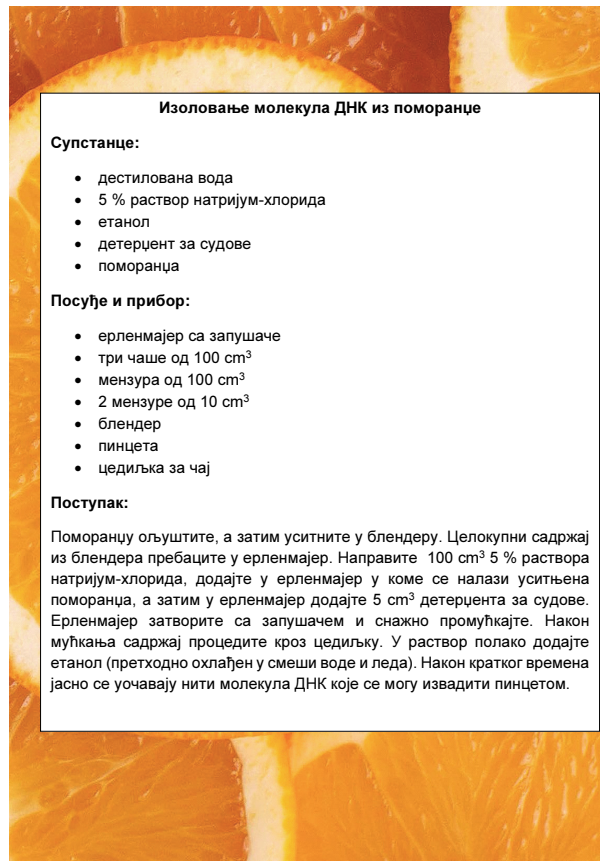
- дестилована вода
- 5 % раствор натријум-хлорида
- етанол
- детерџент за судове
- парадајз

Посуђе и прибор:

- ерленмајер са запушачем
- три чаше од 100 cm³
- мензура од 100 cm³
- 2 мензуре од 10 cm³
- блендер
- даска и нож
- пинцета
- цедиљка за чај

Поступак:

Парадајз исеците на четвртине, а затим уситните у блендеру. Целокупни садржај из блендера пребаците у ерленмајер. Направите 100 cm³ 5 % раствора натријум-хлорида, додајте у ерленмајер у коме се налази парадајз, а затим додајте 5 cm³ детерџента за судове. Ерленмајер затворите запушачем и снажно промућкајте. Након мућкања садржај процедите кроз цедиљку. У раствор полако додајте етанол (претходно охлађен у смеши воде и леда). Након кратког времена јасно се уочавају нити молекула ДНК које се могу извадити пинцетом.



Изоловање молекула ДНК из поморанце

Супстанце:

- дестилована вода
- 5 % раствор натријум-хлорида
- етанол
- детерџент за судове
- поморанца

Посуђе и прибор:

- ерленмајер са запушаче
- три чаше од 100 cm³
- мензура од 100 cm³
- 2 мензуре од 10 cm³
- блендер
- пинцета
- цедиљка за чај

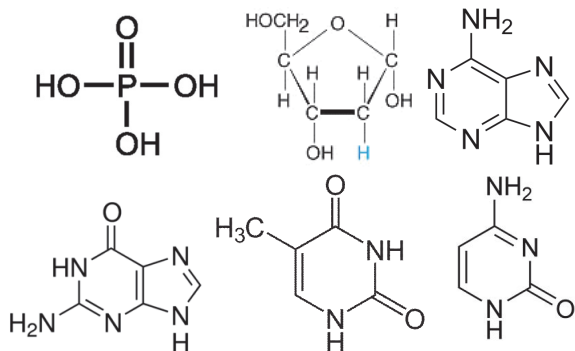
Поступак:

Поморанцу ољуштите, а затим уситните у блендеру. Целокупни садржај из блендера пребаците у ерленмајер. Направите 100 cm³ 5 % раствора натријум-хлорида, додајте у ерленмајер у коме се налази уситњена поморанца, а затим у ерленмајер додајте 5 cm³ детерџента за судове. Ерленмајер затворите са запушачем и снажно промућкајте. Након мућкања садржај процедите кроз цедиљку. У раствор полако додајте етанол (претходно охлађен у смеши воде и леда). Након кратког времена јасно се уочавају нити молекула ДНК које се могу извадити пинцетом.

ПРИЛОГ 3: РАДНИ ЛИСТОВИ

Радни лист 1 - ируја парадајз

- Шематски прикажите начин на који сте изоловали молекул ДНК из парадајза.
- На Слици 1. приказане су структурне формуле фосфорне киселине, деоксирибозе, пуринских (аденин и гуанин) и пиримидинских (тимин и цитозин) база. Напишите структурне формуле и називе нуклеотида који граде молекул ДНК.



Слика 1. Структурне формуле фосфорне киселине, деоксирибозе, пуринских (аденин и гуанин) и пиримидинских (тимин и цитозин) база

3. Парадајз (лат. *Solanum lycopersicum* L.) потиче из јужне Америке. Најранији запис о парадајзу у европској литератури потиче из 1544. године и сачинио га је Пјетро Андреа Матиоли, италијански лекар и ботаничар који га је назвао „romo d'oro“, што значи златна јабука. Протеини парадајза изграђени су од есенцијалних аминокиселина, које људски организам не може синтетисати, већ се морају уносити храном. Примећено је да је удео АТ парова у молекулу ДНК парадајза већи од удела GC парова, што се може уочити на основу приказаног дела секвенце молекула ДНК 5'-АТАТАТТГАГСТААГСТТ-3'. Напишите комплементарну секвенцу за дату ДНК секвенцу.

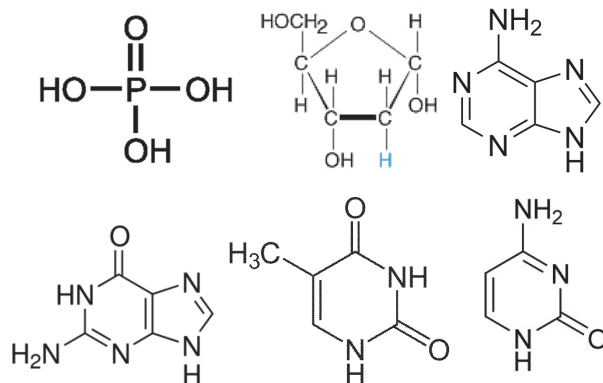
4. На основу решења 2. и 3. задатка направите модел молекула ДНК користећи спајалице у боји и конац.

Радни лист 1 - ируја банана

- Шематски прикажите начин на који сте изоловали молекул ДНК из банане.
- На Слици 1. приказане су структурне формуле фосфорне киселине, деоксирибозе, пуринских (аденин и гуанин) и пиримидинских (тимин и цитозин) база. Напишите структурне формуле и називе нуклеотида који граде молекул ДНК.

3. Банана (лат. *Musa sapientium*) потиче из Индије, а арапски трговци су је пренели у Африку. Данас се гаји у Централној и Северној Америци, мада неке државе покушавају да их узгајају и на вештачки начин, попут Словеније, која је недавно успела у томе. Научници су применом различитих техника утврдили да део секвенце унутар молекула ДНК има следећи редослед азотних база 5'-ТCGАТАТТГАГСТААГСТТ-3'.

Напишите комплементарну секвенцу за дату ДНК секвенцу.

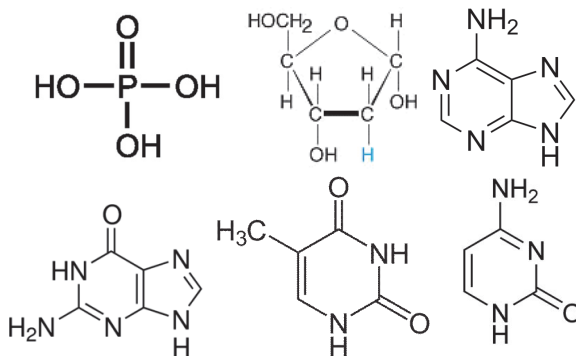


Слика 1. Структурне формуле фосфорне киселине, деоксирибозе, пуринских (аденин и гуанин) и пиримидинских (тимин и цитозин) база

4. На основу решења 2. и 3. задатка направите модел молекула ДНК користећи пластичне цевчице, лепљиву траку и маказе.

Радни лист 1 - ируја јагоде

- Шематски прикажите начин на који сте изоловали молекул ДНК из јагоде.
- На Слици 1. приказане су структурне формуле фосфорне киселине, деоксирибозе, пуринских (аденин и гуанин) и пиримидинских (тимин и цитозин) база. Напишите структурне формуле и називе нуклеотида који граде молекул ДНК.



Слика 1. Структурне формуле фосфорне киселине, деоксирибозе, пуринских (аденин и гуанин) и пиримидинских (тимин и цитозин) база

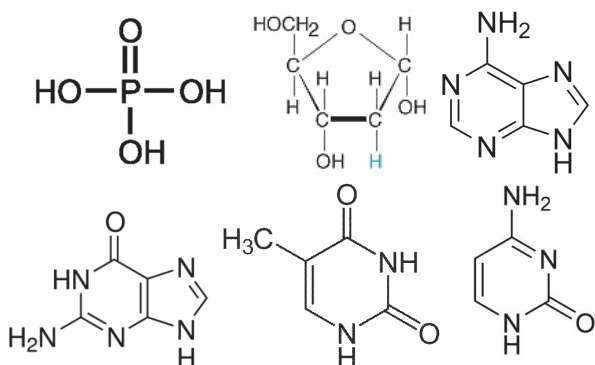
3. Шумска јагода (лат. *Fragaria vesca*) позната је по изузетној отпорности на хладноћу и различите биљне болести. Управо због тога, научници на Институту за воћарство у Београду баве се проучавањем специфичних гена који омогућавају овакве карактеристике. Наиме, одређеним методама утврдили да је секвенца гена у оквиру молекула ДНК у смеру 5'-CGАТАТТГАГСТААГСТТ-3'. Напишите комплементарну секвенцу за дату ДНК секвенцу.

4. На основу решења 2. и 3. задатка направите модел молекула ДНК користећи пластелин и чачкалице.

Радни лист - *ѝруја лук*

1. Шематски прикажите начин на који сте изоловали молекулу ДНК из лука.

2. На Слици 1. приказане су структурне формуле фосфорне киселине, деоксирибозе, пуринских (аденин и гуанин) и пиримидинских (тимин и цитозин) база. Напишите структурне формуле и називе нуклеотида који граде молекулу ДНК.



Слика 1. Структурне формуле фосфорне киселине, деоксирибозе, пуринских (аденин и гуанин) и пиримидинских (тимин и цитозин) база

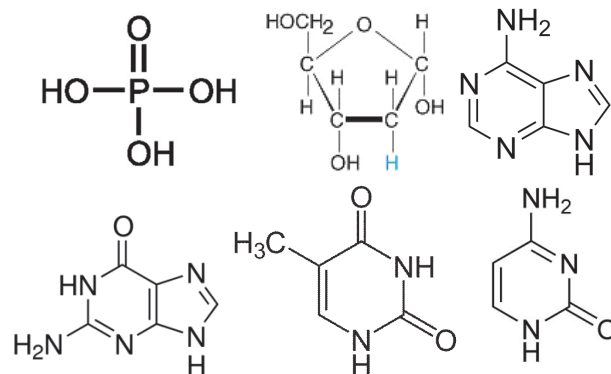
3. Црни лук (лат. *Allium cepa*) је зељаста двогодишња биљка из породице љиљана пореклом из јужне Азије, али се данас гаји широм света. Садржи сумпорна једињења која су одговорна за карактеристичан мирис црног лука, али и за бројне здравствене бенефиције. Спада међу најотпорније и најстарије врсте баштенског поврћа. Научници на Институту за ратарство и повртарство у Новом Саду су одређеним методама утврдили су да је је удео АТ парова у молекулу ДНК лука већи од удела GC парова, што се може уочити на основу приказаног дела секвенце молекула ДНК 5'-АТАТАТТГАТСТААГАТТ-3'. Напишите комплементарну секвенцу за дату ДНК секвенцу.

4. На основу решења 2. и 3. задатка направите модел молекула ДНК користећи колаж папир, маказе и маркер.

Радни лист - *ѝруја поморанџа*

1. Шематски прикажите начин на који сте изоловали молекулу ДНК из поморанџе.

2. На Слици 1. приказане су структурне формуле фосфорне киселине, деоксирибозе, пуринских (аденин и гуанин) и пиримидинских (тимин и цитозин) база. Напишите структурне формуле и називе нуклеотида који граде молекулу ДНК.



Слика 1. Структурне формуле фосфорне киселине, деоксирибозе, пуринских (аденин и гуанин) и пиримидинских (тимин и цитозин) база

3. Поморанџа (лат. *Citrus aurantium*) је настала укрштањем помела, тзв. кинеског грејпфрута (*Citrus maxima*) и мандарине (*Citrus reticulata*). Научници су применом различитих техника поредили секвенце унутар молекула ДНК изолованог из различитих цитруса и уочили да је удео АТ парова у молекулу ДНК поморанџе мањи од удела GC парова, што се може уочити на основу приказаног дела секвенце молекула ДНК 5'-TCGCTACGGAGCTCAGCG-3'. Напишите комплементарну секвенцу за дату ДНК секвенцу.

4. На основу решења 2. и 3. задатка направите модел молекула ДНК користећи дрвене бојице, фломастере и папир.

Abstract

WORKSHOP: NUCLEIC ACIDS - STRUCTURE, PROPERTIES AND FUNCTION OF DNA

Milica STEFANOVIĆ, Marija SIMIĆ and Nevena VUJIĆ

The paper presents a workshop plan that includes the isolation of DNA molecules from plant material and the development of a DNA molecule models within group work. This workshop is planned for the fourth grade of grammar school.



ИЗВЕШТАЈ О РЕЗУЛТАТИМА СА 54. РЕПУБЛИЧКОГ ТАКМИЧЕЊА ИЗ ХЕМИЈЕ ЗА УЧЕНИКЕ ОСНОВНИХ ШКОЛА

Републичко такмичење из хемије за ученике основних школа, у организацији Министарства просвете, науке и технолошког развоја и Српског хемијског друштва, одржано је на Хемијском факултету Универзитета у Београду. Такмичење је одржано у периоду од 18. до 20. маја 2018. године.

На отварању такмичења, које је приређено 18. маја са почетком у 19 h, у Великом Хемијском амфитеатру, присутним ученицима и наставницима обратили су се декан Хемијског факултета, проф. др Иван Гржетић, председник Српског хемијског друштва, проф. др Весна Мишковић Станковић, председник Републичке комисије за такмичење ученика основних школа, доц. др Биљана Томашевић и у име организационог тима, домаћина Хемијског факултета, продекан за наставу Хемијског факултета, доц. др Татјана Вербић.

Након тога су студенти Хемијског факултета извели серију атрактивних огледа.

Реализацијом такмичења руководила је Републичка комисија у саставу:

1. Доц. др Биљана Томашевић
2. В. проф. др Игор Опсеница
3. Доц. др Милан Николић
4. Доц. др Александар Лолић
5. Доц. др Дубравка Релић
6. Доц. др Весна Медаковић
7. Маст. хем. Весна Милановић
8. Игор Матијашевић
9. Маст. хем. Милена Величковић
10. Тања Бијелић
11. Даница Перушковић
12. Владимир Ајдачић
13. Предраг Букара

14. Маст. хем. Александар Ђорђевић

15. Андреа Николић

У целокупној припреми и организацији такмичења учествовали су в. проф. др Рада Баошић, потпредседник СХД и в. проф. др Милош Милчић.

Првог такмичарског дана, 19. маја 2018. године сви учесници Републичког такмичења су решавали Тест. Након резултата решавања теста, објављене су ранглисте ученика који су се пласирали за други део такмичења.

У категорији Тест и практична вежба такмичило се 77 ученика 7. разреда и 68 ученика 8. разреда. Најуспешнији ученици су добили дипломе и похвалнице Министарства просвете, науке и технолошког развоја, као и дипломе Српског хемијског друштва. На ранглистама које достављамо, наведени су пласмани ученика који су награђени.

У категорији Тест и истраживачки рад такмичило се 14 ученика (један ученик 7. разреда и 13 ученика 8. разреда). У овој такмичарској категорији, према условима Правилника за такмичење из хемије за ученике основне школе, нису додељене дипломе и награде.

Целокупна реализација такмичења је успешно изведена према свим планираним активностима.

Приложени су резултати такмичења:

- Коначна ранг-листа ученика 7. разреда у категорији Тест и практична вежба,

- Коначна ранг-листа ученика 8. разреда у категорији Тест и практична вежба и

- Коначна ранг-листа ученика 7. и 8. разреда у категорији Тест и истраживачки рад.

Београд, 28.5.2018. Председник Републичке комисије Биљана ТОМАШЕВИЋ

54. РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ХЕМИЈЕ ЗА УЧЕНИКЕ ОСНОВНИХ ШКОЛА

ХЕМИЈСКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

КОНАЧНА РАНГ-ЛИСТА УЧЕНИКА 7. РАЗРЕДА

КАТЕГОРИЈА: ТЕСТ И ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Пласман	Презиме и име ученика	Школа	Место	Презиме и име наставника	Тест	Вежба	Укупно	Н. Б.	Награда
1	Кежић Александар	Михајло Пупин	Ветерник	Михајлов Наташа	66	28	94	100,0	I
2	Војводић Коста	Стевица Јовановић	Панчево	Савић Зоран	59	28	87	92,6	I
3	Илић Марија	Владислав Рибникар	Београд	Душмановић Сунчица	54	30	84	89,4	II
4	Николић Маша	Вожд Карађорђе	Лесковац	Стојановић Весна	50	30	80	85,1	II

5	Ђурчић Стефан	Илија Бирчанин	Земун	Иванић Дељанин Сања	55	24	79	84,0	II
6	Станишић Матија	Доситеј Обрадовић	Зрењанин	Ерић Ибојка	57	20	77	81,9	II
6	Терзић Теодора	Михаило Петровић Алас	Београд	Папић Мирјана	55	22	77	81,9	II
7	Бићанин Анђела	Светозар Марковић	Краљево	Божовић Љиљана	58	18	76	80,9	II
8	Стојановић Софија	Краљ Александар Први	Нови Београд	Јовић Гордана	57	18	75	79,8	III
9	Јовановић Анђелија	Синиша Јанић	Власотинце	Калинић Милан	60	14	74	78,7	III
9	Станковић Миа	Вук Караџић	Неготин	Негојић Златковић Оливера	58	16	74	78,7	III
10	Добријевић Уна	Жарко Зрењанин	Апатин	Деак Винка	51	20	71	75,5	III
11	Станојевић Никола	Вук Караџић	Србобран	Радованов Исидора	53	16	69	73,4	III
12	Перовић Милош	Бранко Радичевић	Нови Београд	Павловић Смиљана	56	12	68	72,3	III
13	Богдановић Вања	Лазар Саватић	Земун	Стојановић Ана	52	14	66	70,2	III
14	Којић Сања	Светолик Ранковић	Аранђеловац	Божовић Верица	52	12	64	68,1	
15	Васић Мирјана	Филип Кљајић Фића	Београд	Милићевић Мирјана	51	12	63	67,0	
16	Томашевић Весна	Радоје Домановић	Београд	Дамњановић Љубица	60	2	62	66,0	
17	Ђировић Симона	Радоје Домановић	Београд	Дамњановић Љубица	52	10	62	66,0	
18	Рашковић Александар	10. октобар	Суботица	Ђурић Киш Мелинда	56	4	60	63,8	
18	Војводић Јана	Ђура Јакшић	Кикинда	Станчић Лела	49		49	52,1	
18	Нешић Анђела	Никола Тесла	Београд	Асановић Ивана	49		49	52,1	
19	Шушњар Ивана	Ђирило и Методије	Звездара	Јанковић Жељко	49		49	52,1	
19	Новаковић Давид	Милица Павловић	Чачак	Панић Мира	48		48	51,1	
19	Станић Томислав	Јован Цвијић	Лозница	Митровић Мирослав	48		48	51,1	
20	Цвијовић Милица	Алекса Дејовић	Севојно	Којадиновић Мирјана	48		48	51,1	
20	Банковић Марија	Вук Караџић	Србобран	Радованов Исидора	47		47	50,0	
20	Сибиновић Ана	Владислав Рибникар	Београд	Душмановић Сунчица	47		47	50,0	
20	Стошић Богдан	Ј. Поповић	Крушевац	Радмановац Дејан	47		47	50,0	
21	Ђордески Милица	Јелена Ђетковић	Звездара	Стефановић Снежана	47		47	50,0	
21	Бајчетић Софија З.	Карађорђе	Вождовац	Илић Јанковић Снежана	46		46	48,9	
21	Младеновић Јелица	Филип Кљајић Фића	Београд	Милићевић Мирјана	46		46	48,9	
22	Цвијовић Нина	Емилија Остојић	Пожега	Боловић Зорица	46		46	48,9	
22	Дробњак Јелена	Бранко Ђопић	Београд	Михајловић Маринковић Весна	45		45	47,9	
22	Матијевић Ива	Краљ Александар I	Г. Милановац	Симоновић Драшко	45		45	47,9	
23	Мазалица Ива	Књегиња Милица	Београд	Чепић Данијела	44		44	46,8	
24	Вељковић Катарина	Рашка	Рашка	Јоксимовић Биљана	43		43	45,7	
24	Маринковић Алекса	Бошко Ђуричић	Јагодина	Мак Марина	43		43	45,7	
24	Новаков Анђела	Младост	Томашевац	Павлов Наташа Маћош	43		43	45,7	
24	Спасојевић Милица	Прва обреновачка	Обреновац	Новитовић Маријана	43		43	45,7	
25	Марковић Лазар	Нада Поповић	Крушевац	Савић Нада	42		42	44,7	
25	Синђелић Милица	Филип Кљајић Фића	Београд	Милићевић Мирјана	42		42	44,7	
26	Божин Тара	Петефи Шандор	Нови Сад	Родић-Рончевић Сања	41		41	43,6	
26	Милошевић Јован	Јован Јовановић Змај	Обреновац	Глигорић Данијела	41		41	43,6	
27	Бешка Тијана	Маршал Тито	Падина	Сабо Јан	40		40	42,6	
27	Ковачевић Милица	Краљ Петар II	Београд	Павловић Даница	40		40	42,6	
28	Вранић Ива	Јован Јовановић Змај	Панчево	Бунђа Викторија	39		39	41,5	
28	Рајковић Милица	Франце Прешерн	Београд	Николић Снежана	39		39	41,5	
28	Ристић Сергеј	Јован Јовановић Змај	С. Каменица	Гајић Гордана	39		39	41,5	

29	Лазаревић Душан	Светозар Марковић	Рековац	Митровић Станковић Слађана	38	38	40,4
29	Магаш Даријен	Свети Сава	Београд	Павловић Даница	38	38	40,4
29	Радељић Јован	Прва основна школа краља Петра II	Ужице	Удовичић Милка	38	38	40,4
29	Радуловић Даница	Прва Војвођанска Бригада	Нови Сад	Каламковић Снежана	38	38	40,4
29	Ставров Петра	Доситеј Обрадовић	Вражогрнац	Божиновић Ивана	38	38	40,4
30	Поповић Петар	Вук Караџић	Пирот	Пејић Гордана	37	37	39,4
31	Бањац Дуња	Коста Трифковић	Нови Сад	Орловић Мирјана	36	36	38,3
31	Николић Вук	Радоје Домановић	Крагујевац	Димитријевић Катарина	36	36	38,3
31	Попов Ђурђа	Цар Константин	Медијана	Ђокић Гордана	36	36	38,3
31	Ристић Нада	Ј. Ј. Змај	Сурдулица	Благојевић Јасмина	36	36	38,3
32	Поњаковић Андреа	Уједињене нације	Београд	Козић Милош	35	35	37,2
33	Лончар Сара	Стевица Јовановић	Панчево	Савић Зоран	34	34	36,2
33	Терзић Тијана	Јездимир Трипковић	Латвица	Алемпијевић Јелена	34	34	36,2
33	Тошев Ђорђе	Књегинја Милица	Београд	Чепић Данијела	34	34	36,2
34	Јанковић Марко	Бранко Ђокић	Београд	Михајловић Маринковић Весна	33	33	35,1
35	Васојевић Исидора	Уједињене нације	Београд	Јоцић Снежана	32	32	34,0
35	Стипановић Илија	Бранко Радичевић	Смедерево	Ранковић Слађана	32	32	34,0
36	Пантић Бојан	Иво Лола Рибар	Велико Градиште	Врачарић Венета	31	31	33,0
37	Веселиновић Ђорђе	Змај Јова Јовановић	Рума	Ћрбић Нађђерђ Гордана	30	30	31,9
38	Радивојевић Јелена	Драгомир Марковић	Крушевац	Јокић Горица	29	29	30,9
38	Страценски Лена	Радоје Домановић	Крагујевац	Димитријевић Катарина	29	29	30,9
39	Вучковић Теодора	Др Јован Цвијић	Смедерево	Крунић Ненад	28	28	29,8
40	Јевтић Марко	Иса Бајић	Кула	Вукмировић Снежана	26	26	27,7
41	Пејић Огњен	Доситеј Обрадовић	Зрењанин	Жупунски Јелена	25	25	26,6
42	Васић Милица	Милоје Закић	Куршумлија	Ђуровић Мирослава	24	24	25,5
43	Алимпијевић Алекса	Деспот Стефан Високи	Деспотовац	Петровић Снежана	23	23	24,5
44	Милошевић Немања	Вук Караџић	Нови Сад	Гајић Гордана	22	22	23,4
44	Остојић Сања	Милан Ракић	Мионица	Вуковић Оливера	22	22	23,4

Напомене:

1. Три најбоље пласирани ученика (прво, друго и треће место) добијају **дипломе** потписане од стране надлежног министра.
2. Четири следећа најбоље пласирани ученика (четврто, пето и два шеста места) добијају **похвалнице** потписане од стране надлежног министра.
3. Српско хемијско друштво додељује дипломе ученицима који су освојили:
 - 90,00-100 (нормираних) бодова: I награда
 - 80,00-89,99 (нормираних) бодова: II награда
 - 70,00-79,99 (нормираних) бодова: III награда

Нормирани бодови добијени су према формули:

$$N \times 100 / N_{\max}$$

где је N број бодова ученика, а N_{max} број бодова првопласираног ученика.

Београд, 20. мај 2018. године

Комисија:

1. Александар Лолић
2. Весна Милановић
3. Игор Матијашевић

54. РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ХЕМИЈЕ ЗА УЧЕНИКЕ ОСНОВНИХ ШКОЛА
ХЕМИЈСКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ
КОНАЧНА РАНГ-ЛИСТА УЧЕНИКА 8. РАЗРЕДА
КАТЕГОРИЈА: ТЕСТ И ПРАКТИЧНА ВЕЖБА

Пласман	Презиме и име ученика	Школа	Место	Презиме и име наставника	Тест	Вежба	Укупно	Н. Б.	Награда
1	Пецарски Теодора М.	Карађорђе	Вождовац	Илић Јанковић Снежана	65	30	95	100,0	I
2	Карић Тијана	Свети Сава	Кикинда	Станчић Лела	64	30	94	98,9	I
3	Милосављевић Гаврило	Вук Караџић	Врање	Пешић Александра	64	29	93	97,9	I
4	Топаловић Урош	Душан Јерковић	Ужице	Арсовић Брана	62	30	92	96,8	I
5	Живковић Алекса С.	Карађорђе	Вождовац	Илић Јанковић Снежана	61	30	91	95,8	I
5	Мандић Милица	21. Октобар	Крагујевац	Милојевић Смиља	61	30	91	95,8	I
6	Бегуш Душан	Николај Велимировић	Шабац	Митровић Душко	60	30	90	94,7	I
7	Јанковић Добрица	Гимназија	Чачак	Југовић Неда	57	30	87	91,6	I
7	Секешан Павле	Ратко Митровић	Београд	Миловановић Бојана	57	30	87	91,6	I
8	Добријевић Ања	Жарко Зрењанин	Апатин	Деак Винка	55	30	85	89,5	II
8	Милосављевић Бојана	Жарко Зрењанин	Нови Сад	Салатић Данијела	56	29	85	89,5	II
9	Терзић Никола	Јован Поповић	Палилула	Лазић Будимир	53	30	83	87,4	II
10	Маљковић Маја	Павле Савић	Звездара	Вијатов Александар	60	22	82	86,3	II
11	Недељковић Филип	М.Ч.Чажка	Трстеник	Зечевић Марија	60	21	81	85,3	II
11	Покимица Огњен	Јован Дучић	Београд	Муцић Јелена	51	30	81	85,3	II
12	Димитријевић Анђела	Владислав Рибникар	Београд	Душмановић Сунчица	50	30	80	84,2	II
12	Стаменковић Богдан	Вук Караџић	Лесковац	Стаменковић Анита	58	22	80	84,2	II
13	Гузина Ања	Петар Петровић Његош	Врбас	Дакић Тамара	57	22	79	83,2	II
14	Васић Огњен	Анта Богићевић	Лозница	Станишић Зорица	55	22	77	81,1	II
15	Смиљанић Јована	Прва основна краља Петра II	Ужице	Удовичић Милка	57	16	73	76,8	III
16	Танасковић Бошко	Вук Караџић	Чачак	Батрићевић Станојка	50	21	71	74,7	III
17	Бојовић Александра	Гимназија	Чачак	Југовић Неда	57	9	66	69,5	
18	Недић Немања	Павле Савић	Звездара	Радић Биљана	50		50	52,6	
19	Велимировић Јана М.	Ђура Даничић	Вождовац	Стојисављевић Вера	49		49	51,6	
19	Петровић Марија	Милица Павловић	Чачак	Јевтовић Мирјана	49		49	51,6	
19	Цветановски Маша	Бранко Ђопић	Београд	Михајловић Маринковић Весна	49		49	51,6	
20	Јанковић Јана	Николај Велимировић	Шабац	Митровић Душко	48		48	50,5	
20	Јоксимовић Софија	Милан Илић Чича	Аранђеловац	Ранковић Јелена Станковић Бојана	48		48	50,5	
20	Пејовић Александар	М.Ч.Чажка	Трстеник	Зечевић Марија	48		48	50,5	
20	Петковић Никола	Десанка Максиминовић	Грделица	Петровић Слађана	48		48	50,5	
21	Гојак Милица	Прва крагујевачка гимназија	Крагујевац	Симић Сања	47		47	49,5	
21	Јанковић Ђурђа	Прва крагујевачка гимназија	Крагујевац	Симић Сања	47		47	49,5	
21	Нешковић Огњен	Јосиф Панчић	Београд	Ранђеловић Миомир	47		47	49,5	
21	Перовић Вук	Ђурило и Методије	Звездара	Арсеновић Драгана	47		47	49,5	
21	Савић Анисија	Бранко Ђопић	Београд	Михајловић Маринковић Весна	47		47	49,5	
22	Глигорић Теодора	Николај Велимировић	Шабац	Митровић Душко	46		46	48,4	
22	Урошевић Михајло	Милан Мијалковић	Јагодина	Матић Радосављевић Мирјана	46		46	48,4	
23	Ђуришић Миона	Прва Војвођанска Бригада	Нови Сад	Каламковић Снежана	45		45	47,4	
23	Ристић Бојан	Вук Караџић	Врање	Пешић Александра	45		45	47,4	

24	Радаковић Лука	Петар Петровић Његош	Зрењанин	Љујић Оливера	44	44	46,3
25	Трајковић Александар	Милутин Смиљковић	Винарце	Стаменковић Биљана	43	43	45,3
26	Булатовић Вук	Н.С.Татко	Прокупље	Младеновић Миљена	42	42	44,2
26	Зимоња Александар	Данило Киш	Вождовац	Стојисављевић Вера	42	42	44,2
26	Станишић Александар	Драган Лукић	Београд	Веселиновић Анита	42	42	44,2
27	Горданић Милица	Петар Тасић	Лешница	Јеремић Ивана	41	41	43,2
27	Иличин Нестор	Јован Поповић	Кикинда	Вуњак Драгана	41	41	43,2
27	Леванг Матијас	Вук Караџић	Бајмок	Живановић Даниела	41	41	43,2
28	Јашић Даница	Свети Сава	Врчин	Максимовић Милица	40	40	42,1
28	Кнежевић Горан	Бранко Радичевић	Голубац	Николић Весна	40	40	42,1
28	Мисовић Владимир	Бранко Ђопић	Београд	Михајловић Маринковић Весна	40	40	42,1
29	Јанковић Милица	Посавски Партизани	Обреновац	Кунић Јасминка	39	39	41,1
29	Радосављевић Радослав	Илија Бирчанин	Београд	Иванић Дејанин Сања	39	39	41,1
30	Ђурђевић Душан	Моше Пијаде	Жагубица	Јовкић Никола	38	38	40,0
30	Стојановић Стефан	Деспот Стефан Високи	Деспотовац	Петровић Снежана	38	38	40,0
31	Ивковић Милица	Јосиф Панчић	Београд	Рањеловић Миомир	37	37	38,9
32	Голубовић Анђела	Иван Горан Ковачић	Нишка Бања	Мишић Снежана	36	36	37,9
32	Зинаја Јелена	Војвода Степа	Вождовац	Кусуља Драгица	36	36	37,9
32	Јелчић Јелена	Десанка Максимовић	Пожаревац	Станојевић Јелена	36	36	37,9
33	Радић Немања	Сава Шумановић	Београд	Стевановић Небојша	34	34	35,8
33	Симоновић Сара	Жарко Зрењанин	Качарево	Алипић Славица	34	34	35,8
34	Крстић Петар	Вук Караџић	Пирот	Пејић Гордана	32	32	33,7
35	Николић Михаило	Посавски Партизани	Обреновац	Кунић Јасминка	31	31	32,6
36	Лазаревић Теодора	9. српска бригада	Бољевац	Рањеловић Маја	30	30	31,6
37	Јелић Невена	Радомир Лазић	Азања	Матејић Иван	27	27	28,4
37	Јовановић Марија	Никола Тесла	Винча	Живковић Драгана	27	27	28,4
37	Нушевић Давуд	Рифат Б.Тршо	Нови Пазар	Табаковић Рубина	27	27	28,4
38	Зрнић Андреј	Сестре Илић	Ваљево	Панић Ружа	25	25	26,3
39	Брзуловић Богдан	Вук Караџић	Неготин	Негојић Златковић Оливера	24	24	25,3

Напомене:

1. Три најбоље пласирани ученика (прво, друго и треће место) добијају **дипломе** потписане од стране надлежног министра.
2. Четири следећа најбоље пласирани ученика (четврто, два пета и шесто место) добијају **похвалнице** потписане од стране надлежног министра.
3. Српско хемијско друштво додељује дипломе ученицима који су освојили:
 - 90,00-100 (нормираних) бодова: I награда
 - 80,00-89,99 (нормираних) бодова: II награда
 - 70,00-79,99 (нормираних) бодова: III награда

Нормирани бодови добијени су према формули:

$$N \times 100 / N_{\max}$$

где је N број бодова ученика, а N_{\max} број бодова првопласираног ученика.

Београд, 20. мај 2018. године

Комисија:

1. Биљана Томашевић
2. Тања Бијелић
3. Александар Ђорђевић

**54. РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ХЕМИЈЕ ЗА УЧЕНИКЕ ОСНОВНИХ ШКОЛА
ХЕМИЈСКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

КОНАЧНА РАНГ-ЛИСТА

КАТЕГОРИЈА: ТЕСТ И ИСТРАЖИВАЧКИ РАД

Пласман	Презиме и име ученика	Школа	Место	Презиме и име наставника	Разред	Тест	Одбрана	Укупно	Награда
/	Радојковић Милан	Стефан Немања	Пантелеј	Стојановић Нена	VIII	46	/	46	/
/	Петковић Николина	Вук Караџић	Ђуприја	Стојановић Слађана	VIII	41	/	41	/
/	Илић Милица	Јован Јовановић Змај	Свилајнац	Зарков Љубинка	VIII	39	/	39	/
/	Онч Стефан	Др Јован Цвијић	Зрењанин	Ракита Александар	VIII	39	/	39	/
/	Ивановић Тијана	Стефан Немања	Пантелеј	Стојановић Нена	VIII	34	/	34	/
/	Јовановић Наталија	Стефан Немања	Пантелеј	Стојановић Нена	VIII	32	/	32	/
/	Пантовић Марко	Живадин Апостоловић	Трстеник	Ђошић Марија	VIII	29	/	29	/
/	Каменовић Лазар	Душан Радовић	Медијана	Крстић Тања	VIII	28	/	28	/
/	Радосављевић Марија	Стеван Јаковљевић	Параћин	Димитријевић Ивана	VIII	26	/	26	/
/	Живковић Теодора	Бранко Радичевић	Батајница	Ненић Александра	VIII	25	/	25	/
/	Јанковић Елена	Јован Јовановић Змај	Свилајнац	Зарков Љубинка	VII	25	/	25	/
/	Симић Ања	Стефан Немања	Пантелеј	Стојановић Нена	VIII	22	/	22	/
/	Миланковић Анђела	Уједињене нације	Београд	Козић Милош	VIII	21	/	21	/
/	Бирманац Милица	Уједињене нације	Београд	Козић Милош	VIII	10	/	10	/

С обзиром да је према Правилнику такмичења услов за одбрану истраживачког рада освојено најмање 50 бодова на тесту знања, ниједан ученик није остварио пласман, и самим тим није освојио награду у овој такмичарској категорији.

Београд, 20. мај 2018. године

Комисија:

1. Игор Опсеница
2. Милан Николић

**54. РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ХЕМИЈЕ УЧЕНИКА
СРЕДЊИХ ШКОЛА**

У Београду је од 11. до 13. маја 2018. одржано 54. Републичко такмичење из хемије ученика средњих школа у организацији Српског хемијског друштва и Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике. Домаћин је био Хемијски факултет Универзитета у Београду. Такмичење је у потпуности успело и протекло је у пријатној атмосфери. Хемијски факултет је био успешан организатор. Награде за најуспешније такмичаре је обезбедило Српско хемијско друштво.

У категорији Тест и експерименталне вежбе учествовало је 55 ученика I разреда, 51 ученик II разреда и 55 ученика III и IV разреда. У категорији Тест и самостални истраживачки рад учествовало је 5 ученика I и II разреда и 4 ученика III и IV разреда. У припреми и жирију такмичења били су ангажовани: др Душан Сладић, др Нико Радловић, др Ирена Новаковић, др Маја Шумар, др Александра Маргетић, др Јанош Чанади, др Јелена Мутић, др Милица Поповић, Видак Раичевић, Срђан Туфегџић, Милош Пешић, Гордана

Крстић, Мима Романовић, мр Мирјана Војић, мр Александра Симић, Биљана Ракочевић, мр Верица Милићевић, др Татјана Вербић, Живота Селаковић, др Душан Маленов, Карла Илић Ђурђић и Александра Драмићанин. На отварању такмичења учесницима и менторима су се обратили председница Српског хемијског друштва проф. Весна Мишковић-Станковић и декан Хемијског факултета проф. Иван Гржетић. Постигнути су одлични резултати, захваљујући добром раду такмичара и ментора. На такмичењу је одабрана и група такмичара за Српску хемијску олимпијаду. Пласирало се десет првопласираних такмичара из III и IV разреда у категорији тест и експерименталне вежбе, као и два првопласирана такмичара из II разреда у истој категорији. Наводимо списак награђених и похваљених ученика у свим такмичарским категоријама, називе школа и места из којих су дошли, као и имена ментора који су припремили ученике за ово такмичење.

I РАЗРЕД - ТЕСТ И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНЕ ВЕЖБЕ

Пласман	Име и презиме ученика	Назив школе	Место	Име и презиме ментора	Награда
1.	Петар Дамјановић	Ужичка гимназија	Ужице	Славица Вељовић	I
2.	Јован Марковић	Гимназија	Крушевац	Марица Грчак	II
3.	Василије Пантелић	XIV београдска гимназија	Београд	Наташа Диздаревић	III
4.	Огњен Алексић	Девета гимназија „Михаило Петровић - Алас“	Београд	Бранка Кујовић	III
5.	Маша Стаменковић	Гимназија	Лесковац	Предраг Стоиљковић	III
6.	Ана Костић	Девета гимназија „Михаило Петровић - Алас“	Београд	Милица Петровић	III

II РАЗРЕД - ТЕСТ И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНЕ ВЕЖБЕ

Пласман	Име и презиме ученика	Назив школе	Место	Име и презиме ментора	Награда
1.	Александра Љубеновић	Гимназија	Лесковац	Предраг Стоиљковић	I
2.	Филип Колцић	Математичка гимназија	Београд	Аника Влајић	II
3.	Михаило Милошевић	Математичка гимназија	Београд	Ивана Вуковић	II
4.	Владимир Бошковић	Гимназија	Чачак	Данка Вујичић	III
5.	Ања Миловановић	Гимназија „Бора Станковић“	Ниш	Љиљана Миладиновић	III
6.	Жарко Ивковић	Гимназија „Светозар Марковић“	Ниш	Маја Ђорђевић	III

III И IV РАЗРЕД - ТЕСТ И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНЕ ВЕЖБЕ

Пласман	Име и презиме ученика	Назив школе	Место	Име и презиме ментора	Награда
1.	Дамјан Чубраковић	Математичка гимназија	Београд	Аника Влајић	I
2.	Андреј Ковачевић	Ужичка гимназија	Ужице	Драгица Селаковић	I
3.	Игор Топаловић	Ужичка гимназија	Ужице	Славица Вељовић	II
4.	Никола Кнежевић	Средња школа	Велико Градиште	Весна Новковић	II
5.	Марко Беслаћ	Трећа београдска гимназија	Београд	Тамара Ђурић	II
6.	Димитрије Спасић	Гимназија „Светозар Марковић“	Ниш	Маја Ђорђевић	II
7.	Алекса Радовановић	Прва крагујевачка гимназија	Крагујевац	Славица Ковачевић	II
8.	Богдана Ђорђевић	Гимназија „Светозар Марковић“	Ниш	Славица Драмићанин	III
9.	Марко Слијепчевић	Трећа београдска гимназија	Београд	Катарина Митрић	III
10.	Даријан Секулић	Прва београдска гимназија	Београд	Јасна Петровић	III

I И II РАЗРЕД - ТЕСТ И САМОСТАЛНИ ИСТРАЖИВАЧКИ РАД

Пласман	Име и презиме ученика	Назив школе	Место	Име и презиме ментора	Награда
1.	Филип Колцић	Математичка гимназија	Београд	Аника Влајић	I
2.	Ања Миловановић	Гимназија „Бора Станковић“	Ниш	Љиљана Миладиновић	II
3.	Михаило Мирковић	Прва београдска гимназија	Београд	Слободанка Пријић	III

III И IV РАЗРЕД - ТЕСТ И САМОСТАЛНИ ИСТРАЖИВАЧКИ РАД

Пласман	Име и презиме ученика	Назив школе	Место	Име и презиме ментора	Награда
1.	Димитрије Спасић	Гимназија „Светозар Марковић“	Ниш	Маја Ђорђевић	I
2.	Катарина Станојевић	Гимназија	Лесковац	Предраг Стоиљковић	II
3.	Миона Томић	Гимназија	Лесковац	Предраг Стоиљковић	III
4.	Нина Миладиновић	Гимназија	Параћин	Драгана Живановић	похвалница

Душан Сладић

55. САВЕТОВАЊЕ СРПСКОГ ХЕМИЈСКОГ ДРУШТВА РЕКТОРАТ УНИВЕРЗИТЕТА, НОВИ САД, 8-9. ЈУН 2018. ГОДИНЕ

55. Саветовање Српског хемијског друштва одржано је у Ректорату Универзитета у Новом Саду 8-9. јуна 2018. године у организацији Српског хемијског друштва и Хемијског друштва Војводине уз сурорганизацију Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду. Као и претходних година, и на овогодишњем Саветовању окупили су се хемичари и технолози из Србије и окружења, како из научно-образовних институција, тако и из индустрије, презентovali своје научне резултате и разменили идеје из различитих области хемије и хемијске технологије. Научни програм одвијао се кроз 3 пленарна предавања, 4 предавања по позиву, 7 усмених и 89 постерских саопштења. На овогодишњем Саветовању, пленарни предавачи и предавачи по позиву били су еминентни стручњаци и професори из наше земље и иностранства - проф. др Ернесто де Јесус (Ernesto de Jesús) из Шпаније, др Наташа Дропка (Natasha Dropka) из Немачке, проф. др Акош Куковец (Akos Kukovecz) из Мађарске, проф. др Иван Крефт (Ivan Krefc) из Словеније, као и др Наташа Ђуришић Младеновић, проф. др Милан Вранеш и др Јелена Вулић из Србије. Свечано отварање 55. Саветовања СХД-а почело је 8. јуна 2018. године у 10 часова. Након кратког музичког увода, присутнима су се обратили, редом: др Сања Панић, председник Хемијског друштва Војводине и Организационог одбора Саветовања, проф. др Јанош Чанади (János Csánádi), председник Научног одбора Саветовања, проф. др Весна Мишковић Станковић, председник Српског хемијског друштва, проф. др Биљана Абрамовић, проректор за наставу Универзитета у Новом Саду, проф. др Срђан Рончевић, продекан за науку, међународну сарадњу и развој Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду, Снежана Лакићевић, представник Нафтне индустрије Србије, као и Мирко Балта, представник фирме Тимизол-лирка из Шида. Након свечаног отварања, уследила су два пленарна предавања, два предавања по позиву, а потом и постерска секција из области Неорганске хемије, Биохемије, Физичке хемије, Хемије и технологије хране, Хемије и технологије макромолекула, Науке о материјалима и Текстилног инжењерства. У поподневним часовима учесници Саветовања уживали су у излету са туристичким водичем који је обухватио обилазак Сремских Карловаца, Петроварадинске тврђаве и центра Новог Сада. Вечерње дружење настављено је уз музику групе тамбураша на салашу Древна у околини Новог Сада. Други дан Саветовања био је научног карактера са једним пленарним преда-

вањем, два предавања по позиву, 7 усмених саопштења и две постерске секције. Прва постерска секција обухватила је радове из области Хемије животне средине, Аналитичке хемије, Електрохемије и Хемијског инжењерства, док су другу чинили радови из области Медицинске хемије, Органске хемије и Теоријске хемије.

Програм, Кратки изводи радова (96 прихваћених саопштења), Књига радова (19 радова у целини), као и биографије пленарних предавача и предавача по позиву су биле доступне током Саветовања и преко једне апликације (Guidebook) за мобилне телефоне, таблете и рачунаре.

Посебан жири је на основу оригиналности, квалитета експерименталних резултата, као и јасноће презентације одабрао следећа три постерска саопштења за IUPAC Постер Награду:

- Соња Ж. Ђурић, Александар Павић, Hubert Waderohl, Нада Д. Савић, Марија Мојићевић, Сандра Војновић, Биљана Ђ. Глишић, Јасмина Никодиновић-Рунић, Милош И. Ђуран, *Полинуклеарни комплекси сребра(I) са 1,5-нафтиридиноном као ефикасни антифунгални агенси;*
- Ивана З. Кузминац, Марина П. Савић, Евгенија А. Ђурендић, Димитар С. Јакимов, Сузана С. Јовановић-Шанта, Марија Н. Сакач, *Синтеза и антиинфламаторски потенцијал њенцијалних андростанских D-хомо лактиона;*
- Марија Лучић Шкорић, Никола Павловић, Антоније Митровић, Мелина Калагасидис Крушић, *Glucose-sensitive chitosan/PVA microbeads with the potential application for the controlled release of insulin.*

На свечаном затварању 55. Саветовања СХД-а, присутне је поздравила проф. др Весна Мишковић Станковић, председник Друштва, а потом је проф. др Јанош Чанади испред Научног одбора Саветовања уручио постер награде добитницима и затворио овогодишње Саветовање.

Извештај су саставили:

Јанош ЧАНАДИ, председник Научног одбора Саветовања, и

Сања ПАНИЋ, председник Хемијског друштва Војводине и Организационог одбора Саветовања

Нови Сад, 12.06.2018.

ИЗВЕШТАЈ О УЧЕШЋУ СРБИЈЕ НА 50. МЕЂУНАРОДНОЈ ХЕМИЈСКОЈ ОЛИМПИЈАДИ

У Братислави (Словачка) и Прагу (Чешка) је од 19. до 29. јула 2018. одржана јубиларна, 50. међународна хемијска олимпијада, на којој је учествовало 300 такмичара из 76 земаља. То је било седмо учешће Србије на овом, најугледнијем такмичењу из хемије ученика средњих школа. Такмичење се састојало од теоријског дела (осам задатака), који носи 60 поена, и експерименталног дела (три задатка), који носи 40 поена. Екипу су чинили: Марко Беслаћ, ученик III разреда Треће београдске гимназије, Андреј Ковачевић, ученик IV разреда Ужичке гимназије, Никола Кнежевић, ученик Средње школе Велико Градиште и Игор Топаловић, ученик III разреда Ужичке гимназије. Марко Беслаћ и Андреј Ковачевић су освојили бронзане медаље, а Никола Кнежевић похвалницу. Андреј Ковачевић је освојио бронзану медаљу и прошле године на 49.

међународној хемијској олимпијади у Тајланду. Иако је рангирање такмичара индивидуално, по билансу медаља за последњих пет година Србија заузима 26. место у свету, а 12. место у Европи. Двонедељне припреме за олимпијаду су, у организацији Српског хемијског друштва, одржане на Природно-математичком факултету у Нишу под руководством др Ника Радловића, редовног професора, и на Хемијском факултету Универзитета у Београду под руководством др Душана Сладића, редовног професора, који су били и ментори екипе на олимпијади. Учешће екипе је финансирано од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја, Нафтне индустрије Србије и Српског хемијског друштва.

Душан СЛАДИЋ

СКУП ПОСВЕЋЕН АКАДЕМИКУ ДР РАДОСЛАВУ АЦИЋУ

Електрохемијска секција Српског хемијског друштва је 30. августа 2018. године организовала скуп поводом одласка у пензију академика др Радослава Ацића, који је свој научни рад завршио у Брукхевен националној лабораторији у Сједињеним Америчким Државама (Brookhaven National Laboratory, USA). Др Ацић је дописни члан Српске академије наука и уметности и некадашњи директор Центра за електрохемију Института за хемију, технологију и металургију (ИХТМ), Универзитета у Београду. Члан је инжењерске академије и почасни члан Српског хемијског друштва. Прошле године је у Brookhaven National Laboratory изабран за *Senior Scientist Emeritus*.

На почетку скупа председница Електрохемијске секције, др Владислава Јовановић је присутнима презентовала кратку биографију др Ацића, а затим је председница Српског хемијског друштва, проф. др Весна Мишковић-Станковић, говорила о његовом доприносу Друштву. Потом је проф. др Бранислав Николић, главни уредник часописа *Journal of the Serbian Chemical Society* говорио о импозантном научном доприносу др Ацића.

Бивши сарадници и данашњи наследници др Радослава Ацића су након тога одржали кратка предавања, о својим најновијим резултатима, али и о истраживањима инспирисаним и проистеклим из рада др Ацића.

Др Милка Аврамов-Ивић, научни саветник Центра за електрохемију ИХТМ је у првом делу свог предавања говорила о *Елекгроанализици и елекгродеградацији одабраних фармацеутичких једињења, њихових стања и органских боја*, док је други

део посветила *Рачунарски заснованом сисџему за UV –VIS сџектроскојску дијагностику малићних болесћих анализом њлеуралних излива и ацићииа*.

Др Небојша Маринковић, научни саветник, данас на Универзитету у Делавару (University of Delaware) САД, до почетка деведесетих сарадник Центра за електрохемију ИХТМ, говорио је о *Инфрацрвеној сџектроскојииа и елекгрохемијским сисџемима*.

Након тога је др Светлана Штрбац, научни саветник Центра за електрохемију ИХТМ одржала кратко предавања о *Елекгрокаћализи на диметћалним њовршинами*, а др Душан Трипковић, такође научни саветник Центра за електрохемију ИХТМ, предавање насловљено *Ућииај њермичкој ѡрећмана Pt елекгрода на бази ѡанских филмова на њихове каћалићичке особине*.

Скуп је закључила млада асистенткиња на Катедри за физичку хемију и електрохемију Технолошко-металуршког факултета у Београду, мр Мила Крстајић-Пајић, предавањем о *Наночесћииама Pt конћролисаној облика за оксидацију малић органских молекула*.

Др Радослав Ацић је рођен 1942. године у Матешеву, завршио је Технолошко-металуршки факултет у Београду, на којем 1965. године магистрирао, а 1974. године докторирао. У Институту за електрохемију (данашњем Центру за електрохемију ИХТМ) почео је да ради 1965, да би од 1983 до 1992. године био директор Института. Професор у Центру за мултидисциплинарне студије био је од 1975. до 1992. године, и током тог времена био ментор израде неколико докторских

дисертација. Током рада у Институту у више наврата је као гостујући предавач боравио на Case Western Reserve универзитету у Сједињеним Америчким Државама.

1992. године одлази на Long Island у New York, у Brookhaven National Laboratory, где наставља своја истраживања у електрохемији површина и електрокатализи и врло брзо постаје руководилац групе која се бави овим областима. Њихова истраживања дају значајан допринос бољем разумевању електрокатализе и развоју електрокатализатора за горивне ћелије. Др Аџић је комбиновао фундаментална истраживања електрохемијских процеса, материјала и структуре са практичном применом.

Увео је концепт core-shell електрокатализатора који би са једне стране требало да побољшају особине и трајност, а са друге да смање цену ниско-температурних водоничних горивних спрегова. Показао је да мали додатак допанта, као што је злато, може значајно да побољша активност и стабилност катализатора за горивне спергове на бази платине. Дизајнирао је први анодни катализатор горивне ћелије са врло малом количином платине који се састоји од наночестица рутенијума са субмонослојем платине. Његова истраживања допринела су напретку вишекомпонентних и монослојних електрокатализатора за оксидацију малих органских молекула, потенцијалних горива горивних ћелија.

Као признање његовом научном опусу, посвећен му је један број часописа *Electrocatalysis* у децембру 2012. У предговору тог броја његов ученик и колега, др Ненад Марковић је, имајући на уму велико интересовање др Аџића не само за науку већ и за сликарство и класичну музику, написао да др Аџић користи уметност као инспирацију: *"Из слика учи како да дизајнира каталитички активна места, а из музике како да организује ефективно формирање и кретање веза. Рајков ирисисуи уметности-музика-наука је заразан и инспирирао је многе од нас који уживамо у дављењу електрохемијом"*.

Др Радослав Аџић је аутор или коаутор преко 300 публикација, цитираних преко 23000 пута, има 21 регистрован патент и око 15 који очекују примену. Члан

је бројних организација: Српског хемијског друштва, The Electrochemical Society (USA), International Society for Electrochemistry (ISE), American Chemical Society; организатор 13. југословенског симпозијума о електрохемији, Дубровник 1983; ко-организатор Symposium on Oxygen Electrochemistry, Chicago, 1995 и Symposium on Electrocatalysis, Québec City, 2005; члан уређивачких одбора часописа *Journal of the Serbian Chemical Society*; *Electrocatalysis*; *J. Transactions SAEST* и *Scientific Reports – Nature*; ко-председник Division of Fundamental Interfacial Electrochemistry of International Society of Electrochemistry (ISE), 1987–1989; члан Извршног комитета The Physical and Analytical Electrochemistry Division of Electrochemical Society, 1995–1999; члан Извршног одбора Energy Materials Center, Cornell University

Др Радослав Аџић је добитник великог броја награда и признања, како код нас тако и у свету:

- Октобарска награда Града Београда 1968 и 1983 (за област природно-математичких наука)
- Јубиларна медаља Српског хемијског друштва, поводом 100 година од оснивања, 1997
- Science and Technology Award, Brookhaven National Laboratory, 2005
- Fellow of the Electrochemical Society, 2005
- Inventor of the Year, Battelle Memorial Institute, 2005, 2011
- Energy Technology Award, the Electrochemical Society, 2006
- The SciAm50, 2007
- Department of Energy's Hydrogen Program R&D Award, 2008, 2012
- Fellow International Society of Electrochemistry, 2012
- R&D 100 Award from R&D Magazine, 2012
- New York Intellectual Property Law Association, Inventor of the Year Award, 2012
- Thomson Reuters Web of Science: Highly cited researcher, 2016

Владислава ЈОВАНОВИЋ