

POVIJEST KEMIJE I KEMIJSKOG INŽENJERSTVA

Koloidna teorija života u Bubanovićevoj "Kemiji živih bića" (1918.)

DOI: 10.15255/KUI.2018.012

KUI-21/2018

Stručni rad

Prispjelo 13. travnja 2018.

Prihvaćeno 1. svibnja 2018.

Ovo djelo je dano na korištenje pod
Creative Commons Attribution 4.0
International License

N. Raos*

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Ksaverska c. 2, 10 000 Zagreb

Sažetak

Znanstveno-popularna knjiga Frana Bubanovića (1883. – 1956.), prvoga profesora kemije na zagrebačkom Medicinskom fakultetu, "Kemija živih bića" (1918.) odražava stanje biokemije na početku 20. stoljeća. U knjizi je vidljiva biokoloidna teorija prema kojoj se fiziološki procesi u stanici tumače promjenom koloidnog stanja (sól/gel) protoplazme, no vide se i začetci molekularne teorije budući da Bubanović zna da su proteini polimeri aminokiselina, a upoznat je i s Fischerovom teorijom enzimskog raspoznavanja ("ključ i brava").

Ključne riječi

Povijest biokemije, popularizacija znanosti, koloidi, proteini

Uvod

Fran Bubanović (1883. – 1956.)^{1–3} osebujni je lik iz povijesti hrvatske znanosti. Učenik gornjogradske gimnazije i zagrebačkog sjemeništa, student i asistent (1905.) profesora Gustava Janečka (1848. – 1929.), profesor kemije na bjevolovarskoj gimnaziji, stipendist u Groningenu kod Hartoga Jacoba Hamburgera (1859. – 1924.) i u Stockholmu kod nobelovca Svantea Arrheniusa (1859. – 1927.),^{4–6} s kojim je održavao prijateljske veze sve do Arrheniusove smrti,^{7,8} prvi profesor kemije na novoosnovanom Medicinskom fakultetu u Zagrebu (1918.), popularizator znanosti, publicist, katolički mason i jugoslavenski unitarist – a nadalje popularna pojava međuratnog Zagreba.^{**} Reći za Bubanovića da je bio kemičar i biokemičar nije dovoljno: bio je to čovjek najširih interesa,^{***} u tolikoj mjeri da je možda bio poznatiji po svojim političko-filozofskim esejima,⁹ znanstveno-popularnim člancima (*Pokret, Obzor, Savremenik, Priroda* i dr.) i knjigama (*Slike iz kemije, Iz moderne ke-*

mije, Kemija živih bića i dr.) nego po udžbenicima, posebice onima sveučilišnim ("za slušače kemije, medicine, veterine i farmacije") iz anorganske i organske kemije te biokemije. Bubanović po današnjim, pa i ondašnjim, kriterijima ima malo znanstvenih članaka; pravo rečeno njegov je znanstveni rad praktički zamro nakon što se 1918. vratio iz Beča, gdje je bio na specijalizaciji kod Otta von Fürtha (1867. – 1938.). Tada se posve posvetio nastavi, a nadalje popularizaciji znanosti.

Namjera ovoga članka nije da cjelovito prikaže život i rad profesora Bubanovića, jer to ne bi bilo moguće. Povod mu je stogodišnjica izlaska znanstveno-popularne knjige "Kemija živih bića" (slika 1),¹⁰ u kojoj se zrcale ne samo Bubanovićevo pogledi na biokemiju i fiziologiju nego i stanje znanosti o životnim procesima ("fiziološke kemije") u to doba.

Koloidna teorija života

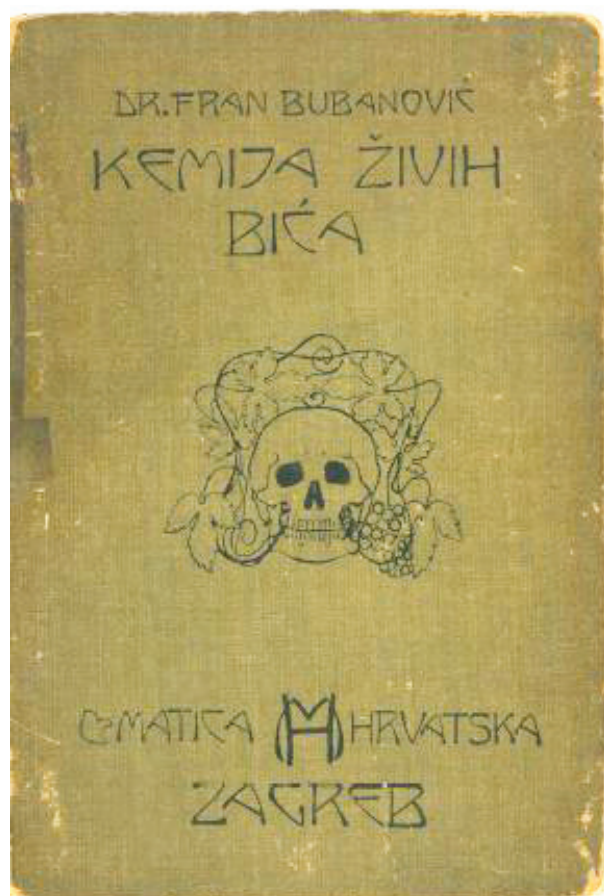
Da bi život mogao biti koloidna pojava, hipoteza je koja je skoro prirodno proistekla iz koloidne kemije (koloidike), znanosti čiji početak možemo smjestiti u 1861. godinu kada je škotski kemičar Thomas Graham (1805. – 1869.) podijelio tvari na one koje se mogu iskristalizirati iz otopine – kristaloide i one druge, tutkalu (grč. *kolla*) slične, koje to ne mogu – koloide. Kako su proteini koloidi, tj. grade koloidne otopine, sve se više nametala misao kako životnim procesima ravnaju zakoni koji vrijede za koloide, pa se stoga fiziološko stanje stanice može svesti na koloidno stanje njezine protoplazme (*biocolloidy*, biokoloidika).^{11,12} Kakva su to stanja drugo je pitanje. Najjednostavnije je objašnjenje bilo da dijelovi stanice mijenjaju čvrstoću prelaskom iz sôla u gel i obrnuto. Objasniti što izaziva takve prijelaze bilo je manje jednostavno, no mislilo se kako do toga dolazi uslijed promjene kemijskog sastava protoplazme. Drugim riječima, fiziologija stanice mogla se svesti na zgrušavanje i razrjeđivanje protoplazme uslijed specifičnih

* Dr. Nenad Raos

e-pošta: raos@imi.hr

** "Među studentima se bila često prepričavala anegdota, koju mi je također ispričao prof. dr. Šime Čajkovac, koji je Bubanovića slušao, koliko se sjećam, 1922. ili 1923. godine na Medicinskom fakultetu u Zagrebu. Profesor je Bubanović, kaže Čajkovac, predavao o biokemiji urina, pa je na predavanje donio dva cilindra urina – jedan bistar, drugi zamućen. Započeo je predavanje: 'Ovaj bistri urin je moj urin, jer pijem, a ovaj zamućeni je od gospodina asistenta (koji je bio nazočan na predavanju!), a on ne pije.'" (Prema kazivanju umirovljenog profesora Medicinskog fakulteta Janka Hančevića, r. 1933.)

*** Širina se Bubanovićevo interesa vidi se i iz kolegija koje je studirao na Filozofskom fakultetu u Zagrebu. Uz organsku i anorgansku kemiju studirao je anatomiju, opću mineralogiju, botaniku (paprtnjače), pa i humanističke predmete (povijest umjetnosti, etiku i hrvatsku književnost). Na završnom ispitu (1907.) iz prirodoslovnih predmeta (botanike, zoologije i mineralogije s geografijom) pokazao je i primjereno znanje hrvatskog i njemačkog jezika. (Utjecaj njemačkog vidi se i u njegovim na hrvatskom napisanim tekstovima.) Na studij se kemije odlučio iz želje da je poveže s filozofijom, jer "kao što ima filozofija umjetnosti, tako mora da postoji prava i duboka filozofija prirodnih nauka" (Ref. 5, str. 14–15).



Slika 1 – Naslovnica prvog izdanja Bubanovićeve knjige "Kemija živih bića", 1918.

Fig. 1 – The cover of the first printing of "Kemija živih bića" (Chemistry of Living Beings), 1918

kemijskih reakcija. Prema razrađenijoj koloidnoj teoriji, micelarnoj teoriji (*Micellartheorie*) švicarskog botaničara Carla Nägelija (1817. – 1891.), proteini i druge "organizirane tvari" stvaraju u protoplazmi micle kao "primarne čestice", okružene hidratacijskom ljuskom.

Poticaј olakom prihvaćanju biokoloidne teorije bilo je s jedne strane brz razvoj koloidne kemije (elektroforeza, ultrafiltracija, ultracentrifugacija, ultramikroskopija) i njezina primjena u industriji, a s druge nerazvijenost strukturne kemije. Kemičari tada razlikuju glavne i sporedne valencije (*Hauptvalenzen* i *Nebervalenzen*) s time da se prva, "kemijska", objašnjavala čisto empirijski, bez ikakve korelacije sa strukturom atoma, dok se o prirodi i svojstvima druge, "fizičke", nije znalo praktički ništa. Koncept "sekundarnih valencija", koji je uveo Alfred Werner (1866. – 1919.) te ga uspješno primijenio u kemiji kompleksnih (koordinacijskih) spojeva, nespretno je proširen i na polimere za koje se držalo da su agregati malih molekula: polimeri se nisu suštinski razlikovali od koloida.¹³ Kada je konačno dvadesetih godina prošloga stoljeća Hermann Staudinger (1881. – 1965.) postavio suvremenu teoriju polimera,^{14,15} ispravno smatrajući kako se njihova struktura može posve objasniti "kemijskom valencijom" (konstitucijskom formulom), suočio se s nevjericom kemičara koji nisu mogli pojmiti da može postojati molekula (*Makromolekül*) s masom

10 ili 100 tisuća puta većom od mase molekule vodika. Takvom stanju stvari doprinijela je i danas prihvaćena tvrdnja kako su za biološko ponašanje molekula isto toliko važne vezne koliko i nevezne interakcije (posebice vodikove veze) jer one određuju ne samo konačnu (sekundarnu, tercijarnu) strukturu makromolekule nego i njezine interakcije s drugim molekulama (supramolekularna kemija) pa i distribuciju unutar stanice. Stoga biokoloidnu teoriju ne bi trebalo ubrajati u "irelevantne teorije", a doba u kojem je bila prihvaćena proglašavati "mračnim dobom biokoloidike", kako to čini povjesničar znanosti Marcel Florkin,¹⁶ nego priznati kako se o naravi sila koje djeluju među atomima i molekulama u 19. i ranom 20. stoljeću premalo znalo da bi se njima mogli objasniti biokemijski procesi.

Kao što je razvoj koloidne kemije doveo na svjetlo dana biokoloidnu teoriju, tako ju je razvoj strukturne kemije odnio u zaborav. Tridesetih godina dolazi do širokog prihvaćanja molekularne teorije, no kako prihvaćanje novih koncepata u znanosti nije uvijek vođeno racionalnim razlozima, sve do polovice prošloga stoljeća još su se mogli naći zagrižljivi pristaše stare teorije. Među njima je najglasniji bio Wolfgang Ostwald (1883. – 1943.), sin mnogo poznatijeg Wilhelma (1845. – 1915.). Za mlađeg su Ostwalda koloidi bili posve zasebne tvari, tvari koje pripadaju "svijetu zanemarenih dimenzija",¹⁷ pa je njihovu zasebnost pokušao braniti čak političkim razlozima, "pravom koloida na postojanje", u čemu se može nazrijeti nacistička ideologija, čiji je Ostwald bio gorljivi pristaša. (Išao je tako daleko da je progon Židova uspoređivao s kemijskim postupcima izolacije i purifikacije.)¹⁸ Zanimljivo je da njegova gledišta nalazimo prikazana kao vjerodostojna još 1935. godine u našoj znanstveno-popularnoj literaturi.¹⁹

Na kraju treba reći da je koloidna teorija života našla traga i u prvim znanstvenim teorijama o postanku života. Riječ je naime o pokušajima da se igrom koloidnih i osmotskih sila naprave strukture nalik živim bićima.²⁰ Iako su takvi pokušaji odavno napušteni, kemobrionika (kemija "kemijskih vrtova") nalazi i danas svoje mjesto u pokušajima da se rasvijetle procesi nastanka prvih (auto)katalitičkih čestica od kojih je hipotetički nastala prva živa stanica.^{21,22} Treba reći i da Oparinova teorija o postanku života,^{23,24} teorija koacervatnih kapljica, polazi od prešutne pretpostavke kako je život u svojoj osnovi koloidna pojava.

Kemija živih bića

"Kakva je to knjiga o životu kada na naslovnici ima mrtvačku glavu!", začudi se jedna naša suvremenica kada je u ruku uzela prvo izdanje Bubanovićeve "Kemije živih bića". Primjedba je to znakovita.* Kemija je u to doba još uvijek bila samo "lučba", *Scheidekunst* ili *Ars spagiristica*, dakle vještina razdvajanja, razlučivanja, analize (slika 2). Strukturna je kemija bila još nekoliko desetljeća daleko, a organska tek u početku svojega uspona unatoč "kolosalnom

* Ta jednostavna misao ima široke implikacije koje daleko nadilaze temu ovoga članka. Ljudska je inteligencija evoluirala radi rukovanja s predmetima, s stvarnim, s mrtvim: da bi se razumjelo živo, treba ga najprije ubiti (v. H. Bergson, Stvaralačka evolucija, HAUZ i IGITUR, Zabok i Zaprješć, 1999., str. 7-8.).

"Proteini ili bjelanci organski su dušikovi spojevi vrlo velikih molekula, koloidnih svojstava, a izgrađeni poglavito od aminokiselina." Dakle, struktura proteina (aminokiselinski sastav) je bitna, ali ne manje važna su i njihova "koloidna svojstva". U trećem poglavlju (Nekoji fizikalni i kemijski procesi u živim bićima), naročitu pozornost daje koloidnima, jer (str. 168, 169):

U njima [živim bićima] se uz obilje vode (50–80%) i u vodi otopljenih tjelesa nalazi i krutog materijala; u svakoj živoj stanici, kao što i u svakom organizmu, teku paralelno dvije faze, tekuća i kruta, i baš je za organizme i procese u njima karakteristično, da neprestano jedna faza prelazi u drugu i obrnuto. To fizikalno stanje kemijske građe u živim bićima nazivlje se koloidno stanje materije. Zato velimo, da su organizmi izgrađeni od koloidnog materijala.

Dvije faze o kojima govori autor očito su disperzna faza ("kruta faza") i disperzno sredstvo ("tekuća faza"), pa se fiziološki procesi mogu razumjeti kao procesi njihove interakcije jer se "u živoj protoplazmi neprestano miješaju i dolaze u doticaj prave i koloidne otopine, a te potonje neprestano prelaze iz "sol"-modifikacije u "gel"-modifikaciju i obrnuto" (str. 178). Stoga "Bez koloida se uopće ne može zamisliti živo biće" (str. 170) jer "je baš koloidno stanje materije u živim bićima od znamenovanja za kemijske i fizikalne procese, što se u njima zbivaju" (str. 171).

No ta jednostavna slika u očitom je neskladu s Fischerovom teorijom "ključa i brave", koju Bubanović također spominje, naime "da između unutarnje kemijske strukture enzima i onoga kemijskog tijela, na koje je dotični enzim kadar djelovati, mora postojati stalan neki odnošaj, koji se najbolje može prikazati usporedbom s ključem i ključanicom" (str. 214). Kako uskladiti koloidnu teoriju s molekularnom teorijom ključa i brave? Tu Bubanović ne nalazi pravoga odgovora jer tvrdnju "da se i te sinteze u našoj krvi zbivaju pod uplivom enzima", smatra samo hipotezom tim više što "analogija između enzima i katalizatora nailazi na znatne nesuglasice, ali treba imati na umu, da ni svojstva katalizatora i njihovo djelovanje nije još danas objašnjeno", a usto "fermenti i enzimi su nam po svom kemizmu još sasvim nepoznata tjelesa" (str. 217). Unatoč svim tim nedoumicama Bubanović smatra kako se "djelovanja najkomplikiranijih tjelesa žive prirode ne razlikuju bitno od jednostavnih procesa i promjena u mrtvoj prirodi" (str. 218).

U tome se očitije njegova kritika vitalizma kojoj posvećuje i posljednje poglavlje (Zaglavak), premda primjećuje kako "odmah moramo priznati, da prirodnim naukama nije još do danas pošlo za rukom eksaktnim putovima kemije i fizike riješiti problem života" (str. 267). Unatoč tome "je krivo, kad se o 'mrtvoj' prirodi govori kao o nečem podređenom, jednostavnom, jedino podvrgnutom mehaničkim zakonima, a o 'živoj' prirodi i psihičkim pojavama kao o nečem, što je daleko iznad mehaničkih zakona" (str. 279). Stoga, kako ističe na više mjesta u knjizi, očekuje konačnu pobjedu mehanizma nad vitalizmom (idealizmom), zastarjelim učenjem koje je u njegovo vrijeme još uvijek bilo živo u znanstvenim krugovima,²⁵ a još više u znanstveno-popularnoj literaturi.²⁶

Zaključak

"Kemija živih bića" odražava stanje biokemijske znanosti u doba njezina pisanja, tj. na početku prošloga stoljeća: koloidna se teorija općenito prihvaća, no ona malo što objašnjava; molekularna teorija daje pak obilje hipoteza koje se ne mogu dokazati, a još manje uskladiti s koloidnom teorijom. I ne mogu se uskladiti: koloidna narav protoplazme proizlazi iz polimerne prirode proteina – njihove molekule dosižu veličinu koloidnih čestica (eukoloidi). Koloidna narav života je sekundarno, a ne primarno svojstvo.

Koloidna teorija života uči nas i tome kako teorije imaju smisla samo ako se temelje na eksperimentalnim dokazima – no i tome da teorija ne smije izići izvan svoje eksperimentalne osnove. To se posljednje upravo dogodilo s biokoloidnom teorijom. No za to ne trebamo kriviti Bubanovića, nego baš obrnuto: upravo se zbog prihvaćanja te nevaljale teorije autor "Kemije živih bića" pokazao kao dobar popularizator.²⁷ Jer popularizator znanosti ne smije razvijati neke svoje teorije, pisati knjige i članke koje ne mogu izdržati recenzentski postupak, jer tada više nije riječ o popularizaciji nego o vulgarizaciji i mitologizaciji znanosti.²⁸ Na popularizatoru je da obrazloži, objasni i prokomentira postojeće teorije – i ništa više. To je upravo Bubanović sa svojim širokim znanjem, interesima i nesumnjivim književnim talentom uspio učiniti. Stoga je njegova stotinu godina stara "Kemija živih bića" još i danas vrijedna čitanja.

Literatura

References

1. A. Lutkić, Fran Bubanović (Sisak, 1883. – Zagreb, 1956.), *Prirodoslovlje* **7** (1-2) (2007) 33–46.
2. T. Pinter, Prof. Dr. Fran Bubanović 1883–1956, *Croat. Chem. Acta* **29** (1957) 53–62.
3. N. Raos, Nove Slike iz kemije (uvod), Nove Slike iz kemije (ur. N. Raos), Školska knjiga i Hrvatsko kemijsko društvo, Zagreb, 2004., str. 5–9.
4. F. Bubanović, Moji učitelji kemije, *Farm. Vjes.* **26** (3) (1936) 68–82.
5. F. Bubanović, Iz moderne kemije, Matica hrvatska, Zagreb, 1924., str. 114–123.
6. F. Bubanović, Svante Arrhenius. Povodom njegove smrti 3. X. 1927., *Farm. Vjes.* **17** (22) (1927) 831–837.
7. N. Raos, Bubanović i Arrhenius, *Kem. Ind.* **54** (6) (2005) 320–322.
8. N. Raos, Letters of Svante Arrhenius to his former Croatian student, *Bull. Hist. Chem.* **33** (1) (2008) 12–16.
9. F. Bubanović, Kemijo hvala ti!, Tomo Jovanović i Vujić, Beograd, 1939.
10. F. Bubanović, Kemija živih bića, Matica hrvatska, Zagreb, 1918.; drugo izdanje: Hrvatsko prirodoslovno društvo, Zagreb, 1950.
11. U. Deichmann, "Molecular" versus "colloidal": controversies in biology and biochemistry, 1900–1940, *Bull. Hist. Chem.* **32** (2) (2007) 105–118.
12. C. Tanford, J. Reynolds, Protein chemists bypass the colloid/macromolecular debate, *Ambix* **46** (1999) 33–51, doi: <https://doi.org/10.1179/amb.1999.46.1.33>.
13. M. Bergmann, Allgemeine Strukturchemie der komplexen Kohlenhydrate und der Proteine, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **59** (1926) 2973–2981, doi: <https://doi.org/10.1002/cber.19260591202>.
14. H. Staudinger, Über die Konstitution des Kautschuks, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **57** (1924) 1203–1208, doi: <https://doi.org/10.1002/cber.19240570730>.
15. H. Staudinger, Über die Konstitution der hochmolekularen Stoffe, *Naturwissenschaften* **17** (1929) 141–144, doi: <https://doi.org/10.1007/BF01507580>.
16. M. Florin, *A History of Biochemistry*, Elsevier, Amsterdam, London, 1972, pp. 279–280.
17. W. Ostwald, *Die Welt der vernachlässigten Dimensionen*, Steinkopf, Dresden, 1915.
18. U. Deichmann, *Flüchten, Mitmachen, Vergessen. Chemiker und Biochemiker in der NS-Zeit*, Wiley/VCH, Weinheim, 2001, doi: <https://doi.org/10.1002/3527603026>.
19. P. J. Jurišić, Najnovija istraživanja o biti narkoze, *Priroda* **25** (10) (1935) 296–305.
20. L. M. Barge S. S. S. Cardoso, J. H. E. Cartwright, G. J. T. Cooper, L. Cronin, A. De Wit, I. J. Doloboff, B. Escibano, R. E. Goldstein, F. Haudin, D. E. H. Jones, A. L. Mackay, J. Maselko, J. J. Pagano, J. Pantaleone, M. J. Russell, C. I. Sainz-Díaz, O. Steinbock, D. A. Stone, Y. Tanimoto, N. L. Thomas, From chemical gardens to chemobionics, *Chem. Rev.* **115** (2015) 8652–8703, doi: <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.5b00014>.
21. M. J. Russel, A. J. Hall, D. Turner, *In vitro* growth of iron sulphide chimneys: possible culture chambers for origin-of-life experiments, *Terra Nova* **1** (1989) 238–241, doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3121.1989.tb00364.x>.
22. N. Raos, V. Bermanec, Catalysis in the primordial world, *Chem. Ind.* **66** (2017) 641–654, doi: <https://doi.org/10.15255/KUI.2017.014>.
23. A. I. Oparin, *The Origin of Life*, transl. S. Morgulis, 2nd Ed., Dover Publ., Mineola, New York, 1953.
24. S. L. Miller, J. W. Schopf, A. Lazzano, Oparin's „Origin of Life“: sixty years later, *J. Mol. Evol.* **44** (1997) 351–353, doi: <https://doi.org/10.1007/PL00006153>.
25. I. Senčar Čupović, Odrzi vitalizma u kemiji 19. stoljeća u Hrvatskoj, Zbornik radova Trećeg simpozija iz povijesti znanosti. Prirodne znanosti i njihove primjene krajem 19. i početkom 20. stoljeća u Hrvatskoj, Hrvatsko prirodoslovno društvo, Sekcija za povijest znanosti, Zagreb, 1981., str. 65–77.
26. M. Blažić, Osnovne pojave života. Pučka biologija, Hrvatsko književno društvo sv. Jeronima, Zagreb, 1942., str. 79–90.
27. N. Raos, Povijesni osvrt na popularizaciju znanosti u Hrvatskoj, *Kem. Ind.* **61** (2012) 281–288.
28. N. Raos, Kako popularizirati znanost, *Arh. hig. rada. toksikol.* **53** (2002) 145–152.

SUMMARY

Colloid Theory of Life in Bubanović's "Chemistry of Living Beings" (1918)

Nenad Raos

The popular science book "Kemija živih bića" (Chemistry of Living Beings) written in 1918 by Croatian biochemist Fran Bubanović (1883–1956) reflects the state of biochemical science at the beginning of the 20th century. The dominant theory was biocolloidy that connected all cellular phenomena to the change of colloidal state of protoplasm. Bubanović was familiar with Emil Fischer's lock-and-key theory of enzyme action and the basic structure of proteins as polymers of amino acids, but he made no attempt to unite colloidal and molecular theory of physiological chemistry. Bubanović was a very popular figure in Croatian science; he was the student of H. J. Hamburger and S. Arrhenius, the first professor of chemistry at the Zagreb University School of Medicine (1918), and the author of many textbooks and popular science books as well as a number of essays concerning philosophical and political topics. His "Kemija živih bića" is worth reading even today because of its exceptional literal quality.

Keywords

History of biochemistry, popularization of science, proteins, colloids

*Institute for Medical Research
and Occupational Health
Ksaverska c. 2
Croatia*

*Professional paper
Received April 13, 2018
Accepted May 1, 2018*