



KEMIJA U NASTAVI

Uređuje: Nenad Raos

<https://doi.org/10.15255/KUI.2021.044>

KUI-44/2022

Stručni rad

Prispjelo 13. lipnja 2021.

Prihvaćeno 21. srpnja 2021.

Kako definirati organsku kemiju?

N. Raos*

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



Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Ksaverska cesta 2, p.p. 291, 10 001 Zagreb

Sažetak

Svi organski spojevi su ugljikovi spojevi, ali svi ugljikovi spojevi nisu organski spojevi. Prema kojim kriterijima treba odvojiti područja organske i anorganske kemije? Odgovor nudi razlikovanje prema osnovnim fizikalnim i kemijskim svojstvima te prema oksidacijskom stanju ugljika. Mali oksidacijski broj ugljika ($OB \leq 0$) u organskim spojevima, "reducirani ugljik", čini ih zapaljivima i podložnima karbonizaciji. Na kraju se vidi da se razlikovanje organske i anorganske kemije temelji više na konvenciji i tradiciji negoli na suštinskoj razlici tih dviju grana kemije.

Ključne riječi

Nastava kemije, povijest kemije, organska kemija, reducirani ugljik, karbogen

Uvod

Da je organska kemija kemija ugljikovih spojeva, slažu se svi udžbenici, no – i u tome se svi slažu – uz neke iznimke. Koje bi to iznimke bile teško je reći, a još ih je teže jasno iskazati. Prvi hrvatski sveučilišni udžbenik organske kemije, što ga je napisao Fran Bubanović (1883. – 1956.), počinje rečenicom "Organska kemija jeste kemija ugljikovih spojeva" da bi potom rekao, premda zaobilazno, kako se svi spojevi ugljika ipak ne mogu smatrati organskim spojevima:

Od njega [ugljika] nastaje, s relativno malenim brojem drugih elemenata, vrlo veliko mnoštvo kemijskih spojeva, jednako u prirodi, kao i umjetno u laboratoriju. Neke od tih [ugljikovih] spojeva upoznali smo već u anorganskoj kemiji. Sve ostale ugljikove spojeve, njih preko 300 000, proučavamo u organskoj kemiji.¹

Nešto određenije o naravi organskih spojeva piše američki sveučilišni udžbenik "Hendrickson-Cram-Hammond":

Najočitija karakteristika organskih spojeva je da oni sadrže ugljik, pa je najbolja definicija organske kemije kojom raspoložemo da je to kemija ugljikovih spojeva. Spojevi poput karbonata, ugljikova dioksida i metalnih cijanida se međutim ubrajaju u anorganske spojeve pa bi stoga dorađena definicija, za koju smatramo da bolje opisuje organsku kemiju, bila da je to kemija spojeva koji imaju vezu ugljik-ugljik.²

Rječnici pak dosta različito pišu o organskoj kemiji. Za Websterov rječnik, organska kemija je "kemija ugljikovodi-

ka i njihovih derivata ili, što je gotovo isto, ugljikovih spojeva",³ dok Hrvatski opći leksikon kaže da je organska kemija "grana kemije koja eksperimentalno i teoretski proučava spojeve ugljika", uz nužnu ogradu "(osim samog ugljika, ugljikova monoksida, ugljikova dioksida te metalnih cijanida; njih proučava anorganska kemija)".⁴ Za Penguinov Rječnik znanosti, iz skupa organskih spojeva isključeni su samo ugljikovi oksidi i sulfidi te metalni karbonati.⁵ U Wikipediji nalazimo međutim vrlo široku osnovu za razlikovanje organskih od anorganskih spojeva:

Prema definiciji, organski spoj mora sadržavati barem jedan atom ugljika, no taj se uvjet općenito ne smatra dovoljnim. Razlika između organskih i anorganskih spojeva zapravo je stvar dogovora, pa ima više spojeva koji se mogu klasificirati na oba načina, kao što su COCl_2 , CSCl_2 , $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Kada se ugljik veže za metale, područje organske kemije prelazi u organometalnu kemiju.⁶

Mogli bismo se složiti da je podjela kemijskih spojeva na organske i anorganske stvar dogovora (konvencije), no konvencija treba biti logična da bi bila prihvaćena. Prihvatimo li konvenciju da su organski spojevi samo spojevi u kojima su ugljikovi atomi povezani kovalentnom vezom, kao što piše u američkom udžbeniku,² ni metan ni metanol ne bi bile organske tvari. Kalcijev karbid (CaC_2) trebalo bi se pak smatrati organskim spojem, jer su etinilnom ionu, $[\text{C}\equiv\text{C}]^{2-}$, ugljikovi atomi povezani trostrukom vezom, dok aluminijev karbid (Al_4C_3) i karbidi mnogih drugih metala to ne bi bili. Ako je pak mokraćevina, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, anorganski spoj, tada "prva organska sinteza", Wöhlerova sinteza mokraćevine iz amonijeva cijanata (1828.) i nije bila prva organska sinteza pa su u zabludi kemičari koji joj daju ili su joj davali važnost.⁷⁻¹⁰ Sva ta pitanja još čekaju odgovor – namjera ovog članka je da, ako već ne pronađe odgo-

* Dr. sc. Nenad Raos
e-pošta: raos@imi.hr

vor, barem ukaže na problem: kako razlikovati organsku od anorganske kemije, organske od anorganskih spojeva.

Organska kemija kao kemija živog

Da bi se do kraja razumjeli izrazi “organska kemija” i “organski spoj”, treba im dati povijesnu perspektivu: treba poći od činjenice da praktički sve do početka 20. stoljeća nije postojala kemijska sinteza; misao da organska kemija uključuje sintezu, a ne samo analizu, prvi je jasno izrekao istom 1860. godine Marcelin Bertholet (1827. – 1907.).¹¹ Time je organska kemija prešla u novu, tehnološku fazu jer – kako kaže Bertholet – “kemijska sinteza reproducira prirodne tvari” te “vodi do napretka nacije a s njime i do dobrobiti za čitavo čovječanstvo.”

Osnovni “kemijski reagens” bila je vatra, pa je kemičar, u doba alkemije i rane kemije, bio *philosophus per ignem* (mudrac od vatre). U četverojezičnom latinsko-hrvatsko-njemačko-mađarskom rječniku¹² iz 1742. godine zagrebački isusovac Andrija Jambrešić (1706. – 1758.) spominje i kemiju (slika 1).¹³ Za njega je “Chymia, ae, f. Meštريا vsvakojačka dugovanja [tvari] po ognju raspusti, rastepstiti, rastaliti, razgorjeti, razlučiti; razlučna znanost” (ovdje preneseno u modernom prijepisu), što će reći da je kemija znanost razlučivanja (analize). To se još jasnije vidi u njemačkoj definiciji (“Kunst allerley körper durch das feuer aufzulösen; zuschelzen: e. Scheid-kunst”) u kojoj se izrijekom spominje vatra (*Feuer*). Za Jambrešića je kemičar “mešter pri ognju razlučujući” (*Feuer-Künstler*), a kemija *Scheidkunst* (“umijeće raščinjavanja”), iz čega je proizašla hrvatska prevedenica “lučba”, koju navodi kao osnovnu riječ i Šulekov rječnik iz 1874. godine, uz više izvedenica (lučbar, lučbara, lučbarnica, lučben, lučbenine).¹⁴ Slične su se riječi pojavile i u drugim jezicima (npr. *scheikunde* u nizozemskom).¹⁵

* Chymia, ae, f. Meštريا, vsvakojačka dugovanja po ognju raspustiti, rastaliti, razgorjeti, razlučiti: Razlučna znanost. e. Kunst allerley körper durch das feuer aufzulösen, zuschelzen: e. Scheid-kunst. Mindent tüz által meg-olvasztó mestierég.
* Chymicus, i, m. Mešter pri ognju razlučujući. Chymisch, durch feuer aufgelöst Tüz által el-olvasztott. 2. Ad Chymiam pertinens. Chymicus, i, Chymista, ae, m. Mešter pri ognju razlučujući. r. Feuer-Künstler. Tüz el meg-olvasztó mestier.

Slika 1 – Pojmovi “kemija” (*Chymia*), “kemijski” (*Chymicus*) i “kemičar” (*Chymicus*, *Chymista*) u *Lexicon Latinum* (1742.), ref. 12, str. 1066

Fig. 1 – Terms “chemistry” (*Chymia*), “chemical” (*Chymicus*) and “chemist” (*Chymicus*, *Chymista*) in *Lexicon Latinum* (1742), Ref. 12, p. 1066

Jasno je da je pri takvom stanju kemijske znanosti bilo mnogo važnije odakle je tvar izolirana i što je od nje u vatri nastalo, negoli njezina kemijska priroda (kemijski sastav,

konstitucija), o čemu su uostalom kemičari malo, ako su išta znali.

Drago Grdenić¹⁶ navodi prvu podjelu kemije na organsku i anorgansku u udžbeniku što ga je 1675. godine napisao Nicolas Lémery (1645. – 1715.),¹⁷ no istodobno ukazuje i na netočnost, ili bolje rečeno nepreciznost takve tvrdnje koja se, nažalost, može naći u literaturi. Lémery je naime kemiju, “vještinu odvajanja tvari koje čine smjesu”, podijelio na tri dijela, ovisno o tome s kakvim se “smjesama” bavi, mineralnim (*mineraux*), biljnim (*vegetaux*) ili životinjskim (*animaux*). Iz toga se vidi da francuski kemičar nije podijelio tvari prema fizikalno-kemijskim svojstvima, nego prema “carstvu” (biljnom, životinjskom ili mineralnom) kojem pripadaju. Za Lémeryja je bilo najvažnije iz čega je tvar dobivena, iz čega je priređena, pa se među životinjskim (*animaux*) tvarima našao i fosfor, budući da se dobivao iz životinjskog materijala, iz urina.¹⁸

Pierre Joseph Macquer (1718. – 1784.) je pak u *Kemijском rječniku*¹⁹ podijelio “tijela” (*corps*) na mineralna i organska (biljna i životinjska), temeljeći podjelu na činjenici da su organske tvari podložne “fermentaciji” (kemijskoj promjeni uslijed “unutarnjeg gibanja”).¹⁸ Švedski mineralog Tornbern Bergman (1735. – 1784.) razlikovao je pak anorganske i organske tvari po tome što ove druge, organske, imaju organiziranu strukturu, što su “živa tijela”.²⁰ Podjela kemije na organsku i anorgansku postala je općenito prihvaćena zahvaljujući tadašnjem najvećem kemijskom autoritetu Jönsu Jakobu Berzeliusu (1779. – 1848.), a ponajviše njegovom udžbeniku.²¹ U njemu je jasno podijelio kemiju na dva dijela – anorgansku i organsku, dajući time primjer budućim udžbenicima, ali i promovirajući organsku kemiju kao zasebnu znanstvenu disciplinu:

*Organska kemija je posve samosvojna znanost pa se kemičar pri prelasku iz anorganske u organsku prirodu nađe u posve stranom području. Zakon stalnih omjera, koji opažamo među elementima anorganske prirode, uz zakone o djelovanju elektriciteta kao kemijskog agensa, možda će jednom baciti više svjetla na organsku kemiju; ali danas je nemoguće u tom pogledu sa sigurnošću predvidjeti rezultate istraživanja.*¹⁸

Danas više ne bismo, poput Berzeliusa, rekli da je organska kemija “posve strano područje” za anorgansku kemiju, no ipak bismo se složili da je ona “samosvojna znanost” – jer ima mnogo razlika između organskih i anorganskih spojeva. Dvije se razlike međutim vide i bez ulaženja u molekularnu strukturu bilo organskih bilo anorganskih spojeva: 1. pirolizom organskih spojeva nastaje ugljen (karbonizacija), što se ne događa s anorganskim tvarima i 2. u prisustvu zraka (kisika) organski se spojevi oksidiraju u plinovite, a anorganski u krute produkte (slike 2 i 3).

Oba navedena svojstva opisuju promjene tvari djelovanjem vatre, pa se na tome, vatri, temeljila i analiza. Anorganski su se spojevi analizirali žarenjem u porculanskom ili platinskom lončiću, da bi se potom vagao zaostali “pepeo”.^{*} Organski su se spojevi pak analizirali spaljivanjem

* I danas se u analitičkoj kemiji govori o “anorganskom (mineralnom) ostatku” ili “pepelu” pri analizi složenih tvari, primjerice brašna. Ili najjednostavnije: organsko je ono što sagori, anorgansko je ono što ostane.



Slika 2 – Organski spojevi se karboniziraju: šest faza proizvodnje drvenog ugljena iz Diderotove Encyclopaedie (ref. 32)

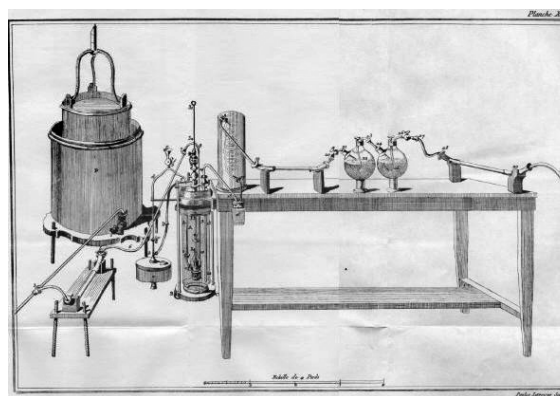
Fig. 2 – Organic compounds are apt to carbonization: six phases in production of charcoal, as depicted in Diderot's Encyclopaedia (Ref. 32)

(str. 615–623).¹⁶ Riječ je o elementnoj (C, H, O) analizi u kojoj se zahvaljujući oksidacijskom sredstvu (HgO, KClO₃ ili CuO) uzorak organskog spoja oksidirao do ugljikova dioksida i vodene pare. Ti su se plinovi potom apsorbirali (CO₂ na NaOH ili KOH, H₂O na CaCl₂) nakon čega se mjerila promjena mase apsorbensa, a iz nje određivao maseni i molarni omjer ugljika i vodika u analiziranom spoju, tj. njegova molekulska formula. Slično je i s drugim temeljnim svojstvom organskih spojeva, da djelovanjem topline, bez prisustva zraka, prelaze u katran, a potom u ugljen. Suha destilacija je bila osnovna metoda istraživanja organskih tvari: "Tierchemie ist Schmierchemie", kako se onda, malo podrugljivo govorilo. (Friedrich Ferdinand Runge (1795. – 1867.) je 1834. godine otkrio fenol, anilin i pirol, izdvojivši ih frakcijskom destilacijom iz katrana kamenog ugljena. Prije njega je Johann Rudolph Glauber (1604. – 1668.) iz iste sirovine izdvojio benzen, toluen, ksilen i krezol. Jantarna kiselina je dobivena suhom destilacijom jantara, pirogalol suhom destilacijom galne kiseline, aceton pirolizom acetata itd.)^{16,22}

Iz navedenoga proizlazi da je podjela kemijskih spojeva na organske i anorganske bila čisto praktičke, tehničke prirode: jedne su se metode primjenjivale za izolaciju i analizu jednih, a druge za izolaciju i analizu drugih. Tek je kasnije razvojem atomske teorije ta podjela dobila znanstveno objašnjenje (razlika u strukturi organskih i anorganskih spojeva).

Organski spoj kao oblik reduciranog ugljika

Drugačiji pogled na organske spojeve daje pojam redukcije i oksidacije ili, konkretnije, pojam oksidacijskog broja.²³ Ugljik može poprimati sve vrijednosti oksidacijskog broja od –4 do +4,^{**} pa se postavlja logično pitanje ne bi li se ra-



Slika 3 – Organski spojevi se oksidiraju do ugljikova dioksida i vode: prvi, Lavoisierov uređaj za elementnu analizu organskih spojeva oksidacijom živinim(II) oksidom. Produkti gorenja najprije su prolazili kroz hladilo, a zatim prelazili preko kalcijeva klorida i natrijeva hidroksida (ref. 33).

Fig. 3 – Organic compounds are oxidized into carbon dioxide and water: the first apparatus for elemental analysis of organic compounds by oxidation with mercury(II) oxide, constructed by Lavoisier. Products of combustion were cooled and then led over calcium chloride and sodium hydroxide (Ref. 33).

zlika između organskih i anorganskih spojeva ugljika mogla protumačiti razlikom oksidacijskog broja ugljika (tablica 1). Ugljik ima najmanji oksidacijski broj u ugljikovodicima, pa se stoga o tim spojevima govori kao o reduciranom ugljiku (*reduced carbon*). Kako se ugljikovodici smatraju osnovnim organskim spojevima, od kojih se svi drugi spojevi izvode, može se postaviti pravilo da su organski spojevi oni spojevi u kojima oksidacijski broj ugljika nije veći od oksidacijskog broja ugljika u alkanima (OB ≤ 0).

Tablica 1 – Piroliza ugljikovih spojeva

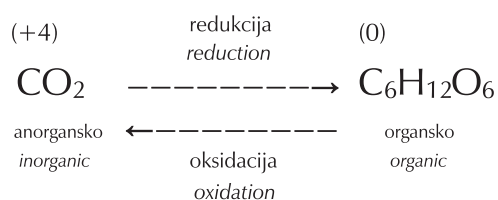
Table 1 – Pyrolysis of carbon compounds

Reaktant Reactant	Oksidacijski broj ugljika reaktanta Oxidation number of reactant's carbon	Produkti Products	Oksidacijski broj ugljika produkta Oxidation number of product's carbon
CH ₄	–4	C + H ₂	0
C ₂ H ₆	–3	C + H ₂	0
C ₂ H ₄	–2	C + H ₂	0
C ₂ H ₂	–1	C + H ₂	0
C ₆ H ₁₂ O ₆	0	C + H ₂ O	0
HCOOH	+2	CO + H ₂ O	+2
(COOH) ₂	+3	CO ₂ + CO + H ₂ O	+2, +4
H ₂ CO ₃	+4	CO ₂ + H ₂ O	+4

* Pravilo za određivanje oksidacijskog broja ugljika je jednostavno: vezivanje jednog vodikova atoma smanjuje oksidacijski broj (–1), svaka ga

veziva s elektronegativnim atomom (O, Cl, N i dr.) povećava za +1, dok ga veza s ugljikovim atomom ostavlja nepromijenjenim (0).

Iz navedenog ograničenja vrijednosti oksidacijskog broja u organskim spojevima ($OB \leq 0$) proizlaze i njihova osebujna svojstva. Oni se oksidiraju, spajaju s kisikom, uz povećanje oksidacijskog broja ugljika do +2 (CO) i +4 (CO₂). To ukazuje na njihovu "organsku" narav, na činjenicu da su ugljikovi spojevi temelj života. Heterotrofni organizmi oksidiraju ugljikove spojeve. Autotrofni organizmi pak reduciraju "anorganski" u "organski" ugljik, CO₂ u biogene spojeve. (Fotoautotrofni organizmi dobivaju energiju od Sunca a elektrone od vode, kemoautotrofni organizmi i jedno i drugo od anorganskih spojeva.) Stoga je granica između organske i anorganske kemije – unatoč dosezima kemijske sinteze – određena samim životom (slika 4).



Slika 4 – Razlika između organskog i anorganskog na kraju se svodi na razliku u oksidacijskom stanju ugljika

Fig. 4 – Difference between organic and inorganic is ultimately the difference in oxidation state of carbon

Drugo temeljno svojstvo organskih spojeva, da pirolizom daju ugljik (karbonizacija), tj. da ih se može definirati kao karbogene spojeve ili, jednostavno, karbogene, također proizlazi iz negativnog oksidacijskog broja ugljika. Djelovanjem topline organski spojevi podliježu reakcijama eliminacije. U tim se reakcijama gube atomi vodika i heteroatomi, pa se uspostavlja sve više veza među ugljikovim atomima da bi na kraju organski spoj prešao u čisti ugljik (grafit), u kojem postoje samo veze među atomima ugljika. Jasno je da je taj proces moguć samo ako se ugljik oksidira, uz nužan uvjet $OB \leq 0$. Stoga bi "reducirani ugljik" (*reduced carbon*) i "karbogen" (*carbogen*) ili karbogeni spoj (*carbogen compound*) – termini koje zagovara nobelovac Elias James Corey – bili sinonimi: oni označavaju spojeve koje zovemo organskima.^{24*} Takav pogled na organsku kemiju ima opravdanje i u činjenici da ugljik ima sposobnost, po kojoj se razlikuje od drugih kemijskih elemenata, da se povezuje u lance (katenacija). Povezivanje atoma ugljika višeg oksidacijskog broja ($OB > 0$) – onih vezanih za heteroatome – je otežano, jer ili uopće ne dolazi do stvaranja veza C–C (esteri, eteri, amidi) ili je veza među ugljikovim

* "The words **carbogen** and carbogenic can be regarded as synonymous with the traditional terms organic **compound** and organic. Despite habit and history, the authors are not comfortable with the logic of several common chemical usages of organic, for example organic synthesis. (Riječi karbogen i karbogenski mogu se smatrati istoznačnima s tradicionalnim izrazima organski spoj i organski. Unatoč povijesti i običaju, autori nerado prihvaćaju uobičajenu, no nelogičnu upotrebu riječi 'organski' u kemiji, primjerice 'organska sinteza'.), <https://www.scribd.com/document/84830001/The-Logic-of-Chemical-Synthesis-Elias-James-Corey>. Pri upotrebi riječi "karbogen" (= ono od čega može nastati ugljik) treba međutim biti oprezan jer ona već postoji u engleskom jeziku (*carbogen, carbogen compounds*) u više značenja – a riječi koje u istoj struci već nešto znače treba u terminologiji izbjegavati (ref. 31).

atomima destabilizirana vezivanjem heteroatoma (dekarboksilacija).

Takva klasifikacija, prema oksidacijskom broju, isključuje iz skupa organskih spojeva mokraćevinu ($OB = +4$), "prvi sintetizirani organski spoj", no i mravlju (metansku) kiselinu unatoč reakcijama, karakterističnima za organske spojeve, kojima je ona podložna (redukcija u metanal i metanol, reakcija srebrnog zrcala i dr.). No s druge strane, ako je ugljična kiselina anorganska kiselina, zašto bi njezin diamid (karbamid) bio organski spoj? No mravlju kiselinu možemo smatrati anorganskim spojem, budući da nastaje – kao i većina anorganskih kiselina – reakcijom nemetalnog oksida (CO) s vodom. Ili, drugim riječima, CO₂ je anhidrid ugljične, a CO mravlje kiseline. Stoga bismo, pozivajući se na nomenklaturu anorganskih kiselina, metansku kiselinu mogli zvati ugljičastom kiselinom. U metanskoj kiselini jedan je atom vodika izravno vezan za ugljik (C–H), no takva vrsta veze (P–H) postoji u fosforastoj (H₂PO₃) i hipofosforastoj kiselini (H₃PO₂).

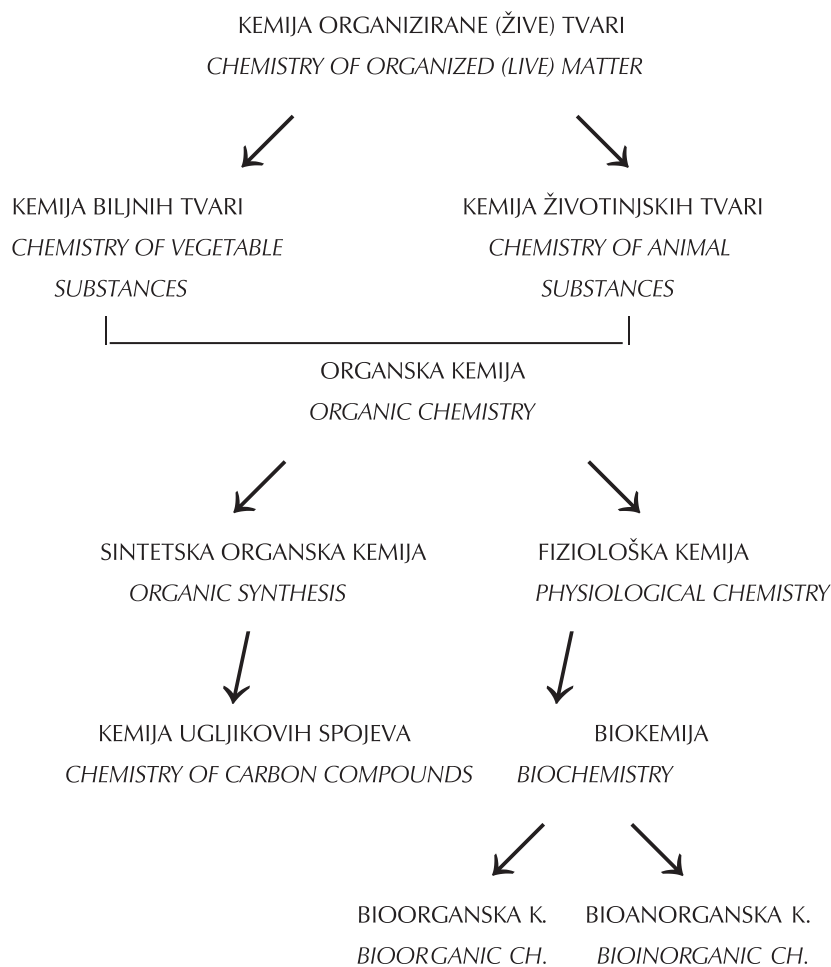
Zaključak

U razvoju pojma "organska kemija" ogleda se razvoj kemije (slika 5). U početku je izraz "organski spoj" značio samo tvar izoliranu iz organskog, bilo životinjskog bilo biljnog materijala (Lémery). Nakon toga su, pojavom organske sinteze, kemičari nastojali iz jednostavnih spojeva prirediti prirodne spojeve te njihove derivate i analoge, čime je organska kemija postala "kemija ugljikovih spojeva" – kako ju je 1851. godine nedvosmisleno definirao Hermann Kolbe (1818. – 1884.)^{**18} – te se sve više udaljavala od prirode. Stoga se počelo nametati pitanje po čemu se razlikuju prirodni ugljikovi spojevi od onih dobivenih sintezom.

Razvoj organske kemije, posebice kemijske sinteze, proširio je njezine obzore, pa niču nove grane kemije: biokemija, kemija prirodnih spojeva, medicinska (farmaceutska) kemija, organometalna kemija... Na kraju se uvidjelo da u biološkim procesima sudjeluju ravnopravno s organskim (ugljikovim) i anorganski spojevi (poglavito kompleksni spojevi metala s bioligandima), pa su se iz biokemije izdvojile dvije grane: bioorganska i bioanorganska kemija:²⁵ prva se bavi čistim ugljikovim spojevima, a druga njihovim interakcijama s metalnim ionima. Od biokemijskog se stabla odvojila i molekularna biologija, grana znanosti koja još tješnje od biokemije povezuje kemiju s biologijom.

Iza svih tih povijesnih procesa i mnogobrojnih područja istraživanja nazire se spoznaja da nema prave, istinske i čvrste granice između organske i anorganske kemije, između kemije živog i kemije neživog. Živo se od neživog

** "Da indes eine natürliche Grenze zwischen organischen und unorganischen Verbindungen überhaupt nicht existiert (Ipak nema nikakve prirodne granice među organskim i anorganskim spojevima)", piše Kolbe (koji je prvi napravio, 1845. godine, totalnu sintezu organskog spoja), "... so erscheint es am einfachsten, die organische Chemie geradezu die Chemie der Kohlenstoffverbindungen zu nennen (...pa se stoga čini najjednostavnije organsku kemiju nazvati upravo kemijom ugljikovih spojeva)." No Kolbe zatim napominje da najjednostavnije ugljikove spojeve "aus Gründen der Zweckmäßigkeit" (zbog prikladnosti, praktičnosti) treba svrstati u anorgansku kemiju. Taj argument, čini se, vrijedi i danas.



Slika 5 – Razvoj organske kemije
Fig. 5 – Development of organic chemistry

razlikuje samo po stupnju složenosti.^{26,27} Kao što u prirodi postoje oblici koje možemo smatrati i živim i neživim (npr. virusi, enzimi, geni), tako i u kemiji postoje spojevi koji mogu biti i organski i anorganski – ovisno o kontekstu.

Tome u prilog govore i nove teorije o postanku života.²⁸ Prema njima su u postanku života sudjelovali i anorganski spojevi, prije svega silikati (minerali gline) i sulfidi, koji su zahvaljujući katalitičkim svojstvima bili preteče enzima.²⁹ Ni znameniti Miller-Ureyev pokus iz 1953. godine nije rekao drugo nego da su složeni organski spojevi (aminokiseline) mogli nastati od najjednostavnijeg organskog spoja, metana³⁰ – pokazujući opet da se “živo” od “mrtvog” razlikuje samo po stupnju složenosti.

Sve su to pitanja kao stvorena za problemsku nastavu. Razmatranjem načina na koje se može definirati organska kemija može se dobiti bolja, šira i jasnija predodžba kako o organskoj tako i o anorganskoj kemiji. Iako u mnogim područjima dolazi do preklapanja tih dviju grana kemije, nema sumnje da ih treba razlikovati.

Literatura References

1. F. Bubanović, Kemija za slušače kemije, medicine, veterine i farmacije. Knjiga druga: Organska kemija, Svezak prvi: Opći pregled organskih spojeva, II. izdanje, Nakladni zavod Hrvatske, Zagreb, 1947., str. 1.
2. J. B. Hendrickson, D. J. Cram, G. S. Hammond, Organic Chemistry, International Student Edition, Third Edition, McGraw-Hill, New York, 1970., p. 1.
3. Webster's New Collegiate Dictionary, Meriam Co., Springfield, Mass, 1961., p. 142.
4. Hrvatski opći leksikon, Leksikografski zavod „Miroslav Krleža“, Zagreb, 1996., str. 710.
5. E. B. Uvarov, D. R. Chapman, A. Isaacs, A Dictionary of Science, 4th Ed., Penguin Books, 1971, p. 273.
6. Carbon compounds, Wikipedia, Release May 27, 2021, URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_compounds.
7. W. H. Warren, Contemporary reception of Wöhler's discovery of the synthesis of urea, J. Chem. Educ. 5 (1928) 1539–1552, doi: <https://doi.org/10.1021/ed005p1539>.
8. D. McKie, “Wöhler's Synthetic” urea and the rejection of vitalism: a chemical legend, Nature 153 (1944) 608–610, doi: <https://doi.org/10.1038/153608a0>.

9. T. O. Lipman, Wöhler's preparation of urea and the fate of vitalism, *J. Chem. Educ.* **41** (1964) 452–458, doi: <https://doi.org/10.1021/ed041p452>.
10. P. S. Cohen, S. M. Cohen, Wöhler's synthesis of urea: how do the textbooks report it?, *J. Chem. Educ.* **73** (9) (1996) 883–886, doi: <https://doi.org/10.1021/ed073p883>.
11. M. Bertholet, *Chimie organique fondée sur la synthèse*, Paris, 1860.
12. A. Jambressich, *Lexicon Latinum interpretatione Illyrica, Germanica et Hungarica locuples*, Zagreb, 1742.
13. N. Raos, Kemijski pojmovi u Jambrešićevom *Lexicon Latinum* (1742.), *Prirodoslovlje* **20** (1-2) (2020) 59–78.
14. B. Šulek, Hrvatsko-njemačko-talijanski rječnik znanstvenoga nazivlja, Zagreb, 1874. (pretsak: Globus, Zagreb, 1990.), str. 560.
15. E. Homburg, From chemistry for the people to the wonders of technology: the popularization of chemistry in the Netherlands during the nineteenth century, *Hyle* **12** (2) (2006) 163–191.
16. D. Grdenić, Povijest kemije, Školska knjiga i Novi Liber, Zagreb, 2001., str. 607.
17. N. Lémery, *Cours de Chymie*, Paris, 1675., p. 2.
18. J. P. Walden, Von der Iatrochemie zur "Organischen Chemie". Historisches über Entstehung und Namenbildung der "organischen Chemie", *Z. Angew. Chem.* **40** (1) (1927) 1–16, doi: <https://doi.org/10.1002/ange.19270400102>.
19. J. P. Macquer, *Dictionnaire de chymie*, Paris, 1766.
20. T. Bergman, *Meditationen über das System der Fossilien, Kleinen Physichen und Chemischen Werken*, IV. Band, Frankfurt am Main, 1788, pp. 224–363.
21. J. J. Berzelius, *Lärbok i Kemien, Förra Delen*, 1808.
22. G. Panzarasa, Rediscovering pyrotartaric acid: a chemical interpretation of the volatile salt of tartar, *Bull. Hist. Chem.* **40** (1) (2015) 1–8.
23. N. Raos, Što nam kazuje oksidacijski broj, *Kem. Ind.* **65** (9-10) (2016) 515–518, doi: <https://doi.org/10.15255/KUI.2016.020>.
24. E. J. Corey, The logic of chemical synthesis: multistep synthesis of complex carbogenic molecules, Nobel Lecture, December 8, 1990, URL: http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1990/corey-lecture.html.
25. N. Raos, Bioanorganska kemija – što je to?, *Nove Slike iz kemije* (ur. N. Raos, H. Peter), Školska knjiga i Hrvatsko kemijsko društvo, Zagreb, 2004., str. 201–214.
26. R. Pascal, A. Pross, The logic of life, *Orig. Life Evol. Biosph.* **46** (4) (2016) 507–513, doi: <https://doi.org/10.1007/s11084-016-9494-1>.
27. L. Lamza, Six phases of cosmic chemistry, *Hyle* **20** (2014) 165–192, URL: www.hyle.org/journal/issues/20-1/lamza.pdf.
28. N. Raos, *The Cookbook of Life – New Theories on the Origin of Life*, HDKI/Kemija u industriji, Zagreb, 2018.
29. N. Raos, V. Bermanec, Catalysis in the primordial world, *Kem. Ind.* **66** (11-12) (2017) 641–654, doi: <https://doi.org/10.15225/KUI.2017.014>.
30. N. Raos, Science and public perception: the Miller experiment, *Bull. Hist. Chem.* **45** (1) (2020) 43–48, doi: <https://doi.org/10.1557/mrs.2019.293>.
31. M. Mihaljević, Znanstveno nazivlje i hrvatski jezik, *Jezik* **45** (2) (1997) 63–67.
32. D. D. Diderot, J. D'Alambert, *Encyclopédie*, Paris, 1713–1784.
33. A. L. Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, Paris, 1789.

SUMMARY

How to Define Organic Chemistry?

Nenad Raos

All organic compounds are carbon compounds, but all carbon compounds are not organic compounds. Which are criteria to distinguish the two classes of compounds and therefore organic from inorganic chemistry? The answer lies in the difference of physical and chemical properties, of which carbonization is of utmost importance; organic compounds should be labelled as "carbogens" (Corey). The second criterion is the difference in oxidation state of carbon – in organic compounds it is "reduced" ($OS \leq 0$). Historical analysis shows, however, that the term "organic substance" has changed its meaning (from "belong to organic (organized) body" to "carbon compound") and that the difference between the two branches of chemistry is basically conventional.

Keywords

Chemical education, history of chemistry, organic chemistry, reduced carbon, carbogen

*Institute for Medical Research
and Occupational Health
Ksaverska c. 2
10 000 Zagreb, Croatia*

Professional paper
Received June 13, 2021
Accepted July 21, 2021