

VÝUKA CHEMIE

LUDSKÝ ORGANIZMUS A pH ROZTOKOV

DANICA MELICHERČÍKOVÁ^a
a MILAN MELICHERČÍK^b

^aKatedra vlastivedy a prírodovedy, Pedagogická fakulta, Univerzita Mateja Bela, Ružová 13, 974 11 Banská Bystrica,

^bKatedra chémie, Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, Slovenská republika

e-mail: dmelicher@pdf.umb.sk, melicher@fpv.umb.sk

Došlo 6.12.01, prepracované 7.4.02, prijaté 20.6.02.

Kľúčové slová: chémia, vyučovanie chémie, pH roztokov, ľudský organizmus, tráviaci systém, vylučovací systém, krvný systém, koža, acidobázická rovnováha, acidóza, alkalóza

Obsah

1. Úvod
2. Metodika a výsledky výskumu
3. Ľudský organizmus a pH roztokov
 - 3.1. Ústna dutina
 - 3.2. Žalúdok
 - 3.3. Pankreatická šťava
 - 3.4. Žlč
 - 3.5. Črevná šťava
 - 3.6. Moč
 - 3.7. Pot
 - 3.8. Koža
 - 3.9. Krv
4. Systémy na udržanie acidobázickej rovnováhy v krvi
5. Záver

1. Úvod

Každá spoločenská zmena je charakterizovaná zmenou hodnotového systému spoločnosti, ale aj jednotlivca. Odráža sa to aj v školskom systéme pri preferovaní vyučovacích predmetov. Platí to aj pre chémiu. Vednému odboru aj vyučovaciemu predmetu chémie klesajú preferencie s porovnaním povojnového obdobia, ktoré považujeme za obdobie rozmachu chemickej výroby, chemickeho priemyslu. Zmena hodnotového systému vyžaduje aj zmenu orientácie učiva. Nie je žiadúce, aby chemické učivo na základných a stredných nechemických školách, kde sa chémia vyučuje ako všeobecnovzdelávací predmet, bolo aj naďalej orientované na technológiu výroby a spracovanie surovín.

Podľa predstáv J. A. Komenského, ale aj súčasných humanizačných trendov v školskom systéme, je potrebné pri chemickom vzdelávaní všeobecného charakteru uprednost-

ňovať tie informácie, ktoré môže každý človek, bez ohľadu na svoje zamestnanie, využiť vo svojom živote. Týmto smerom sú zamerané aj ciele učebných osnov pre základné školy¹ a gymnáziá^{2,3}, ktoré nadobudli platnosť 1.9.1997.

2. Metodika a výsledky výskumu

Sme presvedčení, že medzi informácie využiteľné v bežnom živote možno zaradiť aj poznatky o hodnotách pH ľudského organizmu. Po dvoch rokoch platnosti spomenutých učebných osnov chémie sme realizovali na základných školách (9. roč.) a stredných školách (2. roč.) prieskum schopnosti využívať chemické poznatky v bežnom živote jednotlivca. Prieskum bol realizovaný dotazníkovou formou s výberovými a voľnými odpoveďami na predložené otázky.

Výsledky výskumu ukázali, že vyučovanie chémie sa orientuje stále veľmi výrazne na osvojovanie teoretických poznatkov a len okrajovo na získavanie schopnosti využívať osvojené poznatky na riešenie situácií, problémov každodenného života súčasnosti i budúcnosti.

Pozornosť sme zamerali aj na poznatky o pH prostredí. Tento pojem je v širokej verejnosti používaný najmä v súvislosti s kyslými dažďami. My sme však orientovali pozornosť na ľudský organizmus. Respondentom sme položili nasledujúce otázky:

- Ióny sodíka Na⁺ a draslíka K⁺ sa zúčastňujú na udržiavaní acidobázickej rovnováhy v ľudskom organizme. Aké hodnoty pH má u zdravého človeka krv?
- Máte na výber tri toaletné mydlá, ktoré sa líšia svojím pH: a) pH 5,5; b) pH 7,0; c) pH 9,5. Ktoré by ste si vybrali na umývanie a prečo?

Prieskumu sa zúčastnilo 521 respondentov stredných škôl nechemického zamerania. Boli to študenti druhých ročníkov gymnázií (G), stredných priemyselných škôl (SPŠ), stredných zdravotných škôl (SZŠ) a obchodných akadémií (OA). Predpokladali sme rozdielnu úspešnosť respondentov z dôvodu nerovnakého postavenia chémie v učebných plánoch stredných škôl. Na gymnáziách je chémia zaradená medzi maturitné predmety, na stredných priemyselných školách je začlenená medzi všeobecnovzdelávacie (nie odborné, profilujúce)

Tabuľka I
Výber hodnôt pH krvi zdravého človeka

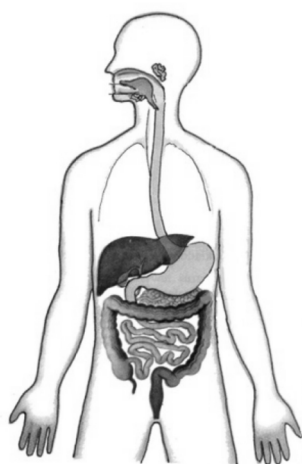
Odpovede	Vyjadrenie respondentov podľa typu škôl [%]			
	SZŠ	G	SPŠ	OA
Bez odpovede	37	79	77,3	83
Správne	27,8	0,8	0	2,3
Nesprávne	35,2	25,2	22,7	14,7
pH 7,0	24,1	12,6	4,8	3,4
pH > 7,0	3,7	1,7	6,0	1,1
pH < 7,0	7,4	10,9	11,9	10,2

Tabuľka II
Výber mydla podľa hodnoty pH pre zdravú pokožku

Odpovede	Vyjadrenie respondentov podľa typu škôl [%]			
	SZŠ	G	SPŠ	OA
Bez odpovede	1,9	3,4	4,8	1,1
pH 5,5	92,5	81,5	83,3	94,4
pH 7,0	3,7	13,4	9,5	3,4
pH 9,5	1,9	1,7	2,4	1,1
Správne zdôvodnenie	63,0	57,1	44,0	56,8

predmety a na obchodných akadémiách sa predmet chémie ani nevyučuje. Niektoré chemické témy sú zaradené do vyučovacieho predmetu Tovaroznalectvo. Predpokladali sme, že respondenti stredných zdravotných škôl budú najúspešnejší pri riešení otázok zameraných na ľudský organizmus. Mali tvoriť porovnávajúcu vzorku. Výsledky získané z prieskumu sú zhrnuté v tabuľke I a II.

Prvá otázka, ako sa vyjadrili mnohí respondenti písomne, okrem respondentov zo SZŠ, ich prekvapila. Až do prečítania otázky sa nikdy nezamýšľali nad tým, že aj ľudská krv má nejaké hodnoty pH. Tento stav zapríčinilo nedostatočné integrovanie učiva biológie, všeobecnej a anorganickej chémie, ale aj minimálna orientácia aplikácie chemických vedomostí na ľudský organizmus. Neuvažovali nad zmenou hodnoty pH krvi vplyvom metabolických procesov (prijímaním potravy), svedčia o tom aj údaje v tabuľke I. V inej pozícii boli respondenti stredných zdravotných škôl. Takmer tretina (27,8 %) respondentov SZŠ určila správne hodnotu pH v intervale 7,36–7,44. To, že 24,1 % respondentov SZŠ uviedlo pH 7,0, súvisí pravdepodobne s tým, že nevedeli presnú odpoveď, ale pamätali si, že je to hodnota blízka neutrálnemu prostrediu 7,0. Medzi nesprávnymi údajmi sa vyskytovali rôzne hodnoty pH, ale najčastejšie sa objavila hodnota 5,5. Dá sa predpokladať, že respondenti boli inšpirovaní ďalšou položenou otázkou, ktorá sledovala problematiku pH mydiel.



Obr. 1. Hodnoty pH v tráviacej sústave

- sliny pH 7,0
- žalúdočná šťava
 - prázdny žalúdok pH 7,0
 - pri trávení pH 1,0–1,7
- pankreatická šťava pH 8,5
- žlč
 - v žlčovej pH 7,1–7,3
 - v žlčníku pH 6,99–7,7
- črevná šťava
 - dvanástnik pH 6,0
 - bedrovník pH 8,0

Len zanedbateľné množstvo respondentov neodpovedalo na druhú položenú otázku, na rozdiel od predchádzajúcej otázky (3/4 respondentov neodpovedalo), hoci obe sledujú hodnoty pH prostredia. Prevažná väčšina odpovedajúcich si vybrala mydlo s pH 5,5. Pri zdôvodňovaní výberu vo všetkých typoch škôl respondenti upozornili, že rozhodnutie urobili na základe reklamy mydla. Väčšiu úspešnosť respondentov zdravotných škôl a obchodných akadémií možno vysvetliť tým, že v triedach počtom prevažujú nad chlapcami dievčatá, ktoré sa zaujímajú o kozmetické výrobky. Tým ale netvrdíme, že chlapci nevedeli správne odpovedať. Odpovede na túto otázku nás ale upozornili na nedostatočné vedomosti o hodnotách pH roztokov, pretože 12,7 % respondentov tvrdilo, že pH 5,5 je neutrálne prostredie. Najhoršie sú na tom respondenti z obchodných akadémií, ktoré v rámci tovaroznaleckej chémie problematike pH roztokov nedávajú priestor. Pri vyhodnocovaní tejto otázky nás napadlo, či by bola tak úspešne zodpovedaná, keby sme sa pýtali na pH pokožky.

3. Ľudský organizmus a pH roztokov

S určovaním pH roztokov sa žiaci stretávajú vo vyučovaní chémie v 8. ročníku základnej školy. Podľa učebných osnov¹ majú získavať zručnosť využívať indikátory na určovanie hodnoty pH roztokov. V učebnici chémie⁴ sa upozorňuje na kyslé dažde, „ktoré škodlivo pôsobia nielen na organizmy, ale aj na stavby a priemyselné zariadenia“. V uvedenej učebnici chémie pre základné školy⁴ sa v motivačnom texte učiva *Kyslosť a zásaditosť vodných roztokov* začína nasledujúcou vetou: „Všetky deje v organizmoch prebiehajú vo vodných roztokoch.“ Viac sa text roztokom v ľudskom organizme nevenuje. Inak je to v najnovšej učebnici *Základy chémie pre gymnáziá s osemročným štúdiom*⁵, v ktorej je upozornenie na hraničné hodnoty pH ľudskej krvi. Odporúčame myšlienku o vodných roztokoch v organizme (ľudský organizmus obsahuje 65–80 % H₂O) ďalej rozvíjať za pomoci obrázkov znázorňujúcich ľudskú postavu s vyznačenými orgánmi, v súvislosti s ktorými môžeme uvádzať hodnoty pH v ľudskom organizme. Ide predovšetkým o tráviaci systém – sliny, žalúdočná šťava, žlč, pankreatická šťava (obr. 1), vylučovací systém – moč, pot (obr. 2), krvný systém a kožu (obr. 3).

3.1. Ústna dutina

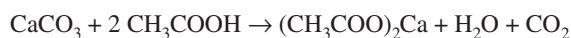
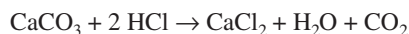
Na základe výsledkov výskumu by bolo vhodné zručnosť určovania pH pomocou indikátorov získavať pri určovaní hodnoty pH mydlového roztoku, šampónu, ale aj slín po vyčistení zubov zubnou pastou, bezprostredne po konzumácii jedla, po krátkodobom, či dlhodobom žuvaní žuvačky a pod. Ak budeme sledovať hodnoty pH ústnej dutiny aj od času, môžeme zistiť, do akej miery je pravdivá reklama o vplyve pôsobenia žuvačky na pH v ústnej dutine. Sliny tvorí asi 99 % vody a ich pH je okolo 7,0. Učivo chémie možno aktualizovať aj reakciou na reklamu, ktorá upozorňuje na uvoľňovanie iónov Ca²⁺ zo zubov v ústnej dutine. Je potrebné potvrdiť skutočnosť, že vápnik viazaný v zuboch sa v kyslom prostredí uvoľňuje, čím sa znižuje kvalita zubov. Uvoľňovanie vápnika zo zubov je však výrazné až vtedy, ak pH v ústnej dutine klesne pod hodnotu 5,5 (cit.^{6,7}). Pri normálnych hodnotách pH slín (okolo

7,0) sú sliny v ústnej dutine nasýtené vápnikom, zuby preto vápnik do slín neuvoľňujú^{6,7}.

Vápnik sa v zuboch nachádza vo forme uhličitanov (CO_3^{2-}), fosforečnanov (PO_4^{3-}) a fluoridov (F^-). Informáciu o rozpustnosti CaCO_3 v kyslom prostredí možno demonštrovať pokusom.

Postup experimentu: Do Petriho misky na dve miesta nasypeme tenkú vrstvu rozomletého vápencu CaCO_3 ; môžu byť aj rozdrvené ulity živočíchov (slimákov, ustríc a pod.), na ktoré kvapneme zriedené roztoky kyseliny chlorovodíkovej ($\text{pH} < 5,5$) a kyseliny octovej, napr. ocot ($\text{pH} > 5,5$). Pozorované reakcie premietneme pomocou spätného projektora.

Z pokusu jasne vyplýva, že v kyslejšom prostredí sa uhličitan vápenatý CaCO_3 rozkladá rýchlejšie (pozorujeme výraznejšie šumenie spôsobené uvoľneným CO_2).



V slinách je obsiahnutý aj enzým α -amyláza, ktorý štiepi škrob na oligosacharidy. Podľa zásad racionálneho stravovania máme pokrm v ústach podržať určitý čas (25× požúť každý hlt), aby rozklad škrobu začal už v ústnej dutine. Amyláza slín má optimálnu aktivitu pri pH 6,7 (cit.⁸). Trávenie škrobu α -amylázou prebieha aj v žalúdku, avšak len dovtedy, kým sa enzým neinaktivuje kyslou žalúdočnou šťavou.

3.2. Žalúdok

V prázdnom žalúdku sa vylučuje len malé množstvo žalúdočnej šťavy s neutrálnym alebo alkalickým pH . Prijímaním potravy sa pH znižuje, dosahuje približne hodnotu 1,0. Po premiešaní žalúdočnej šťavy s potravou sa kyslosť zriedením znižuje (hodnota pH sa zvyšuje) na výsledné pH s hodnotou približne 1,7. Pri tomto pH je aktivita enzýmu pepsín (rozklad bielkovín) najvyššia. Trávenie bielkovín z mliečnych potravín ovplyvňuje enzým gastrínsín, ktorého optimálne pH je vyššie ako pre pepsín (okolo pH 3).

Niektorí ľudia po konzumácii určitého druhu potravín (rajčiaková polievka, čierny chlieb a pod.) majú zvýšené vylučovanie žalúdočných štiav a pociťujú pálenie záhy. Nie je to u ľudí stav zriedkavý, niektorí ho pociťujú častejšie, iní len ojedinele. Ako odstrániť tieto nepríjemné pocity v tráviacej sústave? Túto otázku kladú aj autori úloh z chémie pre ZŠ (cit.⁹). Žiakom je poskytnutých na výber 5 možností a jednou z nich je aj konzumácia mandlí. Je možné realizovať pokus na dôkaz vplyvu mandlí na hodnotu pH .

Postup experimentu: Pomocou papierikov s univerzálnym indikátorom zmerajte pH slín. Potom dôkladne pohryzte 4–5 mandlí a ešte pred prehĺtnutím opäť zmerajte pH slín.

Mandle spôsobia zvýšenie hodnoty pH slín (zásadité prostredie). Po experimente možno nechať žiakov uvažovať nad tým, ako sa pálenie záhy odstráni pomocou mandlí. Po zistení, že mandle môžu pomôcť pri odstraňovaní pálenia záhy, by niekto mohol reagovať tak, že zje naraz väčší počet mandlí (viac ako 4–5) s očakávaním rýchlejšieho a výraznejšieho účinku. Tento postoj by nebol správny, pretože pri väčšom počte konzumovaných mandlí sa môžu prejaviť nepriaznivé účinky na ľudský organizmus. Z amygdalínu, obsiahnutého v mandliach, sa v žalúdku môže uvoľniť jedovatý kyanovodík.

Smrteľná dávka pre dospelého človeka je asi 60 horkých mandlí, pre deti 5–10 horkých mandlí. Tepelnou úpravou (varením, pečením) sa jedovatosť jadier stráca¹⁰.

3.3. Pankreatická šťava

Pankreatická šťava je vylučovaná podžalúdkovou žľazou do dvanástnika. Na rozdiel od žalúdočnej šťavy má pankreatická šťava výrazne zásaditú reakciu a jej pH sa pohybuje v intervale 7,4–8,3. Jednou z úloh pankreatickej šťavy je znižovať kyslú reakciu tráveniny uvoľňovanej zo žalúdka do dvanástnika.

Organizmus má veľa mechanizmov, ktorými zabezpečí požadované hodnoty pH v danom prostredí. Ak je v dvanástniku pH nižšie ako 4,5, uvoľňuje sa zo sliznice dvanástnika do krvi hormón sekretín, ktorý podnecuje vylučovanie pankreatickej šťavy bohatej na alkálie, ale chudobnejšej na enzýmy.

3.4. Žlč

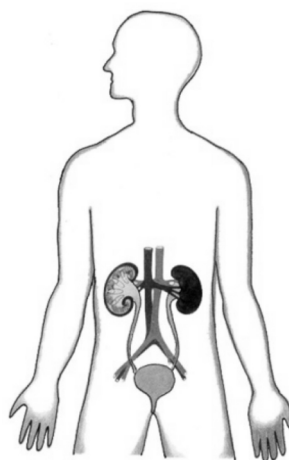
Denne pečeň vylúči 500–700 cm^3 žlče, ktorej pH je slabo alkalické (7,1–7,7). Pečeň produkuje žlč kontinuálne a jej hodnota pH je 7,1. V žlčníku sa žlč mierne zahusťuje a mení aj hodnoty pH (6,99–7,7) (cit.^{6–8}).

3.5. Črevná šťava

Črevná šťava má významnú úlohu pri dokončovaní trávenia, hoci jej tráviaca účinnosť je menšia ako pankreatickej šťavy. Črevná šťava je slabo zásaditá tekutina, v dvanástniku má pH 6,0 a v ďalšej časti (v bedrovníku), kde už natoľko neovplyvňuje prostredie žalúdočná šťava, je pH 8,0.

3.6. Moč

Hodnota pH moču je premenlivá, neklesá však pod hodnotu 4,4. Pri sedavom zamestnaní sa telo okysľuje. Po piatich hodinách práce v uzavretej miestnosti môže pH moču klesnúť zo 7,5 na 5,0. Pohyb na čerstvom vzduchu napomôže k acidobázickej rovnováhe organizmu. Zmizne pocit únavy, zlepši



pot	pH 4,0–5,5
moč	pH > 4,4
ochranný plášť kože	pH 4,5–6,0

Obr. 2. Hodnoty pH vo vylučovacej sústave

sa celková nálada. Alkalická reakcia moču môže byť zapríčinená aj vysokou sekréciou žalúdočných kyselín¹¹.

3.7. Pot

Potom organizmus vylučuje prebytočné kyseliny. Pre zdravie človeka je prospešné, ak sa každý deň zapotíme pohybom (práca, cvičenie). Potné žľazy objavil J. E. Purkyně 1833. V koži sú asi 2 milióny potných žliaz dlhých 2,3 mm. Ich celková dĺžka je približne 5 km. Vylučovacia činnosť potných žliaz je rytmická, vylučujú pot s frekvenciou 5–15 cyklov za minútu, pričom pH potu sa pohybuje v intervale 4,0–5,5. Pot obsahuje kyselinu urokanovú, ktorá má ochranný význam pred ultrafialovým žiarením.

Aj v tomto prípade môžeme reagovať na reklamu kozmetickej firmy, ktorá poukazuje na rozdielnosť pH potu ženy a muža. Je vhodné overiť ponúkanú informáciu indikátorovým papierikom na spotených dlaniach tak, ako to prezentuje reklama. Ak máme k dispozícii indikátorové papieriky s možnosťou jemného odlíšenia pH v kyslej oblasti, zistili by sme, že pH potu dievčat (chlapcov) v triede nie je rovnaké, pretože na zloženie potu vplýva veľa faktorov. Okrem zdravotného stavu (telesného, psychického) je to aj zloženie prijímanej potravy.

3.8. Koža

Ochranný plášť kože (voda, bielkoviny, lipidy) má kyslú reakciu. Hodnota pH sa pohybuje v intervale 4,5–6,0. Kyslá reakcia ochranného plášťa kože slúži ako tlmiaci roztok proti účinku slabých kyselín a zásad, aj proti napučivaniu rohoviny vrstvy kože. Ak ochranný plášť kože nadobudne neutrálnu, alebo slabu alkalickú reakciu, je koža citlivejšia na pôsobenie plesní, kvasiniek a baktérií. Je to najmä pod pazuchou, v okolí genitálu a análneho otvoru.

Napučiavanie buniek (keratínu) v alkalickom prostredí pozorujeme aj pri umývaní vlasov šampónmi na báze saponátov a mydiel. Prirodzený obal vlasu (kutikula) je tvorený strieškovite usporiadanými plochými odumretými bunkami, ktoré na seba priliehajú. V alkalickom prostredí keratín v bunkách kutikuly prijíma značné množstvo vody, čo spôsobuje, že bunky kutikuly na seba nepriliehajú. Zvierajú s osou vlasu väčší uhol. To je príčinou toho, že susedné vlasy sa odškerenými doštičkami zakliesnia, dôsledkom toho sa vlasy zle rozčesávajú. Tento nedostatok sa dá odstrániť tak, že sa vlasy po zmývaní opláchnu slabou kyslým roztokom (octovou vodou).

3.9. Krv

V zdravom ľudskom organizme má krv veľmi dôležité funkcie, ktoré si vyžadujú stálu hodnotu pH. Krv má veľmi slabú alkalickú reakciu, krv v tepnách má hodnotu $\text{pH } 7,40 \pm 0,04$ (t.j. 7,36–7,44), v žilách má krv kyslejšiu reakciu. Ako sme už uviedli, organizmus má niekoľko mechanizmov na udržanie acidobázickej rovnováhy, pri ich zlyhaní sa rovnováha narúša, čo sa prejaví ochorením organizmu. Ak hodnota pH krvi klesne pod hodnotu 7,36 ($\text{pH} < 7,36$) nastáva prekyslenie organizmu – acidóza, ak pH krvi narastie nad hodnotu 7,44 ($\text{pH} > 7,44$) vzniká alkalóza. V živom organizme by nemala hodnota pH krvi prekročiť interval 7,0–7,8. Hodnoty

pH krvi mimo tento interval sú nezlučiteľné so životom. Zmena hodnoty pH v krvi vplýva na pevnosť väzby kyslíka na hemoglobín⁷.

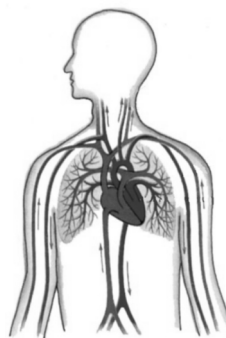
Ľudské telo musí byť schopné vyrovnávať sa s veľkými presunmi iónov H^+ , ktoré túto hodnotu pH ohrozujú z obidvoch strán. Napr. len CO_2 tvoriaci sa metabolizmom v ľudskom organizme je príčinou tvorby 13 mol H^+ za deň^{12,13}, navyše v metabolizme ešte vznikajú aj niektoré kyseliny (fosforečná a sírová) v množstve okolo 70 mmol H^+ . Na acidobázickú rovnováhu výrazne pôsobia zloženie stravy, liečivá, aj konzumácia minerálnych vôd. Každá potrava, ktorú strávime, zanecháva v našom tele zvyškový „popol“, ktorý je kyslý, zásaditý alebo neutrálny. Z uvedeného dôvodu delíme potraviny na kyselinotvorné a zásadotvorné. Pojem kyselinotvorné a zásadotvorné sa nezohoduje automaticky s chuťou potravy, ale vyjadruje fyziologické pôsobenie potravy na organizmus po metabolizme. Napríklad citrón chutí veľmi kyslo, ale je zásadotvorný.

V prijímanej potrave by mal byť mierne prevyšujúci podiel zásadotvornej potravy nad potravou kyselinotvornou, aby organizmus čo najmenej využíval mechanizmy acidobázickej rovnováhy. Ak je hladina kyselín v tele vyššia, ako je optimum, zapríčiňuje to nielen zníženie odolnosti organizmu voči chorobám, ale aj mnohé ochorenia (dna, obličkové a žľozové kamene, reumatizmus a pod.).

4. Systémy na udržanie acidobázickej rovnováhy v krvi

Ľudský organizmus má zabezpečené mechanizmy na udržanie acidobázickej rovnováhy, ich možnosti sú však obmedzené. Ak sú hodnoty pH mimo interval 7,0–7,8, zlyhávajú mechanizmy na udržanie acidobázickej rovnováhy, v organizme nastávajú významné patologické zmeny, ktoré za určitých podmienok môžu vyvolať smrť. Prehľad tlmivých systémov je v tabuľke III.

Hydrogenuhlíčitánový systém – tvorí ho kyselina uhličitá H_2CO_3 a hydrogenuhlíčan sodný NaHCO_3 v pomere 1:20 (cit.⁸). Tento systém predstavuje viac ako polovicu celkovej tlmivej kapacity, z čoho na plazmu pripadá 35 % a na erytrocyty 18 %. V lekárskejších publikáciách^{6,8} sa stretávame s názvom hydrogenkarbonátový systém. Podľa nášho názoru je potrebné na gymnáziách upozorniť na túto skutočnosť i napriek tomu, že poukážeme na nedodržiavanie chemického názvoslovia v iných vedných odboroch.



krv $\text{pH } 7,40 \pm 0,04$

Obr. 3. Hodnoty pH v cievnej sústave

Tabuľka III

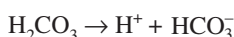
Podiel jednotlivých tlmivých systémov na tlmivej kapacite krvi¹⁴

Tlmivý systém	Plazma [%]	Erytrocyty [%]
Hemoglobín	–	35
HCO ₃ ⁻ /H ₂ CO ₃	35	18
Plazmové bielkoviny	7	–
Fosfáty anorganické	1	1
organické	–	3
<i>Celkom</i>	<i>43</i>	<i>57</i>

Acidóza – hodnoty pH < 7,36, v prostredí je nadbytok iónov H⁺, ktoré sú zachytávané iónmi HCO₃⁻, čím sa ich koncentrácia v roztoku zníži. Vzniknutá kyselina uhličitá sa rozloží na vodu a oxid uhličitý, ktorý je dýchacím systémom uvoľňovaný do okolitého prostredia.



Alkalóza – hodnoty pH > 7,44, v prostredí je nedostatok iónov H⁺, ich zvýšenie sa zabezpečí tým, že sa ióny H⁺ uvoľnia z kyseliny uhličitej.

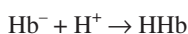
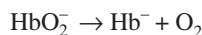


Hemoglobínový systém – hrá úlohu tlmíča v erytrocytoch. Intracelulárne majú ako hemoglobín, tak aj oxyhemoglobín charakter kyseliny s hodnotami pK_a = 7,71 a 7,16. Oxyhemoglobín je teda silnejšia kyselina a táto vlastnosť určuje tlmiacu vlastnosť krvného farbiva.

V pľúcach – hemoglobín sa oxiduje na oxyhemoglobín a uvoľňuje ióny H⁺ (menšia disociácia hemoglobínu v zrovnaní s oxyhemoglobínom bola už vysvetlená), ktoré spolu s iónmi HCO₃⁻ zreagujú na kyselinu uhličitú H₂CO₃, ktorá sa rozloží na H₂O a CO₂, ktoré sa odstránia dýchaním.



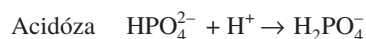
V tkanivách – oxyhemoglobín odovzdá O₂ a je schopný prijať ióny H⁺. Z tkanív do krvi prestupuje oxid uhličitý CO₂, vzniknutý metabolizmom, hydratáciou ktorého vzniká kyselina uhličitá H₂CO₃. Kyselina uhličitá disociuje na H⁺ a HCO₃⁻. Ióny H⁺ sa viažu na hemoglobín. Hemoglobínový systém tvorí 35 % celkovej tlmivej kapacity krvi.



Plazmové bielkoviny – tlmivú schopnosť majú aj niektoré bielkoviny plazmy, ale ich kapacita je pomerne malá. Tvoria sa v pečeni. Viazu na seba ión H⁺. Pri zmenených hodnotách pH sa z bielkovín uvoľňuje ión H⁺ a z bielkovín vznikajú proteínové anióny. Bielkoviny krvnej plazmy sa tak uplatňujú ako významný tlmivý systém, ktorý udržiava stále hodnoty pH krvi.

Fosfátový systém – má menšiu tlmivú schopnosť ako hy-

drogenuhlčitanový systém. Fosfátový systém tvoria dihydrogenfosforečnanové ióny H₂PO₄⁻ (NaH₂PO₄) a hydrogenfosforečnanové ióny HPO₄²⁻ (Na₂HPO₄) v pomere 1:4. Tento systém má veľmi významnú úlohu v intracelulárnej tekutine. Pri prekyslení systému (zníženie hodnoty pH) hydrogenfosforečnanové ióny HPO₄²⁻ sú akceptorom iónov H⁺ za vzniku iónov H₂PO₄⁻. Vzniknutý nadbytok NaH₂PO₄ sa vylúči obličkami. Pri bazicite (zvýšené hodnoty pH) sa pH prostredia upravuje tým, že ióny H₂PO₄⁻ uvoľňujú ióny H⁺ za vzniku iónov HPO₄²⁻.



Porucha acidobázickej rovnováhy sa vyskytuje pri rôznych klinických situáciách, preto medzi základné vyšetrovania akútne chorých pacientov patrí aj stanovenie hodnôt pH, koncentrácie (tlaku) CO₂ a iónov HCO₃⁻ v krvi. Keďže s týmto typom vyšetrovaní sa môžu ziači stretnúť aj v rôznych filmoch, žiadalo by sa, aby vedeli v rámci všeobecného vzdelania niečo aj o vplyve pH krvi na ľudský organizmus. Na doplnenie možno uviesť aj prvú pomoc pri úprave pH krvi v ľudskom organizme. Pri poklese pH pod hodnotu 7,2 sa podáva intravenózne (rýchla úprava pH), alebo perorálne (pomalšia úprava pH) NaHCO₃ (cit.¹¹). Pri alkalóze sa používa chlorid amónny NH₄Cl, ale iba perorálne, intravenózne nie, pre toxicitu NH₄⁺ v krvi. Ióny NH₄⁺ sa po absorpcii z čreva metabolizujú v pečeni na močovinu a HCl znižuje pH (cit.¹¹).

Pri učive o hodnotách pH roztokov je možné považovať nad postupmi pri konzervovaní ovocia a zeleniny. Výsledkom úvah by malo byť poznanie, že v kyslom prostredí sú obmedzené, nevhodné podmienky na rozmnožovanie mikroorganizmov. Aby konzervované ovocie alebo zelenina neplesnели, nekvasili, uchovávali sa v kyslom prostredí. Pri konzervovaní ovocia a zeleniny sa najčastejšie používajú kyselina citrónová (C₆H₈O₇, E 330), jablčná (C₄H₆O₅, E 296), octová (CH₃COOH, E 260) (cit.¹⁵⁻¹⁷). V kyslom prostredí (pH 2,5 až 4,0) sa uplatňuje aj optimálny konzervačný účinok kyseliny benzoovej (C₆H₅COOH, E 210), ako aj kyseliny sorbovej (C₆H₈O₂, E 200) (cit.¹⁷). Uvádzanie označovania kyselín v potravinách má svoje opodstatnenie pri získavaní všeobecného chemického vzdelania.

5. Záver

Ak by sme chceli do časového priestoru vymedzeného vo vyučovacom procese na jednotlivých typoch škôl (základných, stredných) na učivo o pH prostredí vtesnať všetky spomenuté informácie prostredníctvom výkladovej metódy, bolo by to nemožné. Pre učiteľov chémie, ktorí sú flexibilní, kreatívni, iniciatívni, to však taký nere realizovateľný problém nie je, pretože vo vyučovacom procese využívajú aj iné, ako výkladové metódy. Ďalším dôležitým faktorom ovplyvňujúcim kvalitu a kvantitu poskytovaných informácií je skutočnosť, že učiteľ chémie základnej a strednej školy pripravuje žiakov nie len pre vyšší stupeň školy, ale predovšetkým pre život. Preto všetky poskytnuté informácie nemusí žiak vedieť interpretovať presne (skúšanie), predovšetkým má však získať schopnosť správne sa orientovať pri vyhľadávaní, dopĺňaní daných infor-

mácií, na základe vedomostí prehodnocovať informácie poskytované v reklamách, médiách, či sú to informácie tendenčné, neúplné, alebo komplexné, experimentálne overené. Študent má získať trvalú vedomosť, že chémia je súčasťou vedy o prírode, živote.

Keďže zásluhou projektu Infovek sa na Slovensku každoročne zvyšuje počet škôl (základných, stredných) pripojených na Internet, vyučujúci chémie by mal študentov informovať aj o prípadných www stránkach s danou tematikou^{18,19}.

LITERATÚRA

- Adamkovič E.: *Učebné osnovy chémie pre 5. až 9. ročník základnej školy*. MŠ SR, Bratislava 1997.
- Učebné osnovy chémie pre štvorročné gymnáziá*. MŠ SR, Bratislava 1997.
- Učebné osnovy chémie pre osemročné gymnáziá*. ŠPÚ, Bratislava 1996.
- Adamkovič E.: *Chémia pre 7. ročník základných škôl*. SPN, Bratislava 1993.
- Adamkovič E., Ružičková M., Šramko T.: *Základy chémie pre gymnáziá s osemročným štúdiom*. SPN, Bratislava 2000.
- Trojan S.: *Fyziológia 1*. Osveta, Martin 1992.
- Šimek J.: *Číslo o lidském těle a jak jím rozumět*. Victoria Publishing, Praha 1995.
- Ferenčík M., Škarka B.: *Biochémia*. SAP, Bratislava 2000.
- Silný P., Kucharová D.: *Úlohy z chémie pre 8. ročník základných škôl*. Expol pedagogika, Bratislava 2000.
- Melicherčíková D., Melicherčík M.: *Biologicky účinné organické zlúčeniny II*. MC, Banská Bystrica 1996.
- Hulín I.: *Patofyziológia*. SAP, Bratislava 1998.
- Némečková A.: *Lékařská chemie a biochemie*. Avicenum, Praha 1990.
- Keller U., Meier R., Bertoli S.: *Klinická výživa*. Scientia Medica, Praha 1993.
- Racek J.: *Klinická biochemie*. Galén, Praha 1999.
- Šinková T., Kováč M.: *Potravinárske aditívne látky*. VÚP, Bratislava 1995.
- Davídek J., Janíček G., Pokorný J.: *Chemie potravin*. SNTL, Praha 1983.
- Velíšek J.: *Chemie potravin*. OSSIS, Tábor 1999.
- <http://www.infovek.sk>; 20.11.2001.
- <http://www.fpv.umb.sk/~melicher/chemprvky>; 20.11.2001.

D. Melicherčíková^a and M. Melicherčík^b (^aDepartment of Civics and Natural History, Faculty of Pedagogics, ^bDepartment of Chemistry, Faculty of Natural Sciences, Matej Bel University, Banská Bystrica, Slovak Republic): **Human Body and pH of Solutions**

Chemical education is very pronouncedly aimed at accumulation of theoretical knowledge and there is only little effort to acquire skills in using the knowledge for application to problems of everyday life. To make chemical education more topical, pH values in the human digestive tract, urinary system, cardiovascular system and skin are mentioned in teaching pH of solutions.