



Korespondenční Seminář Inspirovaný Chemickou Tematikou

ročník 8, série 1

2009/2010





Korespondenční seminář probíhá pod záštitou  
Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy  
Hlavova 2030  
128 43 Praha 2

## Vážení vyučující chemie!

Právě se Vám do rukou dostal korespondenční seminář, který může pomoci Vaším studentům k většímu zájmu o chemii prostřednictvím zajímavých úloh i odborných soustředění. Předejte jim prosím zadání KSICHTu. Mnohokrát děkujeme.

Pokud máte zájem, můžeme Vám posílat jednotlivé série přímo do školy. Stačí, když nám sdělíte adresu, na kterou máme KSICHT posílat. Zadání KSICHTu bude zveřejňováno i na Internetu. Máte-li k němu přístup, můžete využít i tento způsob. Úlohy můžete použít například ke zpestření výuky nebo jako inspiraci.

Příložený letáček prosím vyvěste na viditelné místo ve Vaší škole, aby si ho mohli prohlédnout všichni studenti. Děkujeme.

## Milí příznivci chemie i ostatních přírodovědných oborů!

Právě držíte v rukou zadání úloh Korespondenčního Semináře Inspirovaného Chemickou Tematikou, KSICHTu. Už osmým rokem pro vás, středoškoláky, KSICHT připravují studenti Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, Vysoké školy chemicko-technologické a Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity. Seminář je podporován v rámci Rozvojového projektu CSM 8/2009.

## Jak KSICHT probíhá?

Korespondenční seminář je soutěž, při níž si vy, řešitelé KSICHTu, dopisujete s námi, autory, a naopak. Vy nám pošlete řešení zadaných úloh, my vše opravíme, ohodnotíme a zašleme vám je zpátky s příloženým autorským řešením a pěti úlohami nové série. To všechno se za celý školní rok čtyřikrát zopakuje.

## Proč řešit KSICHT?

V rámci tohoto semináře se zdokonalíte nejen v chemii samotné, ale i v mnoha dalších užitečných schopnostech. Za všechny jmenujme zlepšení logického

mýšlení, schopnosti vyhledávat informace, třídít je a zařazovat je do kontextu. Ačkoli to zní možná hrozně, nebojte, ono to půjde vlastně samo.

Na *výletech* se můžete seznámit s dalšími řešiteli KSICHTu a námi, autory, studenty vysokých škol. Máte šanci rozšířit si své obzory, ale taky se bavit a užít si. Uvidíte, že chemici nejsou suchaři v bílých pláštích.

Na konci školního roku pořádáme na Přírodovědecké fakultě UK *odborné soustředění*, kde si vyzkoušíte práci v laboratoři, seznámíte se s moderními přístroji a poslechnete si zajímavé přednášky. Pro nejlepší řešitele jsou připraveny hodnotné ceny!

Pro letošní akademický rok se nám navíc podařilo zajistit **promíjení přijímacích zkoušek** do chemických (a některých dalších) studijních oborů **na Přírodovědecké fakultě UK**. Bez přijímací zkoušky budou přijati řešitelé, kteří ve školním roce 2008/2009 získali alespoň 50 % z celkového počtu bodů nebo ve školním roce 2009/2010 v 1.–3. sérii získají alespoň 50 % z celkového počtu bodů za tyto série.

## Jaké úlohy na vás čekají?

Úlohy se týkají různých odvětví chemie a snažíme se, aby si v nich každý z vás přišel na své. Jsou tu úločky hravé i pravé lahůdky, jejichž vyřešení už dá práci. Nechceme jen suše prověřovat vaše znalosti, procvičíte si i chemickou logiku a v experimentální úloze prokážete též svou chemickou zručnost. Pokud nezvládnete vyřešit všechny úlohy, vůbec to nevadí, byli bychom moc rádi, kdybyste si z řešení úloh odnesli nejen poučení, ale hlavně abyste se při řešení KSICHTu dobře bavili. Jak se nám naše snažení daří, to už musíte posoudit sami.

KSICHT vám přináší s každou sérií i seriál, čtení na pokračování. V letošním ročníku zařazujeme na vaše přání seriál o sensorické analýze. Dozvíte se spoustu zajímavých a užitečných informací, které pak můžete použít nejen při řešení úloh KSICHTu, ale i při dalším studiu chemie.

## Jak se tedy můžete stát řešiteli KSICHTu?

Není nic jednoduššího! Stačí se jen *zaregistrovat*<sup>1</sup> na našich webových stránkách. Řešení nám poté můžete posílat buď klasicky na adresu **KSICHT, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Hlavova 2030, 128 43 Praha 2** nebo elektronicky přes *webový formulář*<sup>2</sup> jako soubory typu PDF.

V případě jakýchkoliv dotazů či nejasností se na nás prosím kdykoliv obraťte e-mailem **ksicht@natur.cuni.cz**.

<sup>1</sup><http://ksicht.natur.cuni.cz/prihlaska>

<sup>2</sup><http://ksicht.natur.cuni.cz/odeslani-reseni>

*Každou úlohu vypracujte na zvláštní papír (aspoň formátu A5, menší kusy papíru mají totiž tendenci se ztráct), uveďte svoje celé jméno, název a číslo úlohy! Řešení pište čitelně, vězte, že nemůžeme považovat za správné něco, co nelze přečíst.*

V případě, že posíláte úlohy přes webový formulář, uložte každou úlohu do *samostatného souboru typu PDF* a nezapomeňte v záhlaví každé stránky uvést *svoje celé jméno, název a číslo úlohy!* Více informací o elektronickém odeslání řešení naleznete přímo na stránce s formulářem. *Nepošílejte nám prosím naskenovaná řešení, neboť jsou často velice špatně čitelná. Výjimkou jsou nakreslené a naskenované obrázky, které připojíte k řešení napsanému na počítači.*

Do řešení také pište všechny vaše postupy, kterými jste dospěli k výsledku, neboť i ty bodujeme. Uveďte raději více než méně, protože se může stát, že za strohou odpověď nemůžeme dát téměř žádné body, ačkoli je správná. Řešení vypracovávejte samostatně, neboť při společném řešení se spoluřešitelé podělí o získané body rovným dílem.

## KSICHT na Internetu

Na webových stránkách KSICHTu<sup>3</sup> naleznete brožurku ve formátu PDF a rovněž aktuální informace o připravovaných akcích.

Pokud máte dotaz k úloze, můžete se zeptat přímo autora na e-mailové adrese ve tvaru `jmeno.prijmeni@ksicht.natur.cuni.cz`. Jestliže má úloha více autorů, pište prvním uvedenému.

## Výlet s KSICHTem

Pozor, pozor! Během měsíce listopadu se bude konat další víkendový výlet s KSICHTem. Tentokrát pojedeme do Jihlavy. Prosíme potenciální zájemce, aby se zaregistrovali na stránkách KSICHTu<sup>4</sup> do 27. října. Zaregistrujte se však co nejdříve, počet míst je omezen! Aktuální informace naleznete začátkem října na webových stránkách KSICHTu.

## Termín odeslání 1. série

Série bude ukončena **9. listopadu 2009**. Vyřešené úlohy je třeba odeslat nejpozději v tento den (rozhoduje datum poštovního razítka či čas na serveru KSICHTu).

---

<sup>3</sup><http://ksicht.natur.cuni.cz>

<sup>4</sup><http://ksicht.natur.cuni.cz/akce-ksichtu>

## Úvodníček

Drahé Ksichtáčky, drazí Ksichtáci!

Období prázdninového volna zmizelo v nenávratnu a školní mašinérie se již rozjela na plné obrátky. Jsme proto rádi, že vás můžeme přivést na jiné myšlenky s pomocí brožurky, kterou právě držíte ve svých rukou. Jedná se o první sérii osmého ročníku KSICHTu. Jak je již dobrým zvykem, připravili jsme si pro vás pět úloh s chemickou tematikou. Některé jsou lehčí, jiné obtížnější. Cílem však není získat plný počet bodů, ale pobavit se a dozvědět se nové zajímavosti. Nebojte se proto poslat odpověď třeba jen na jednu jedinou otázku. Snaha se také cení. Nyní však již blíže k jednotlivým úlohám. Jako první vás čeká rozehřívací klasika. Určitě už jste někdy hráli na čtverečkováném papíru lodě. Pokud však zrovna po ruce žádný papír nemáte, poslouží dobře i periodická tabulka. Jak na to napoví úloha první. Ve druhé úloze se vrhne do víru podvodů ve vrcholovém sportu. Jak říká klasik: „To bylo ještě v době, kdy doping nebyl povinný.“ Ukážeme si tedy, jak taková dopingová kontrola funguje v praxi. Po sportovním vypětí si zasloužíte trochu romantiky. Tajemným milostným poměrům se můžete podívat na zoubek pomocí metody NMR v úloze třetí. Pokud vám již také obyčejná koncentrovaná kyselina sírová připadá nudná a toužíte po něčem výkonnějším, co uspokojí i požadavky náročného chemika, máme pro vás něco jedinečného, magického. Budete za jisté okouzlení našimi kyselinami z úlohy číslo čtyři, které okyselí neokyselitelné a rozpustí nerozpustitelné. Reklamy nám každý den sdělují, že kde je voda, tam je život, a kdo se potí, nezaslouží slitování. Jak je to ale s koloběhem vody doopravdy, se z reklam nedozvíte. Od toho je tu totiž úloha č. 5 zaobírající se něčím tak zdánlivě jednoduchým, jako je dešť. Nezbyvá mi, než vám popřát hodně štěstí při řešení a doufám, že se s některými z vás setkám na podzimním výletu s KSICHTem, či alespoň ve druhé sérii.

Za autorský tým

Honza Havlík

## Zadání úloh 1. série 8. ročníku KSICHTu

### Úloha č. 1: Lodě

**6 bodů**

Autoři: Luděk Míka a Pavel Řezanka

„Co budeme dělat?“ zeptal se Pavel, když s Luděkem usedli v metru. „Zahrajem si lodě,“ odpověděl po chvíli přemýšlení Luděk. „Ale čtverečkový papír nemám,“ smutně poznamenal Pavel. „Hmmm, a máš aspoň periodickou soustavu prvků?“ zeptal se Luděk. „Jo, tu mám,“ řekl Pavel, z kapsy vyndal peněženku, z ní ji vylovil a podal ji Luděkovi. Ten ji chvíli překládal a trhal a za chvíli podal Pavlovi kus tabulky s 4. až 6. periodou d-prvků. Sám si nechal p-prvky, ale bez helia. „Každý máme 30 prvků,“ přemýšlel nahlas Pavel, „to budeme muset upravit vzhled a počet lodí. Co dát jeden křížník (typ T – 4 čtverečky), dva torpédoborce (2×1) a dvě ponorky (1×1) s tím, že se nesmí dotýkat stranami, ale rohy ano?“ zeptal se Pavel Luděka. Luděk přikývl a po rozmístění lodí se pustili do hry.



V tabulce na následující straně je zaznamenána jejich partie. Většinou však neříkali přímo jména prvků, ale pouze jejich popisy. Začínal Pavel.

1. Nosí s sebou Pavel (autor této úlohy) skutečně periodickou soustavu prvků v peněžence?
2. Přiřaďte popisy jednotlivým prvkům. Značky prvků запиšte pro jednotlivé hráče pod sebe.
3. Tam, kde jsou uvedeny jen názvy prvků, vymyslete vlastní jednoduché a výstižné popisy, které charakterizují vlastnosti nebo použití. Nepopisujte prvky jejich protonovým číslem nebo molekulovou hmotností (2×5 prvků).
4. Kdo vlastně vyhrál? Na kterých prvcích mohl mít vítěz poslední nezničenou lodí?

Pavlovy tahy	Zásah	Luďkovy tahy	Zásah
známý polovodič	ano	nejtěžší platinový kov	ano
T. A. Edison s ním zapálil vlak	ne	zlato	ne
využit pro definici 1 molu	ano	hydrogenační katalyzátor	potopena
hlavní složka vydechaného vzduchu	ne	nemá stálý izotop	ano
germanium	ano	mangan	ano
tak to už je jasné	potopena	nejpoužívanější kov vůbec	ne
prvek s největší elektronegativitou	ne	nazvaný podle Ruska	ano
indium	ne	soluce na důkaz fosforečnanů	potopena
konečný produkt rozpadu radioaktivních prvků	ano	[Ar] 3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup>	ne
prvek s $M = 208,98 \text{ g mol}^{-1}$	ne	MO <sub>2</sub> používán jako polovodič	ne
thalium	potopena	ve 4. periodě d-prvků nejnižší teplotou tání	ano
tellur	ne	kadmium	ne
kapalina	ne	tak to už je jasné	potopena
žlutá látka	ano	jméno podle švédského města (jiné 3 prvky též)	ne
jedovatý plyn	potopena	vanad	ne
neon	ne	vitamín B12	ne
Superman	potopena	kapalina	potopena
radioaktivní plyn	ne	monazitový písek	ne
desinfekční účinky	ne	prvek s 21 protony	ne
radioaktivní halogen	ne	zirkonium	potopena



**Úloha č. 2: EPO**

Autor: Jiří Kessler

**9 bodů**

*Dopingový komisař Günter měl opět perný den. Etapa Tour de France byla u konce a teď ho čekal odběr vzorků. Od každého si nekompromisně vyžádal krev a moč a jako hladač oštrůž kontroloval, zda se ho nezbední ptáčekové nesnaží oblafnout. V poslední době se mezi nimi velmi rozmohlo tzv. EPO a byl zvědavý, zda se mu dnes nepodaří nějaký nový úlovek. Odběr nakonec proběhl hladce a osud sportovců teď leží v analytických rukou. Pomozte mu, ať případnou chybu neodskáče poctivý sportovec.*



1. Co znamená tajemná zkratka EPO? O jaký typ látky se jedná z hlediska chemické struktury?
2. Proč sportovci tuto látku užívají a v čem tkví její zdravotní rizika?

Dopingový komisař Günter stanoví EPO přímo ve vzorku moči odebrané sportovcům pomocí isoelektrické fokusace. Tato elektromigrační metoda dělí proteiny na základě jejich isoelektrického bodu. Její provedení je následující: Z roztoku obsahujícího směs amfolytů se vytvoří agarosový gel, který se umístí mezi elektrody. Po přivedení napětí na elektrody se v gelu samovolně ustaví gradient pH. Nyní již stačí na libovolné místo nadávkovat vzorek obsahující směs proteinů a počkat několik desítek minut, než proteiny domigrují na místa odpovídající jejich isoelektrickým bodům.

3. Jaké látky se označují jako amfolyty? Co značí hodnota isoelektrického bodu amfolytu/proteinu?
4. Proč dojde v elektrickém poli k vytvoření gradientu pH z původně homogenního roztoku amfolytů? Bude pH růst od katody k anodě či naopak? Vysvětlete.
5. Proč se migrace proteinů zastaví v oblastech pH, které odpovídají jejich isoelektrickým bodům?
6. Popište, jak bude probíhat isoelektrická fokusace, pokud se protein nadávkuje do místa, kde je hodnota pH (a) vyšší, (b) nižší, než je jeho isoelektrický bod.

Komisař však vedle této přímé indicie potřebuje ještě údaj o koncentraci hemoglobinu ve sportovcově krvi. Ze vzorku nesrážlivé krve bylo odebráno 20  $\mu$ l

a naředěno na 3 ml Drabkinovým roztokem, jehož složení je specifikováno v tabulce 1. Vzniklý roztok se promíchá a nechá 10 minut reagovat. V důsledku této reakce dojde mimo jiné k přeměně hemoglobinu na látku **X**, která se spektrofotometricky stanoví, a z jejího obsahu lze stanovit množství hemoglobinu v krvi.

<b>látka</b>	<b>množství</b>
hexakynoželezitan draselný	400 mg
dihydrogenfosforečnan draselný	280 mg
kyanid draselný	100 mg
objem roztoku	1000 ml

Tabulka 1: Složení Drabkinova roztoku

- V jakém oxidačním stavu se vyskytuje železo v biologicky aktivním hemoglobinu?
- Která látka vzniklá z hemoglobinu má vysokou afinitu ke kyanidovým aniontům? V jakém oxidačním stavu je železo v této látce?  
Nápověda: Generování této látky se využívá jako první pomoc při otravě kyanidy.
- Proč nestanovujeme přímo hemoglobin? Co je látka **X**, na kterou se hemoglobin pomocí Drabkinova roztoku převádí?

Správné stanovení se však neobejde bez kalibrace. Pečlivý laborant připravil sadu kalibračních roztoků látky **X**, jejichž složení je uvedeno v tabulce 2. Vyneseme-li závislost absorbance na látkové koncentraci, můžeme analyzováním této závislosti získat údaje důležité ke stanovení vzorku. Vzorek i kalibrační roztoky byly měřeny při vlnové délce 540 nm.

	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>m [mg]</b>	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
<b>V [ml]</b>	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>absorb.</b>	0,113	0,227	0,341	0,455	0,569	0,683	0,796	0,910

Tabulka 2: Složení kalibračních roztoků ( $m$  navážka látky **X**,  $V$  objem vzorku) a změřené absorbance

10. Zjistěte rovnici kalibrační přímky stanovované látky **X**. Vypočtete extinkční koeficient a molární extinkční koeficient stanovované látky **X** pro vlnovou délku 540 nm za předpokladu tloušťky kyvety 1,00 cm.

Poznámka: Předpokládejte, že při nulové koncentraci látky **X** je absorbance rovna nule.

11. Vypočtete koncentraci hemoglobinu ve sportovcově krvi v  $\text{g dm}^{-3}$ , vykazoval-li vzorek při vlnové délce 540 nm absorbanci 0,653. Porovnáním s běžnými fyziologickými hodnotami usudíte, zda je výsledek v normě. Předpokládejte, že se jedná o muže s fyziologickými hodnotami v rozsahu 140–170  $\text{g dm}^{-3}$ .

$$M(\text{látka X}) = 64\,458 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M(\text{hemoglobin}) = 64\,500 \text{ g mol}^{-1}$$

## Úloha č. 3: Milostný poměr

9 bodů

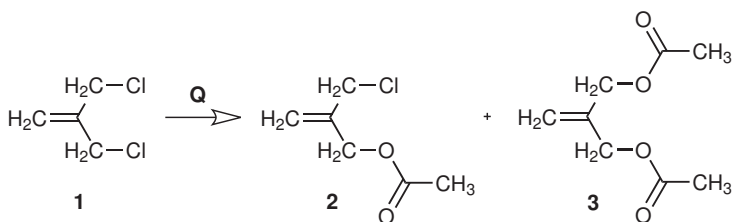
Autoři: Michal Řezanka a Robert Betík



*Deník KSICHT přistihl zajíčka chemika na záletech! Deníku se svěřil dobře informovaný zdroj, krtek, že včera v podvečer viděl zajíčka s neznámou zaječicí tlapku v tlapce. Celou dobu se chichotali a lízali mrkovou zmrzlinu. Nový objev potvrzuje i zajíčkův kamarád: „Určitě někoho už týden má, ale drží to v tajnosti.“ Že by zajíčkův nový milostný poměr?*

Intimní poměr mezi sebou mohou mít nejen zajíčky, ale i chemické sloučeniny. A my se podíváme jaký.

Robert při přípravě hormonu estronu potřeboval pro další syntézu sloučeninu **2** (schéma na obrázku 1). Nechal reagovat sloučeninu **1** s jedním molárním ekvivalentem činidla **Q** (jedna molekula činidla **Q** na jednu molekulu sloučeniny **1**).



Obrázek 1: Schéma přípravy meziprojektu pro syntézu estrogenu

Analýzou reakční směsi pomocí NMR (viz seriál<sup>5</sup> prvního ročníku semináře) zjistil, že jsou v ní přítomny všechny tři sloučeniny (**1–3**). Podívejme se nyní, co nám říká <sup>1</sup>H NMR spektrum (obrázek 2). Pokud jsou ve sloučenině různé typy vodíků (mají různé chemické okolí), mají různé signály (tzv. peaky) ve spektru. Jejich chemický posun se uvádí v ppm. Podobné typy vodíků mají ve spektru podobný posun. V našem případě signály **A** a **A'** odpovídají vodíkům na dvojné vazbě ve sloučeninách **1–3**, signály **B** a **B'** patří vodíkům v  $-\text{CH}_2-\text{O}-$  skupině ve sloučeninách **2** a **3**, signály **C** a **C'** náležejí vodíkům v  $-\text{CH}_2-\text{Cl}$  skupině ve sloučeninách **1** a **2**. Signál **D** odpovídá vodíkům methylových skupin ve sloučeninách **2** a **3**.

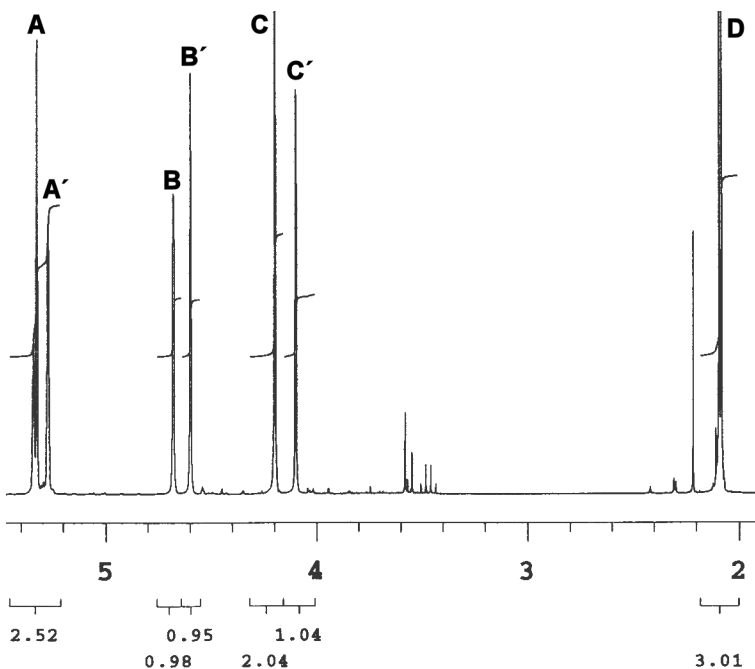
Další informaci, kterou ze spektra můžeme vyčíst, je tzv. integrální intenzita. Spočítá se jako plocha daného peaku a vyjadřuje relativní zastoupení

<sup>5</sup><http://ksicht.natur.cuni.cz/ulohy/milostny-pomer/serial.pdf>

určitého vodíku (kterému patří zkoumaný signál) v měřeném vzorku. Integrální intenzita se uvádí jednak esovitou křivkou přímo na peaku a jednak číselnou hodnotou uvedenou pod daným peakem. Ze spektra tedy můžeme vidět, že například vodíky, kterým odpovídají signály **B** a **B'**, jsou ve vzorku zastoupeny v poměru přibližně 1:1.

Nyní byste již měli mít dostatek informací, abyste mohli odpovědět na následující otázky.

1. Určete nejmenší celočíselný poměr zastoupení sloučenin **1:2:3**.
2. Přiřaďte signály **A**, **A'**, **B**, **B'**, **C** a **C'** jednotlivým sloučeninám **1–3**. Které signály nelze s jistotou přiřadit?



Obrázek 2:  $^1\text{H}$  NMR spektrum reakční směsi

3. Určete činidlo **Q** použité pro reakci a pojmenujte sloučeninu **1**.

4. Předpokládejme ideální průběh zkoumané reakce a stejnou rychlost reakcí  $\mathbf{1} \rightarrow \mathbf{2}$  a  $\mathbf{2} \rightarrow \mathbf{3}$ . Kolik molárních ekvivalentů činidla  $\mathbf{Q}$  je vhodné použít, aby byl výtěžek monosubstituovaného derivátu  $\mathbf{2}$  maximální? Stručně popište metodu použitou pro výpočet.
5. Diskutujte případné odchylky v zastoupení sloučenin  $\mathbf{1}$ – $\mathbf{3}$  při použití jednoho molárního ekvivalentu činidla  $\mathbf{Q}$  v případě ideálního průběhu a v případě reálného průběhu reakce, který provedl Robert (tj. vámi zjištěné poměry ze spektra).

**Úloha č. 4: Magic Acid****15 bodů**

Autor: Václav Kubát

*Vánoční večírek pomalu končí a osazenstvo laboratoře se s přáním příjemných svátků hotoví k odchodu. Mladý postdoktorand ještě vzhazuje zbytek parafinové svíčky do kádinky s kapalinou. Svíčka se rozpouští. Normální? Myslíte? Kdepak. Shromáždění členové výzkumné skupiny vědí, že v kádince není hexan, benzen, ani jiné organické rozpouštědlo, které by svíčku rozpustilo. Je tam kyselina. Ale která kyselina rozpouští parafin?? No přece magická. . .*



Nevěříte? Ale skutečně se to stalo, někdy koncem šedesátých let v laboratoři profesora G. A. Olah, pozdějšího nositele Nobelovy ceny. Ona kyselina patřila mezi tzv. superkyseliny, tedy systémy, které jsou kyselější než 100% kyselina sírová. A právě superkyselinám se podíváme na zoubek.

Co je to vlastně kyselina? Jistě víte, že je to látka schopná odštěpit vodíkový kation,  $H^+$ , a „vnutit“ jej jiné látce, kterou nazýváme zásada. Jak poznáme, která kyselina je silnější? Bude to ta, která přinutí druhou (slabší) kyselinu státi se zásadou, tedy „vnutí“ (předá) jí svůj  $H^+$ .

A jak vyjádřit kyselost roztoku? Pro zředěné roztoky kyselin (a zásad) máme pH. A co koncentrované? Co takové pH 10M  $H_2SO_4$ ? Vychází záporné, že? A přece je takový roztok jenom „čajíček“ proti superkyselinám. Pro takovéto systémy stupnice pH nestačí, a proto bylo navrženo několik nových veličin. My budeme pracovat s tou nejpoužívanější, s Hammettovou funkcí kyselosti, kterou značíme  $H_0$ . Pro zředěné roztoky je  $H_0$  totožná s pH, avšak je dobře využitelná i při srovnání kyselosti superkyselin. Stejně jako u pH i v případě  $H_0$  platí, že čím je  $H_0$  menší, tím je roztok kyselější.

- Chemickými rovnicemi dokumentujte, která z dvojice kyselin bude silnější:
  - $H_2SO_4 - CH_3COOH$
  - $H_2SO_4 - HNO_3$
- Ve zbytku úlohy se budeme zabývat mimo jiné následujícími látkami:  $SbF_5$ ,  $H_2S_2O_7$ ,  $HSO_3F$  a  $CF_3SO_3H$ , proto bychom se s nimi měli seznámit. Uvedené látky pojmenujte a nakreslete jejich strukturní elektronové vzorce.
- Kromě výše uvedené definice kyselosti (podle Brønsteda) známe i Lewisovu teorii kyselin a zásad. U následujících částic určete, zda mohou vystupovat jako Lewisovské kyseliny nebo zásady:  $H^+$ ,  $PF_5$ ,  $F^-$ ,  $TaF_5$ ,  $BF_3$ .
- Napište rovnici autoprotolýzy  $HSO_3F$ .

5. Lehce odbočíme:  $\text{HSO}_3\text{F}$  je poměrně zajímavá sloučenina, obzvláště v porovnání s její blízkou příbuznou, tedy s kyselinou sírovou. V tabulce 1 najdete hodnoty některých důležitých fyzikálních konstant těchto dvou látek. Vysvětlete, proč jsou tyto hodnoty tolik odlišné, přestože se jedná o podobné sloučeniny.

Nyní se pokusme odpovédět na otázku, proč jsou vlastně superkyseliny tak kyselé a jak jejich kyselost ještě zvýšit. Jak ukazují hodnoty  $H_0$ , čistá (100%) kyselina sírová je poměrně silnou kyselinou, známe však sloučeniny, které jsou samy o sobě kyselejší (viz tabulka 2). Je zajímavé, že  $\text{HF}$ , ač je ve vodném roztoku slabou kyselinou, je ve velmi čistém stavu více než důstojným konkurentem nejsilnějších kyselin. Problémem ovšem je, že sebemenší množství vody jeho kyselost drasticky snižuje.

Zvýšit kyselost systému můžeme přidáním silnější brønstedovské kyseliny. Vezmeme nyní čistou  $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{H}$  a přidejme k ní čistou  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ .

6. Napište rovnici probíhajícího acidobazického děje.
7. Vysvětlete, proč dochází při smísení těchto dvou látek ke zvýšení kyselosti původní  $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{H}$ . Dívejte se na systém z hlediska chemické rovnováhy.
8. Odbočka číslo dvě: Přestože je  $\text{HSO}_3\text{F}$  silnější kyselinou než  $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{H}$ , může být mnohdy výhodnější použít právě slabší  $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{H}$ , obzvláště v organické chemii. Proč? (Soustřed'te se hlavně na chemické vlastnosti těchto sloučenin.)

Takto ovšem nemůžeme jít věcně, někdy jednoduše neexistuje silnější Brønstedova kyselina. V takovém případě zvyšujeme kyselost systému přidavkem silné Lewisovské kyseliny. Takovou směsí je třeba v úvodu zmiňovaná magická kyselina – směs  $\text{HSO}_3\text{F}$  a  $\text{SbF}_5$ . Jiné systémy kombinují  $\text{HF}$  s  $\text{SbF}_5$ , eventuelně ještě s přidavkem oxidu sírového. Nárůst kyselosti je skutečně obrovský:  $H_0$  pro magic acid ( $\text{HSO}_3\text{F} + \text{SbF}_5$  v molárním poměru 1:1) činí  $-23,0$ . Pro systém  $\text{HF}/\text{SbF}_5$  je udáváno dokonce  $H_0 = -28$ !

9. Srovnejte kyselost 100%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a magické kyseliny: vyjádřete, která z nich je kyselejší a kolikrát. Samozřejmě včetně výpočtu.
10. Vysvětlete na příkladu magické kyseliny, jak v tomto systému působí Lewisovská kyselina. Zdůvodněte, proč dochází ke zvýšení kyselosti. Děj dokumentujte chemickou rovnicí.

Objev superkyselin pochopitelně otevřel cestu k dalšímu bádání v různých oblastech chemie. V dnešní době známe další superkyselé systémy, např. na bázi



zeolitů. Pozadu nezůstává ani aplikační sféra, obzvláště kyselá katalýza získala se superkyselinami mocný nástroj, jak donutit reakce běžet kýženým směrem. My ale ještě chvíli zůstaneme u „klasické“ magické kyseliny a podíváme se na některé husarské kousky, které se s ní dají provádět.

11. Vezměme třeba methan. Za běžných podmínek se jedná o acidobazicky poměrně inertní plyn, v prostředí magické kyseliny se však mění v solidní zásadu. Napište, co bude produktem reakce methanu s magickou kyselinou (nebojte se, že to vypadá „trochu“ divně). Pokuste se navrhnout, jaký druh vazby se bude uplatňovat ve vzniklé částici (dobře spočítejte elektrony).
12. Vzorek uhličitanu draselného byl rozpuštěn v magické kyselině při  $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Reakce ovšem nebyla doprovázena vývinem plynu, jak je při smíchání kyseliny a uhličitanu běžné.  $^1\text{H}$  NMR spektrum roztoku po provedení reakce poskytlo jediný signál. Struktura produktu byla potvrzena  $^{13}\text{C}$  NMR spektroskopii (bez vodíkového decouplingu), ve kterém byl pozorován jediný signál – kvartet. Co vzniklo? (Tato odpověď nám zároveň prozradí, proč neunikal žádný plyn.)
13. V tuto chvíli už mi určitě dovedete vysvětlit, proč došlo k rozpuštění parafinu v magické kyselině na onom vánočním večírku zmiňovaném v úvodu.

Vlastnost	$\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{HSO}_3\text{F}$
Teplota tání [ $^{\circ}\text{C}$ ]	10,371	$-88,98$
Teplota varu [ $^{\circ}\text{C}$ ]	ca 300 (rozklad)	162,7
Viskozita ( $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) [mPa.s]	24,55	1,56

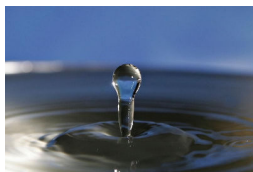
Tabulka 1: Fyzikální vlastnosti  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a  $\text{HSO}_3\text{F}$

Kyselina	$\text{H}_0$	Kyselina	$\text{H}_0$
$\text{H}_2\text{SO}_4$ (20%)	$-0,35$	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$	$-14,44$
$\text{H}_2\text{SO}_4$ (100%)	$-11,93$	HF	$-15$
$\text{CF}_3\text{SO}_3\text{H}$	$-14,1$	$\text{HSO}_3\text{F}$	$-15,1$

Tabulka 2:  $\text{H}_0$  pro některé kyseliny

**Úloha č. 5: O čem se dešťovkám ani nesnilo...****16 bodů**

Autoři: Jiří Kysilka a Karel Berka



*Obloha se zatáhla. Celá příroda zadržela dech v napjatém očekávání... Už? Teď? Pár kapek plesklo o listy dychtivých květin a uturánu se spustilo tolik očekávané představení. Kapky deště bubnují o vyprahlou zem, šustí ve větvích stromů, celá příroda zní v jedné velké šumivé symfonii.*

Děšť. Jednoho svádí k tomu začít tančit mezi jeho kapkami, jiného v dostatečně nízké intenzitě aplikované po dostatečně dlouhou dobu zaručeně přivede do deprese. Všichni však tento atmosférický jev považujeme za samozřejmost. Pokud po vyřešení této úlohy nabydete dojmu, že dešť je vlastně takový malý zázrak, pak splnila svůj účel.

Kapalná voda má vždy tendenci se vypařovat a dosáhnout rovnovážného stavu, kdy je ve vzduchu nad vodou určitý parciální tlak nasycené vodní páry.

1. Na čem závisí tlak nasycené páry nad kapalinou? Kdy se bude tlak nasycené vodní páry nad kapalnou vodou rovnat tlaku vzduchu v okolí?
2. Co je to rosný bod?
3. Nad zemským povrchem se nachází vrstva vzduchu, v němž je parciální tlak vodní páry nižší než tlak nasycené vodní páry. Jak bude tento systém směřovat do rovnováhy?
4. S tím, jak se ohřívá zemský povrch, ohřívá se i přízemní vrstva vzduchu. Jak se změní její hustota a jaké to pro vrstvu vzduchu bude mít důsledky?

Ve vyšších vrstvách atmosféry je teplota i tlak mnohem nižší.

5. (a) Co by udělala změna teploty s vodní parou, kterou v sobě nese naše stará známá vrstva vzduchu, za předpokladu, že by se tlak nezměnil? (b) A co naopak udělala s vodní parou změna tlaku při konstantní teplotě? (c) Která veličina tedy musí měnit pomaleji termodynamické vlastnosti vodní páry, aby byla teoreticky možná kondenzace vodní páry?

Tohle všechno by bylo moc krásné, ale problémy nastanou ve chvíli, kdy se na celou situaci podíváme detailněji, ba přímo z molekulárního hlediska.

6. Schematicky nakreslete kus vodní hladiny a molekuly vody, které se zde nachází a vzájemně interagují. Co umožňuje molekulám vody uvolnit se z kapalné do plynné fáze? A co jim naopak brání a udržuje je tak v kapalné fázi?

7. Nyní podobným způsobem nakreslete kus zakřiveného povrchu malé kapičky vody. Budou mít molekuly vody za stejných podmínek větší tendenci z kapičky unikat nebo v ní naopak setrvávat? Proč?

Matematicky tento jev (zde pro kulovitou kapku) popisuje tzv. Kelvinova rovnice:

$$RT \ln \frac{p_r}{p_\infty} = V_m \gamma \frac{2}{r}, \quad (1)$$

kde  $R$  je molární plynová konstanta  $8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ,  $T$  je daná teplota,  $p_r$  je tlak nasycené páry nad zakřiveným povrchem,  $p_\infty$  je tlak nasycené páry nad rovinným povrchem,  $V_m$  je molární objem kapaliny,  $\gamma$  je povrchové napětí kapaliny a  $r$  je poloměr kulovité kapky.

8. Vypočtete, jaký bude tlak páry nad kapkou o poloměru 10 nm při teplotě  $10^\circ \text{C}$ , je-li za daných podmínek povrchové napětí vody  $74,22 \cdot 10^{-3} \text{ N m}^{-1}$ , tlak nasycené páry 1,23 kPa a hustota kapalné vody  $1,00 \text{ g cm}^{-3}$ .
9. Co je to přesycená pára? Na základě předchozího srovnání se pokuste vysvětlit, proč vzniká.

Podobný, byť trochu obrácený jev, stojí za problémem utajeného varu.

10. Vysvětlete, co to je utajený var, proč k němu dochází a jak se tato situace obvykle v praxi řeší.

Páni! Z toho, co jsme teď odvodili, plyne to, že kdyby mechanismus deště byl opravdu takto jednoduchý, vypadalo by to asi tak, že by se ve vyšších vrstvách atmosféry hromadila přesycená pára, která by vůbec nevytvářela mraky, ale zato by docela účinně bránila přirozenému odcházení tepla (vodní pára patří mezi skleníkové plyny), takže by se povrch země dále ohříval a vodní pára by se vypařovala víc a víc, až by to jednou všechno prasklo a veškerá voda by naráz zkonzovala a doslova se „vylila“ na tou dobou již značně vyprahlý zemský povrch. Poměrně nehostinné, že? A poměrně odlišné od toho, co v přírodě běžně pozorujeme. . . V čem je tedy háček?

11. Dlouho se mělo za to, že k tomu, že ve skutečnosti prší po kapkách, významně přispívají písečné a prachové bouře a uvolňování silic rostlinami, především stromy v deštných pralesích. Vysvětlete, jak mohou přispět ke vzniku deště.

Nicméně zanedlouho se zjistilo, že ani tyto jevy nestačí úplně vysvětlit četnost a intenzitu dešťových srážek. Ukázalo se, že koloběh vody je dosti prapodivným způsobem provázán s koloběhem síry. Pojdme se tomu podívat na zoubek!

V dešťových srážkách je detekovatelné stopové množství kyseliny sírové, která ve vyšších vrstvách atmosféry vzniká oxidací oxidu siřičitého.

12. Jaký je největší přírodní zdroj oxidu siřičitého? A jaký je největší zdroj oxidu siřičitého pocházející z lidské činnosti?
13. Kyselina sírová je hygroskopická. Co to znamená?
14. Jakým způsobem může přítomnost kyseliny sírové ve vyšších vrstvách atmosféry způsobovat vznik drobných kapiček vody?

Přítomnost kyseliny methylsulfonové v dešťových srážkách poukázala na to, že poměrně značné množství sírných sloučenin v ovzduší je biogenního původu (na různých částech Země je to 30–100 %). Tak velké množství sloučenin síry v atmosféře bere poněkud překvapivě z mořských řas kvůli jejich řešení problému s jedním fyzikálně chemickým pojmem.

15. Představte si, že máte polopropustnou membránu, která propustí malé nenabitě molekuly, jako je například voda, ale nepropustí velké molekuly ani ionty. Pokud je koncentrace například soli na jedné straně membrány daleko větší než na druhé, vede to k tomu, že molekuly vody, které se snaží vyrovnat koncentrační gradient, difundují polopropustnou membránou do oblasti s vyšší koncentrací solí. Tím postupně roste tlak působící na membránu, protože se postupně zvedá objem části, do níž difunduje voda. Jak se tento jev nazývá?
16. Od čistě abstraktního uspořádání přejdeme k buňkám mořských řas. Uvnitř buněk je menší koncentrace solí oproti mořské vodě okolo. Co by se s takovou řasou stalo, kdyby tuto situaci neřešila?
17. Mořské řasy tento problém řeší velice elegantním způsobem. Syntetizují za tímto účelem speciální látku, dimethylsulfopropionát (DMSP), která membránou neprochází. Jakým způsobem DMSP pomáhá řasám bojovat se zmíněným problémem?
18. Když buňka zemře a rozpadne se, uvolněný DMSP se enzymaticky za působení lyas rozpadá na kyselinu propionovou a dva sírné nízkomolekulární produkty **A** a **B** (produkt demethylace **A**), z nichž pouze **A** je těkavý, a proto uniká do ovzduší a tvoří typické mořské aroma. Zde je velice rychle oxidován vzdušným kyslíkem na produkt **C**, který se mimo jiné používá jako organické rozpouštědlo. Látka **C** je poté dalšími procesy oxidována na oxid uhličitý a oxid siřičitý. Oxid siřičitý se dále oxiduje na oxid sírový, který se v přítomnosti vody proměňuje na kyselinu sírovou. Identifikujte látky **A**, **B**, **C**.

## Seriál – Sensorická analýza I

Autor: Jana Zikmundová

### Úvod

Většina z vás si pod sensorickou analýzou představí sommeliera ochutnávajícího vybraná vína nebo parfémářského mistra míchajícího nejrůznější esence tak, aby vznikl vyvážený koktejl vůní. Sensoricky hodnotit se ale může prakticky cokoli – od špekáčků přes krém proti vráskám až po zbrusu nové auto. V dnešním díle seriálu se dozvíme něco o sensorické analýze jako takové a o možnostech její instrumentace. Nakonec se podíváme na první z lidských smyslů, které si postupně blíže představíme, chuť.

### Co je to sensorická analýza

Sensorická analýza využívá k hodnocení výrobků lidské smysly. Je jasné, že každý je jinak citlivý na určité vůně i chutě. A co víc, co jednomu chutná, je jinému odporné. Na první pohled je tedy hodnocení smysly dosti pochybné a bylo by lepší používat pouze přístroje, které tolik ovlivněny nejsou. Ale může nám analytický přístroj říci, jestli je vůně příjemná? Jestli jsou nakládané okurky tak akorát kyselé a slané? Nebo jestli pomerančový džus „nějak divně smrdí“? Výsledné dojmy jsou způsobené směsí faktorů, které se ještě různě ovlivňují a mnohdy sotva tušíme jak.

Senzoričtí hodnotitelé prochází řadou školení a předepsaných testů, kde jsou ověřeny jejich schopnosti, seznamují se s různými chutěmi a vůněmi. A hlavně s výrobky, aby věděli, jak má vypadat a chutnat třeba typická valašská klobása. Při samotném hodnocení musí mít každý hodnotitel stejné podmínky – v sensorické laboratoři je sám v boxu, reguluje se teplota, intenzita a dokonce i barva osvětlení. Vzorky jsou předkládány označené číselným kódem v předepsaných a jednotných nádobách. Zkoumá se intenzita jednotlivých vjemů nebo jejich příjemnost. K samotnému testování se používají různé metody, jako např. porovnávání dvou vzorků nebo řazení více vzorků podle určité vlastnosti. Výsledky jsou pak statisticky vyhodnoceny. Takto získané hodnocení je objektivní.

Jednodušším způsobem hodnocení výrobků je využití obyčejných lidí, tzv. konzumentů. Nemusí být tolik proškolení a jejich úkolem je pouze vyhodnotit, jestli jim předložené jídlo chutná, zda by si tyto sušenky koupili nebo jak se jim pere zrovna v tomto prášku. Data získaná od dostatečného počtu takových laiků mají také důležitou vypovídací hodnotu a slouží třeba pro vývoj nových výrobků.

## Historie

Chuť byla pro lidi důležitá již od pravěku – kyselé a hořké ukazovalo na jedovaté nebo zkažené potraviny, naopak sladké, slané a tučné bylo prospěšné a dodnes nám více chutná. Později se uplatňovali tzv. koštěři. Museli být velmi citliví a zkušení, takže mohli hodnotit pouze některé komodity. Ale jako vědní obor vznikla sensorická analýza až ve čtyřicátých letech 20. století. Americká armáda vyvinula objektivní metody hodnocení potravin, aby zaručila svým vojákům přijatelnou stravu i v dalekém zámorí.

## Smyslové vnímání

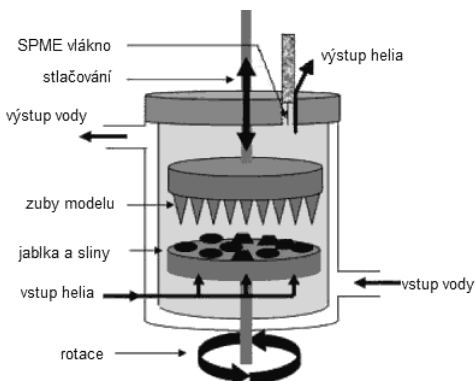
Vnímání živých organismů a přístrojů je v jistém smyslu podobné. Vždy je zde receptor, který více či méně specificky reaguje na látku nebo vlastnost studovaného vzorku (tj. podnět). Receptor vysílá zesílený signál (tj. počitek), který je veden do centra, kde je zpracován na vjem. A právě v tomto zpracování je rozdíl. Lidé při sensorickém hodnocení vkládají do interpretace i své zkušenosti, které přístroj nemá. Z tohoto důvodu také nelze za nejlepší hodnotitele považovat malé děti, které mají oproti dospělým více receptorů, ale ještě nemají tolik zkušeností.

Podobná je i terminologie. Nejnižší koncentrace, kdy lze odlišit vzorek s látkou a vzorek bez ní (někdy zvaný slepý pokus nebo anglicky blank), ale ještě nelze s dostatečnou jistotou zjistit, kolik tam dané látky je, se v analytice nazývá mez detekce. Tento termín se používá i v sensorice, ale bývá také nahrazován souslovími práh rozpoznání nebo dolní podnětový práh. Na rozdíl od analytické chemie se nemusí určit kvalita vjemu. Prostě jen víme, že tam něco je. Další mezí je v analytice tzv. mez kvantifikace, kdy už lze, jak název napovídá, přesně kvantifikovat a identifikovat. V sensorické analýze se tato koncentrace nazývá práh rozpoznání. Kvantifikace je v tomto případě problematická, ale pro její přibližné určení lze porovnat vzorek s řadou různě koncentrovaných standardů.

Všechny receptory se při určité koncentraci nasatí a na její další zvyšování už nereagují. Tento bod se v sensorické analýze nazývá práh nasycení nebo horní podnětový práh, v analytice horní mez dynamického rozsahu.

## Instrumentální sensorická analýza

Lidé nejsou zrovna ideální hodnotící „přístroje“ – při hodnocení se poměrně rychle unaví, po čase si na určitý vjem zvyknou nebo se mohou jen obyčejně nachladit. K hodnocení jednodušších vlastností jako třeba barva nebo textura se dají použít přístroje poměrně snadno – např. textura se hodnotí měřením viskozity, tvrdosti, ale existují dokonce přístroje napodobující lidské žvýkání (viz obrázek 1).



Obrázek 1: Robotická ústa – zkoumání uvolňování jablečného aroma

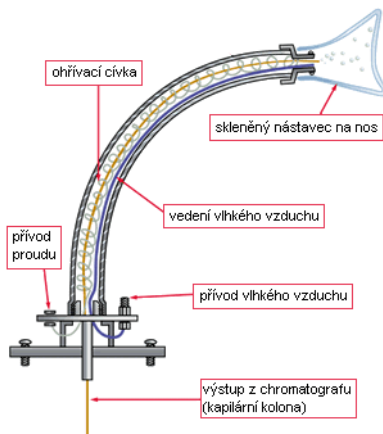
Napodobit ale působení na chuťový nebo čichový smysl je mnohem složitější. A proto se v poslední době vyvíjejí přístroje, které by lidské smysly nahradily. Tyto elektronické nosy nebo jazyky se skládají z několika různých senzorů. Měřením většího množství známých vzorků se statistickými metodami hledají vlastnosti, kterými se vzorky nejvíce liší. Tím se získají výše zmiňované „zkušenosti“, potřebné pro vyhodnocení neznámých vzorků. Z tohoto je patrné, že neznámé a kalibrační vzorky musí být stejné nebo velmi podobné, což není většinou moc praktické. O vysoké ceně přístrojů ani nemluvě.

### Olfaktometrická detekce

Lidský nos se používá i ve spojení s přístroji, především s plynovou chromatografií (pak je označován zkratkou GC-O), zvláště při studiu složek aroma. Výstup z chromatografu je rozdělen minimálně na dvě části – jeden prochází normálním detektorem (plamenově-ionizační nebo hmotnostní) a druhý vede k nosu hodnotitele (viz obrázek 2). Ten označuje na počítači intenzitu a kvalitu pachů, které mu postupně přijdou pod nos. Každý z detektorů určuje něco jiného – první detektor množství látky a člověk zase citlivost čichových buněk pro tuto látku. Porovnáním chromatogramů lze určit důležitost konkrétní složky pro aroma. Mnohdy se v olfaktometrickém chromatogramu objevují i signály, které se v druhém téměř ztrácí v šumu.

### Chuť

Receptory chuti jsou v celé ústní dutině, v dospělosti je jich ale nejvíce na jazyku. Viditelné hrbolky na jazyku jsou chuťové papily (zvané také savičky).



Obrázek 2: Nástavec pro olfaktometrickou detekci

Rozlišují se čtyři druhy papil. Největší jsou rýhovitě u kořene jazyka, kterých je ale asi jen kolem deseti. Zato jsou viditelné pouhým okem. Dále existují papily houbovitě, lístkovitě a nitkovitě. Papily mají rýhy, ve kterých se ukrývají chuťové pohárky s receptorovými chuťovými buňkami (viz obrázek 3). Buňky jsou původem epitelové a jsou napojené na nervové buňky, které předávají signály do mozku prostřednictvím několika nervů (trojklaný, lícní, jazykohrtanový a bloudivý).

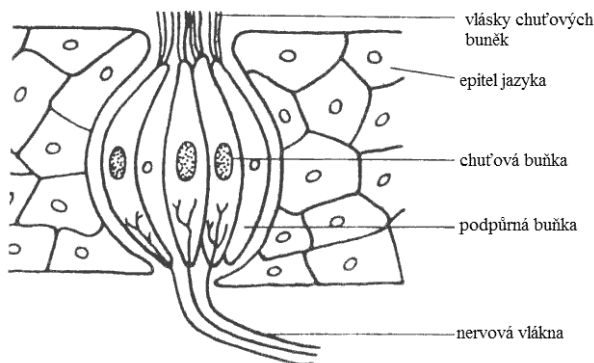
Známé základní chutě, tj. sladká, slaná, kyselá, hořká a umami, mají vlastní receptory, z nichž jsou signály šířeny přes lícní a jazykohrtanový nerv. Tyto receptory jsou všude, ne jen v určitých oblastech, jak se traduje. Liší se ale citlivostí.

Počítky ostatních odvozených chutí (trpká, ostrá, chladivá. . .) jsou vnímány i pomocí volných nervových zakončení a jsou šířeny jinými nervy než chutě základní. U myši byly objeveny receptory i pro tučnou a vápennou chuť, takže se možná za pár let bude mluvit o sedmi základních chutích. Do vnímání chuti se zapojuje silně i čich. Některé chuti, např. kovová, jsou kombinované a označují se hezky česky *flavour*.

Vnímání chuti je poměrně pomalé, protože se aktivní látky musí nejdříve rozpustit a pak ještě difundovat ke schovaným chuťovým buňkám. Viskóznější roztoky proto chutnají méně intenzivně, protože některé molekuly se k receptorům ani nedostanou. Doznívání je kvůli difuzi také pomalé.

Vliv má i teplota – s rostoucí teplotou intenzita roste a pak klesá. Optimum je různé pro jednotlivé chuti. Například pro sladkou chuť je to 35–50 °C, pro





Obrázek 3: Schéma chuťového pohárku

hořkou 10 °C. Navíc postupně dochází k adaptaci receptorů a to zvláště ve vnímání slané chuti.

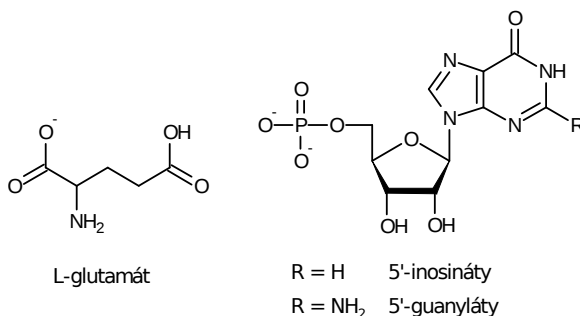
Choroby chuti se označují jako geusie. Předponami se odvozují jednotlivé choroby (u dalších smyslů je to podobné, jak uvidíme v dalších dílech seriálu). Ageusie je částečná nebo úplná nefunkčnost receptorů. Hypogeusie je snížená citlivost, často pouze částečná. Parageusie je zkreslené vnímání chuti. Například sladká sůl, smutný ráj, suchý déšť... Ne, až tolik toho parageusie nezvládne, ale třeba slabé roztoky sacharosy jsou vnímány jako hořké.

## Umami

Tuto chuť označuje japonský výraz 旨味, který se překládá do češtiny jako chutný, masitý, delikátní<sup>6</sup>. Receptory pro umami byly objeveny v roce 1908 na Tokijské univerzitě a je to tedy zatím nejmladší uznávaná základní chuť. Přesto byla pro západní svět dlouho neznámá až do konce druhé světové války. Podle tradované historiky se američtí vojáci dostali v Japonsku ke zbytku vojenských zásob poražené armády a s údivem zjistili, že chutnají mnohem lépe než jejich vlastní. Bodejť by ne, když do americké nebyl přidán glutamát.

Existují dva podtypy této chuti, ale oba jsou přenášeny jazykohrtanovým nervem. První je způsobován L-glutamát, druhý 5'-ribonukleotidy (viz obrázek 4). Oba tyto typy mají synergický účinek, tj. intenzita chuti směsi glutamátu a např. inosinátu je vyšší než prostý součet intenzit, které by způsobovaly samostatně.

<sup>6</sup>pozn. aut.: Nevím, možná pro Japonce. Při cvičení rozeznávání chutí jsme měli z umami obavy, protože ji neznáme jako čistou chuť. Poznali jsme ji bezpečně. Byla naprosto odporná.



Obrázek 4: Struktury látek způsobujících chuť umami

Tyto látky vám jsou nejspíš velmi dobře známé – používají se jako intenzifikátory chuti. Co dokáže dostatečné množství glutamátu, můžete vyzkoušet i doma. Že polévky po přidání polévkového koření lépe chutnají?

Glutamáty se skrývají pod kódy E 621–625, kyselina 5'-guanylová a její soli pod E 626–629 a kyselina 5'-inosinová a její soli jsou E 630–633. E 634 je směs vápenatých solí 5'-ribonukleotidů. Pro stejný účel se používají i bílkovinné hydrolyzáty, ale přídavek glutamátů je jen o trochu nižší vzhledem k tomu, že sojová a zvláště pšeničná bílkovina obsahuje hlavně glutamin a kyselinu glutamovou.

S glutamáty je spojován i tzv. syndrom čínských restaurací. Po konzumaci jídla s velkým množstvím glutamátů, jako jsou právě ta čínská, se u některých lidí do hodiny objevují podivné projevy – zvracení, bušení srdce, ztuhlé svaly, bolesti hlavy a otupělost. Po řadě vědeckých zkoušek ale nebylo prokázáno, že by je způsobovaly právě glutamáty, takže se považují za bezpečné.

Otázkou ovšem zůstává, jak moc je zdravé jíst často jídla, do kterých se musí glutamáty přidávat, aby měla vůbec nějakou chuť. Nedoporučují se pro děti do tří let a vyhýbat by se jim měli i lidé snažící se snížit svůj příjem sodíku. Vždyť nejpoužívanější glutamát je ten sodný.

## Literatura

1. Pokorný J. et al.: Senzorická analýza potravin, Vydavatelství VŠCHT Praha, 1999.
2. Arvisenet G. et al.: Effect of Apple Particle State on the Release of Volatile Compounds in a New Artificial Mouth Device, *J. Agric. Food Chem.*, 56 (9), 3245–3253, 2008.
3. Tarasoff L., Kelly M.F.: Monosodium L-glutamate: A double-blind study and review, *Food Chem. Toxicol.* 31 (12), 1019–1035, 1993.

# Zajíček chemik



Arky  
20.9.2009