



Korespondenční Seminář Inspirovaný Chemickou Tematikou

ročník 5, série 1

2006/2007



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

Tento projekt podporuje MŠMT grantem 280-47-237-502.

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 pátým rokem pro vás, středoškoláky, KSICHT připravují studenti Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, Vysoké školy chemicko-technologické a Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity.

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

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

Na doprovodných akcích, které se konají během celého roku, se seznámíte s dalšími řešiteli KSICHTu a námi, studenty vysokých škol. Máte šanci rozšířit si své obzory, dozvědět se informace o vysokých školách a o průběhu vysokoškolského studia, ale taky možnost se bavit a užít si. Uvidíte, že chemici nejsou suchaři v bílých pláštích, jak si možná někteří myslí. Na konci školního roku pořádáme odborné soustředění, kde si vyzkoušíte práci v laboratoři, seznámíte se s moderními přístroji a poslechnete si zajímavé přednášky. A hlavně, pro úspěšné řešitele jsou připraveny hodnotné ceny!

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 úložky hravé i pravé lahůdky, jejichž vyřešení už dá práci. Nechceme jen suše prověřovat vaše znalosti, procvičíte si i chemickou logiku. Pokud nezvládnete vyřešit všechny úlohy, vůbec to nevádí, 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 chemii v kuchyni. 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 jen na adresu **KSICHT, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Hlavova 2030, 128 43 Praha 2** (nebo v elektronické podobě na ksicht@natur.cuni.cz) zaslat řešení dále uvedených úloh.

Jako každým rokem sestavujeme databázi vás, řešitelů. Prosíme vás proto, abyste pokud je to jen trochu možné, provedli *registraci po Internetu*¹. Velmi nám tím usnadníte papírování.

Pokud nemáte přístup k Internetu, napište nám s řešením na zvláštní papír *jméno a příjmení, kontaktní adresu, e-mail, školu*, na níž studujete, a *ročník* (studenti víceletých gymnázií, uveďte prosím ročník čtyřletého gymnázia, který je ekvivalentní tomu vašemu).

Každou úlohu vypracujte na zvláštní papír (aspoň formátu A5, menší kusy papíru mají totiž tendenci se ztrácet), *uveďte vaše jméno, název a číslo úlohy!*

¹<http://ksicht.iglu.cz/prihlaska.php>

Řešení pište čitelně, vězte, že nemůžeme považovat za správné něco, co nelze přečíst.

Do řešení také pište všechny vaše postupy, kterými jste dospěli k výsledku, neboť i ty budujeme. Uveďte raději více než méně, protože se může stát, že za strohou odpověď nemůžeme dát téměř žádné body, ačkoli je správná.

KSICHT na Internetu

V průběhu první série se chystá zprovoznění nových webových stránek KSICHTu², které budou nabity užitečnými a aktuálními informacemi o semináři. Těšte se.

Na Internetu³ sídlí také diskusní fórum Nerozpuštěný křeček. Tématem hovoru nebývá vždy jen chemie. Proto neváhejte a připojte se do diskuse.

Informace o došlém řešení

Máte starosti, zdali k nám vaše řešení dorazilo? Potom je tady pro vás služba KSICHTu! Napište nám, že máte zájem využívat tuto službu, a až nám dojde vaše řešení, pošleme vám e-mail.

Výlet s KSICHTem

Pozor, pozor! Zakroužkujte si v kalendáři **víkend od 10. do 12. listopadu!**

Místo konání je prozatím tajné, ale určitě stojí za to. Veškerý váš komfort bude zajištěn. Prosíme potenciální zájemce, aby dali vědět e-mailem nebo písemně na adresu KSICHTu do 22. 10. Pište však co nejdříve, počet míst je omezen! Jakékoli zvědavé dotazy týkající se výletu pište Michalovi na adresu mrezanka@seznam.cz. Aktuální informace se budou objevovat na webu⁴.

Termín odeslání 1. série

Série bude ukončena **6. listopadu 2006**. Vyřešené úlohy je třeba odeslat nejpozději v tento den (rozhoduje datum poštovního razítka či datum poštovního serveru).

²<http://ksicht.natur.cuni.cz>

³<http://www.hofyland.cz>

⁴<http://portal.orgchem.cz/Members/mrezanka/ksichtiakce.htm>

– nutné zadat přesně v tomto tvaru, včetně velkého „M“

Úvodníček

Vážené řešitelky, vážení řešitelé, drazí ksichtáci!

Léto uplynulo jako voda a vy držíte v ruce jistě již velmi očekávanou brožurku s povědomým logem. To je důkazem toho, že autoři během letních prázdnin rozhodně nezaháleli. Během letních měsíců si pro vás nachystali spoustu nových úloh spolu s velkým množstvím jiných drobných vylepšení.

V této sérii budete mít například jedinečnou možnost poodhalit roušku tajemství vznášejícího se nad doposud poměrně málo známými slovenskými atomy. Pokud poté přidáte ke své olbrímí inteligenci i drobet statečnosti spolu s obřím žufánkem fantazie, můžete se bez obav vydat spolu s Alenkou do země za zrcadlem a pomoci jí zlomit pomocí svého důvtipu chirální kletbu strašlivého Žvahlava. Šrámy v této hrozné bitvě utržené si můžete poté sešít čarodějnou nití, která po čase sama od sebe zmizí, aniž by bylo třeba ji vytahovat. Že to není možné a bohapustě si vymýšlím? To jste ještě neslyšeli o tom, co všechno dovedou záhadné sloučeniny X. Ostatně jak často říkám, chemie je prostě kouzelná. Pokud ovšem patříte spíše než mezi milovníky meče a magie k příznivcům příběhů s tematikou chladných zbraní, ledově logické dedukce a napětí, ze kterého běhá mráz po zádech, budete jistě nadšeni takřka detektivní úlohou, ve které v případě šikovnosti můžete usvědčit všechny pachatele tak rychle, až jim z toho zmrzne úsměv na rtech. Za zmínku rozhodně stojí i letošní seriál, který pro vás letos připravila Hela Handrková. Jeho tématem bude chemie v kuchyni, pro níž jste se vyslovili v anketě. Na závěr jsem si ponechal letošní novinku. Jedná se o chemický komiks, který pro vás bude kreslit Markéta Zajícová. Chtěl bych pouze upozornit, že veškerá podoba mezi hlavní postavou toho díla a jeho autorkou je čistě náhodná a nezakládá se na skutečnosti.

Co závěrem? Snad jen pokud toto všechno ve zdraví a duševní svěžesti přejijete, a přesto budete mít stále chuť poznat, kdo za tím vším stojí a jak vypadají všichni ti lidé, kteří jsou spolu s vámi ve výsledkové tabulce, jste srdečně zváni na podzimní chemický výlet s KSICHTem. Přijed'te strávit spolu s ostatními víkend plný her, zábavy a kamarádů. Rozhodně to stojí za to.

Mnoho úspěchů ve škole i při řešení KSICHTu přeje

Honza Havlík

Zadání úloh 1. série 5. ročníku KSICHTu**Úloha č. 1: Hledání kamene mudrců****6 bodů**

Autor: Richard Chudoba

Jako jiní alchymisté hledal kámen mudrců – látku, která by dokázala přeměnit neušlechtilé kovy ve zlato. Po mnoho let bylo jeho bádání neúspěšné, až jednou připravil substanci neobyčejných vlastností, které vzbuzovaly úžas nejen u alchymistů.

Později se zjistilo, že objevil nový prvek. Prvek byl pojmenován stejně, jako alchymista nazýval svou pozoruhodnou substanci.



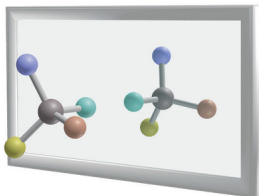
1. Určete neznámé prvky X v každé sloučenině uvedené v tabulce. Zapište jejich názvy a chemické značky.

Látka	Typická vlastnost
X_2O	polární rozpouštědlo
X_2O_3	fosforescenční látka používaná v CRT obrazovkách
X_2H_4	kapalné redukční činidlo
XCl	iontová sloučenina s rozdílem Paulingových elektronegativit 2,23
$NX_3 \cdot NH_3$	vysoce třaskavá látka
$XAsP$	polovodič užívaný při výrobě LED diod
$NaXH_4$	pevné redukční činidlo
XCl_2	modrozeleně světélkující radioaktivní látka
XBr	světlocitlivá látka
$[X(CO)_4]$	těkavá jedovatá kapalina
X_2O_3	pohlcovač tepelných neutronů v jaderných reaktorech
XO_2	bílý pigment

2. Počáteční písmena latinských názvů neznámých prvků dávají jméno alchymisty. Jak zní?
3. Který prvek tento alchymista objevil a podle čeho jej pojmenoval? Jakou neobyčejnou vlastnost má tento prvek?
4. Vyberte si některou typickou sloučeninu tohoto prvku a stručně ji charakterizujte obdobným způsobem, jako jsou popsány látky v tabulce.

Úloha č. 2: Chiralita v živých systémech**9 bodů**

Autor: Martin Hrubý



Většina molekul v živých organismech, například základní stavební kameny bílkovin – aminokyseliny (kromě nejjednodušší aminokyseliny glycinu) – má alespoň jeden tzv. asymetrický uhlík, tedy uhlík v sp^3 hybridizaci, který má každý ze čtyř substituentů jiný. Takové molekuly mohou tvořit více neidentických struktur, které se liší pouze tzv. konfigurací.

Například alanin (2-aminopropanová kyselina) může tvořit dvě struktury, které jsou navzájem zrcadlovými obrazy (enantiomery). Těchto tzv. optických izomerů může být od jedné kovalentní struktury maximálně 2^n , kde n je počet asymetrických uhlíků. Existují i chirální molekuly bez asymetrického uhlíku (např. založené na helikální chiralitě), ale těmi se nyní nebudeme zabývat.

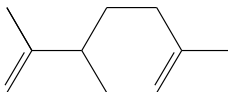
1. Nakreslete oba enantiomery alaninu a napište k nim jejich absolutní konfiguraci (R respektive S).
2. Kolik asymetrických uhlíků má butan-1,2,3,4-tetraol a kolik má optických izomerů? Kolik z těchto optických izomerů stáčí rovinu polarizovaného světla?

Pokud se v živých systémech vyskytuje chirální struktura, pak je obvykle přítomna pouze v jedné možné enantiomerní formě – tj. například bílkoviny jsou tvořeny pouze L-aminokyselinami. Toto není jenom nějakým rozmarem přírody, ale nutností. Funkce bílkovin je totiž dána jejich třírozměrnou strukturou a bílkovina se může poskládat do funkční třírozměrné struktury, pouze pokud jsou části jejího řetězce ve „správné“ vzájemné pozici, kde jsou „správné“ struktury a funkční skupiny na „svých“ místech. Jediná aminokyselina v nesprávné konfiguraci, tedy jiné než jsou okolní, může tuto strukturu zcela narušit a tím i zničit katalytickou aktivitu enzymu. Teoreticky je tedy vždy jen jedna kombinace konfiguračních izomerů aminokyselinových jednotek tvořící funkční enzym, respektive dvě kombinace, vezmeme-li v potaz i druhý enantiomer enzymu se všemi centry s opačnou konfigurací, který je zrcadlovým obrazem celého enzymu. Ten má ovšem opačnou chirální specifitu z hlediska dvojice reaktant-produkt při reakci jím katalyzované. Pro následující úvahy budeme předpokládat, že vytváříme enzym o 150 aminokyselinách, tedy u běžných bílkovin spíše střízlíka, a máme danou primární strukturu (pořadí aminokyselin). Uvažujme, že zachováme tuto primární strukturu a záměna jakékoliv z aminokyselin za její druhý enantiomer oproti zbytku řetězce naruší jeho 3D

strukturu natolik, že enzym bude nefunkční. Substrát enzymu je nechirální, produkt je chirální.

- Jaký je výtěžek přípravy funkčního enzymu v procentech, pokud při syntéze nebudeme selektivní? To znamená, že u právě zaváděné aminokyseliny bude zaveden náhodně enantiomer L nebo D (pravděpodobnost 50 % „správně“ a 50 % „špatně“; chiralitu v *bočních řetězcích* aminokyselin zanedbejte). Zároveň uvažujme, že *nezáleží* na enantiomerním výtěžku při reakci katalyzované tímto enzymem. Zaokrouhlete na dvě platné cifry.
- Jaký je výtěžek přípravy funkčního enzymu v procentech, pokud při syntéze nebudeme selektivní z hlediska toho, jestli u právě zaváděné aminokyseliny bude zaveden enantiomer L nebo D (chiralitu v bočních řetězcích zanedbejte), a *záleží* na enantiomerním výtěžku při reakci katalyzované tímto enzymem? Zaokrouhlete na dvě platné cifry.
- Jaký je výtěžek přípravy funkčního enzymu v procentech, pokud při syntéze budeme selektivní z 99 % pro zavádění enantiomeru L nebo D aminokyseliny (tj. „správně“ zařazený enantiomer s pravděpodobností 99 %, „špatně“ zařazený enantiomer s pravděpodobností 1 %; chiralitu v bočních řetězcích zanedbejte) a *záleží* na enantiomerním výtěžku při reakci katalyzované tímto enzymem? Zaokrouhlete na dvě platné cifry.
- Kolik kilogramů materiálu budeme průměrně muset vyrobit v otázce 3, než se nám povede jedna molekula funkčního enzymu? Uvažujte průměrnou relativní molekulovou hmotnost jedné aminokyseliny 100. Zaokrouhlete na dvě platné cifry.
- Proč se levákům lépe zachází s nožem určeným pro praváky než s kosou určenou pro praváky? Předpokládáme stejnou relativní šikvost praváků i leváků.

Vonnou složkou máty peprné (*Mentha piperita*) je menthol. Podobně však voní i další sloučeniny interagující s příslušným čichovým receptorem, například *S*-(-)-limonen.



Obrázek 1: Struktura limonenu

Jeho enantiomer, R -(+)-limonen, však voní po citrónu. (Skutečně je v citrónu obsažen a způsobuje z velké části vůni žluté „kůry“ jeho plodů – flaveda; viz název této sloučeniny.)

8. Proč je možné, aby každý enantiomer voněl jinak? Vysvětlete.

Nápověda: Levá rukavice jde nasunout na levou ruku stejně snadno jako pravá na pravou ruku, levá rukavice jde nasunout hůř na pravou než na levou ruku a levá rukavice se nasazuje stejně špatně na pravou ruku jako pravá rukavice na levou ruku.

9. Nakreslete se správnou stereochemií vzorec S -(-)-limonenu.

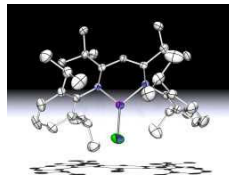
10. Alenka (viz knížka „Alenka v říši divů a za zrcadlem“ od Lewise Carrola) žvýká „větrovou“ žvýkačku ochucenou S -(-)-limonenem. Ještě než projde do země za zrcadlem, vyplivne ji. Poté co tam projde, změní se zbytková chuť v jejích ústech na citrónovou?

Úloha č. 3: Určování vzorců koordinačně-kovalentních sloučenin

11 bodů

Autor: Eva Pluhařová

Každá z látek **A**, **B**, **C**, **D** je barevná a skládá se ze čtyř prvků, které jsou pro všechny látky stejné. Relativní hmotnosti látek jsou blízké a neliší se o více než 20 %. Kov *M* je vždy přítomen v tomtéž oxidačním čísle a jeden mol kovu *M* připadá na jeden mol sloučeniny. Látky **C** a **D** mají stejný souhrnný vzorec. Jedna z látek má v koordinační sféře kovu *M* pouze jeden druh ligandu a tento ligand má molární hmotnost menší než 20 g mol^{-1} . Všechny látky poskytují s vodným roztokem dusičnanu stříbrného bílou sraženinu, která na světle tmavne a je rozpustná ve vodném roztoku amoniaku.



Určitá navážka látky byla rozpuštěna ve 100 g vody a následně byla změřena teplota tuhnutí.

roztok látky	navážka [g]	t_t [$^{\circ}\text{C}$]	hmotnostní zlomek <i>M</i> ve sloučenině
A	2,00	-0,556	0,2205
B	2,00	-0,446	0,2355
C	2,00	-0,319	0,2526

Nezapomeňte, že kryoskopický efekt je koligativní vlastnost. Závisí na počtu částic, na které látka disociuje. Ten neznáte, budete jej muset uhodnout. Přesněji to znamená vyzkoušet, v jakém případě dostanete rozumné výsledky.

- Jaký anion je ve sloučeninách přítomen?
- Výpočtem určete relativní hmotnosti látek a kov *M*; počet částic, na které látka v roztoku disociuje, $0 < x < 6$. Pro každou látku vypracujte tabulku, v jednom řádku budou hodnoty x , v dalším vypočtená relativní hmotnost sloučeniny, v dalším dopočtená atomová hmotnost kovu *M*. V jedné hodnotě se tyto tři tabulky budou shodovat, takže snadno určíte hledaný kov. Tuto hodnotu samozřejmě musíte nalézt i v periodické tabulce prvků.
- Jaká jsou typická oxidační čísla *M* (přechodné kovy se vyskytují v mnoha oxidačních stavech, vyberte dva)? Jaké je typické koordinační číslo? Napište souhrnné vzorce látek a pak určete, na jaké ionty látky v roztoku disociují. Látky **C** a **D** zatím nemůžete odlišit.
- Pojmenujte typ izomerie mezi **C** a **D**, obě látky vhodně pojmenujte, víte-li, že **C** je zelená a **D** je fialová. Je některá z látek chirální?

- U všech látek zjistěte barvu a historický název, který z barvy vycházel.
- Napište iontové rovnice popisující vznik bílé sraženiny a její rozpouštění v roztoku amoniaku.
- K roztoku, jenž obsahoval 0,100 g **A** byl přidán nadbytek roztoku AgNO_3 . Kolik gramů bílé sraženiny se vyloučilo?
- Mějme 0,100 g bílé sraženiny a 0,100M roztok NH_3 . Kolik ml tohoto roztoku musíme ke sraženině přidat, aby se právě rozpustila? Neuvažujte acidobazické vlastnosti amoniaku, uvažujte, že veškeré rozpuštěné stříbro je ve formě komplexu.

Potřebné údaje

Vztah popisující snížení teploty tuhnutí roztoku, který obsahuje netěkavou látku:

$$-\Delta T = K_k c_m x = K_k \frac{n}{m_{\text{rozp.}}} x, \quad (1)$$

kde n je látkové množství rozpuštěné látky, $m_{\text{rozp.}}$ je hmotnost rozpouštědla a x je počet částic, na které látka v roztoku disociuje.

Kryoskopická konstanta vody $K_k = 1,86 \text{ K kg mol}^{-1}$, součin rozpustnosti bílé sraženiny $K_s = 2,00 \cdot 10^{-10}$, konstanta stability komplexu $\beta_2 = 1,47 \cdot 10^7$ definovaná jako

$$\beta_2 = \frac{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+]}{[\text{Ag}^+][\text{NH}_3]^2}.$$

Poznámka: Uvažujte, že relativní rovnovážné koncentrace jsou rovny aktivitám.

Úloha č. 4: Biodegradovatelné polymery**9 bodů**

Autor: Jiří Kysilka

Moderním trendem v současném tkáňovém inženýrství je využití biodegradovatelných polymerů. Polymerní materiál pak slouží jako dočasný nosič, který je paralelně se svým rozkladem nahrazován kýženou funkční živou tkání.



1. Nejčastěji užívaným biodegradovatelným polymerem je poly-L-laktid. Poly-L-laktid vzniká polymerací kyseliny 2-hydroxypropanové. Nakreslete molekulu polylaktidu (bez stereospecifity), nakreslete Fischerův vzorec monomeru (stereospecificky) a pojmenujte monomer triviálním názvem.
2. Biodegradace poly-L-laktidu probíhá nescificky, bez účasti enzymu. Navrhněte její mechanismus.
3. Při biodegradaci poly-L-laktidu pozorujeme autokatalytický efekt. Vysvětlete, v čem spočívá.
4. Koule a vlákno o stejné hmotnosti vylisované ze stejného vzorku poly-L-laktidu byly umístěny do vody a byla studována rychlost jejich degradace. Na základě výše uvedených úvah se zamyslete nad tím, která z těchto forem bude degradovat rychleji. Vysvětlete.
5. Při studiu rychlosti degradace byla připravena série 6 vzorků. Každý vzorek sestával z 1,0000 g práškového poly-L-laktidu. V čase nula byly všechny vzorky převrstveny 20 ml vody. Po určité době byl každý ze vzorků titrován 0,010M roztokem KOH. Spotřeby a reakční časy jsou uvedeny v následující tabulce:

Vzorek	Čas [dny]	Spotřeba 0,010M KOH [ml]
1	0	8,00
2	1	8,55
3	2	10,65
4	3	32,25
5	4	98,30
6	5	1005,25 ⁵

U jednotlivých vzorků spočtete průměrnou molární hmotnost a polymerační stupeň (počet monomerních jednotek).

⁵Tato hodnota byla získána přepočtem skutečné spotřeby při titraci.

6. Vyneste do grafu závislost molární hmotnosti na čase. Popište tvar křivky a pokuste se jej vysvětlit.
7. Stejný vzorek poly-L-laktidu o hmotnosti 1,0000 g byl převrstven 20 ml vody. Po 2 dnech simulované biodegradace byl nerozpustný produkt kvantitativně zfiltrován a promyt vodou. Po vysušení byl zvážen. Hmotnost činila 0,9987 g. Poté byl vzorek suspendován ve vodě a okamžitě titrován 0,010M roztokem KOH. Spotřeba nyní činila 9,25 ml. Spočtete molární hmotnost pevného odfiltrovaného polymeru. Porovnejte ji s molární hmotností zjištěnou v předchozím případě u vzorku 3 a diskutujte případné rozdíly.

Úloha č. 5: Atóm à la Vilo**14 bodů**

Autor: Viliam Kolivoška

„Myslím, že voda, ľad a para a vôbec všetko na svete pozostáva z maličkých čiastočiek – atómov. Tieto čiastočky sú také malé, že ich nevidíme. Ale predsa jestvujú. Medzi nimi je prázdny priestor. Keď zamrzne voda, zhustia sa v nej atómy. Z tekutej vody vznikne tvrdý ľad. Keď zohrievame vodu, atómy sa v nej rozchádzajú – vznikne ľahká para, ktorú vo vzduchu ani nevidíme. Na svete niet zázrakov, všetko sa odohráva podľa presných zákonov. Ľudia si nemusia vymýšľať nesmrteľných bohov.“



Tieto slová údajne vyslovil istý slávny grécky učenec pri rozhovore s nemenej slávnym gréckym lekárom Hippokratom.

1. (a) Kto bol týmto slávnym učencom a z akého mesta pochádzal?
- (b) Aj keď sú tieto slová nesmrteľné a nadčasové, predsa len sa v nich autor dopustil jedného fyzikálnochemického nezmyslu. Odhalíte ho?

Uvedené myšlienky však možno napriek tejto drobnej chybe právom považovať za základy atomistiky. Na dlhé storočia staroveku a neskôr aj stredoveku sa však na ne zabudlo.

V roku 1897 britský fyzik sir Joseph John Thomson na základe experimentov zistil, že atómy obsahujú záporne nabitú časticu – elektrón. Na základe týchto výsledkov v roku 1904 navrhol prvý model atómu.

2. (a) Stručne popíšte, na čom je Thomsonov model atómu založený.
- (b) Tento model je často nazývaný podľa jedného jedla, ktoré je v Anglicku veľmi obľúbené. Ktoré jedlo to je a prečo sa tento model nazýva práve takto?

Thomsonov model atómu bol v roku 1911 vyvrátený známym pokusom s ostreľovaním tenkej kovovej fólie časticami alfa. Tento experiment bol vykonaný pod vedením Ernsta Rutherforda, ktorý paradoxne bol bývalým Thomsonovým študentom.

3. (a) Stručne nakreslite a popíšte Rutherfordov experiment.
- (b) V skutočnosti pokus neuskutočnil Rutherford osobne, ale dvaja jeho mladší kolegovia. Ktorí to boli?
- (c) Na základe tohto pokusu navrhol Rutherford nový model atómu. Aký je hlavný rozdiel medzi Thomsonovým a Rutherfordovým modelom atómu?

Aj keď Rutherfordov model predstavuje prvé prijateľné priblíženie sa k realite, neposkytuje vysvetlenie spektra atómového vodíka. Ďalší model atómu zostrojil v roku 1913 Niels Bohr.

Bohrov (tiež nazývaný planetárny) model atómu je použiteľný na častice s jedným elektrónom (pri viacelektrónových systémoch zlyhal). Okolo kladne nabitého jadra s nábojom $+Ze$ sa elektrón pohybuje po určitej sférickej dráhe – orbite. My sa ale zameriame len na atóm ľahkého vodíka ($Z = 1$). Nutným predpokladom úspešného riešenia problému je znalosť de Broglieho vzťahu (hypotézy).

Súčasťou Bohrovej predstavy je prirodzená rovnosť veľkosti príťažlivej elektrostatickej sily medzi protónom a elektrónom a odstredivej sily pôsobiacej na elektrón pohybujúci sa okolo virtuálne nehybného jadra (v našom prípade protónu)

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2} = m_e \frac{v^2}{r}. \quad (1)$$

Veličina r je vzdialenosť protónu a elektrónu (niekedy označovaná ako Bohrov polomer atómu) a v je veľkosť rýchlosti obehu elektrónu okolo protónu. Konštanta $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C je veľkosť elementárneho náboja, $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$ F m⁻¹ permitivita vákua a $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31}$ kg je hmotnosť elektrónu.

Na rovnici (1) však nie je z hľadiska klasickej mechaniky nič prekvapujúce. Revolúciou v prístupe k mechanike elementárnych častíc sa stala až predstava, že elektrón sa okolo jadra pohybuje ako „elektrónové vlnenie“. To môže trvalo v atóme existovať len vtedy, keď sa do oblasti jeho výskytu (kružnica s polomerom r) vojde celočíselný počet „elektrónových vln“

$$2\pi r = n\lambda. \quad (2)$$

4. (a) Matematicky zapíšte de Broglieho vzťah (v nerelativistickej forme) a vysvetlite jednotlivé veličiny, ktoré v ňom vystupujú. Čo je to vlnovo-časticový dualizmus?
- (b) Aké hodnoty môže nadobúdať veličina n vo vzťahu (2)? Čo si možno predstaviť pod veličinou λ ? (Skúste nakresliť obrázok.)
- (c) Pomocou Bohrových podmienok (1) a (2) a de Broglieovho vzťahu ukážte, že rýchlosť obehu elektrónu okolo jadra možno v rámci Bohrovho modelu vyjadriť ako

$$v = \frac{e^2}{2nh\epsilon_0}. \quad (3)$$

($h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Js je Planckova konštanta)

Rovnicu (1) možno vynásobením r upraviť na tvar

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r} = m_e v^2. \quad (4)$$

Ľavá strana rovnice (4) teraz až na znamienko evidentne predstavuje vzájomnú elektrostatickú potenciálnu energiu protónu a elektrónu E_p . Pravá strana sa zase rovná dvojnásobku kinetickej energie elektrónu E_k . Platí teda, že

$$-E_p = 2E_k. \quad (5)$$

Poznámka: Hlbavým hlavám určite víta v hlave, kde sa vzal jednoduchý trik, pomocou ktorého sme podmienku silovej rovnováhy elegantne previedli na vzťah medzi kineticou a potenciálnou energiou. To, že je vzťah medzi energiami takýto jednoduchý, nie je náhoda. V skutočnosti je rovnica (5) špeciálnym prípadom tvrdenia, ktoré sa v chemickej fyzike nazýva *virialová veta* a znie takto:

Keď možno potenciálnu energiu systému vyjadriť ako $E_p = Ax^n$ (A je reálna konštanta, x priestorová koordináta a n prirodzené číslo), bude stredná kinetická a potenciálna energia vo vzájomnom vzťahu $2\langle E_k \rangle = n\langle E_p \rangle$.

V našom prípade je potenciálna energia reprezentovaná elektrostatickou potenciálnou energiou, pre ktorú je evidentne $n = -1$. Po dosadení do viriálovej vety okamžite dostaneme vzťah (5). Pre pochybovačov viriálovej vety ponúkam možnosť dosadiť do nej číslo $n = 2$ (platné pre lineárny harmonický mechanický oscilátor – LHMO). Dostanete tak výsledok $E_k = E_p$, ku ktorému sa dá dospieť aj bez viriálovej vety, a to pomocou základných vzťahov platných pre LHMO.

Dôkaz viriálovej vety je uvedený napr. na Wikipedii⁶ (len pre silné žalúdky).

Celková energia atómu vodíka E sa potom dá vyjadriť ako

$$E = E_k + E_p = E_k - 2E_k = -E_k = -\frac{1}{2}m_e v^2. \quad (6)$$

Znamienko „-“ je potvrdením logického predpokladu, že stabilný atóm musí mať nižšiu energiu ako sústava tvorená nepohyblivým protónom a elektrónom, ktoré sú od seba nekonečne vzdialené (a teda s celkovou energiou $E = E_k + E_p = 0 + 0 = 0$).

4. (d) Dokončíte odvodenie výrazu pre energiu atómu vodíka už vy sami tým, že rozvediete vzťah (6) tak, aby ste získali výraz pre výpočet energie atómu vodíka E v závislosti na hlavnom kvantovom čísle n .

Výraz, ktorý ste práve odvodili, preslávil Bohra nielen preto, že dokázal určiť energie jednotlivých elektrónových stavov atóm vodíka, ale hlavne preto, že dokázal interpretovať elektrónové spektrá atómu vodíka. Už v roku 1888 (a teda dávno pred Thomsonovým, Rutherfordovým či Bohrovým modelom

⁶http://en.wikipedia.org/wiki/Virial_theorem

atómu) totiž švédsky fyzik Johannes Rydberg zistil, že pre čiary v atómovom spektre vodíka platia isté zákonitosti. A tie sa dajú vysvetliť práve pomocou Bohrovho modelu atómu.

Rydberg konkrétne zistil, že vlnové dĺžky všetkých spektrálnych čiar v atómovom spektre vodíka vyhovujú rovnici

$$\frac{1}{\lambda_{ij}} = R_H \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_j^2} \right). \quad (7)$$

Konštanta R_H je dnes z historických dôvodov pomenovaná ako Rydbergova konštanta. Číselná hodnota Rydbergovej konštanty sa stanovila empiricky na základe rozsiahleho experimentálneho materiálu, na ktorého získavaní sa podieľali viacerí významní vedci. O jej fyzikálnom základe a ani od číslach n_i a n_j sa však v Rydbergových časoch nič nevedelo. Dnes ale aparát Bohrovho modelu atómu umožňuje konštantu R_H vyjadriť pomocou iných fyzikálnych konštánt.

5. (a) Na základe rovnice (7) a vzťahu E na n (sami ste si ho odvodili v úlohe 4d) sa teraz vy pokúste nájsť výraz pre Rydbergovu konštantu.
- (b) Na odvodenie výrazu pre R_H v (a) potrebujete Planckov postulát (sami si ho vyhľadajte v literatúre). Aké je jeho znenie?
- (c) Stručne vysvetlite, prečo ma atómové spektrum vodíka čiarový charakter.
- (d) Podľa hodnoty menšieho z dvoch kvantových čísel (v koncepte rovnice (7) to je n_i) charakterizujúcich daný elektrónový spektrálny prechod možno všetky spektrálne čiary rozdeliť do spektrálnych sérií. Ako sa nazýva čiara v danej sérii, ktorá odpovedá prechodu do stavu $s \ n_j = \infty$? Čo sa vtedy vlastne s atómom stane?
- (e) Vypočítajte vlnovú dĺžku spektrálnej čiary v emisnom spektre atómu H, ktorá odpovedá prechodu elektrónu z hladiny $n_j = 3$ do $n_i = 2$. Možno tento elektrónový prechod aj vizuálne pozorovať?
- (f) Po ktorom vedcovi je pomenovaná jediná spektrálna séria, ktorá sa nachádza v UV oblasti elektromagnetického spektra?
- (g) Koľko sérií sa nachádza vo viditeľnej oblasti?

Bohrov model dokáže vysvetliť spektrálne chovanie sa atómu vodíka. Bohužiaľ sa ale ukázalo, že je nevhodný pre popis jeho iných vlastností a absolútne zlyháva pri systémoch obsahujúcich viac elektrónov. Pre tieto účely zaviedol Ervin Schrödinger kvantovo-mechanický model atómu, to už však je úplne iný príbeh. . .

Seriál – Chemie v kuchyni

Autor: Helena Handrková

Účelem tohoto seriálu je představit vám kuchyň jako chemickou laboratoř. Tato s sebou nese všechna specifika: především zde neplatí zákaz konzumace nápojů a potravin a dále je neuvěřitelně pravděpodobné, že většina z vás má tuto laboratoř k dispozici pro experimentování. Každý díl seriálu bude tedy proložen náměty k zamýšlení a zakončen návrhem na pokus.



Slovo úvodem

Protože bez trochy teorie se neobejdeme, seznámím vás postupně začátkem každého dílu s významnými složkami potravin, jejich chemickými vlastnostmi, zastoupením v potravě a metabolismem. V tomto prvním díle to budou sacharidy, protože tvoří většinu našeho energetického příjmu. Jejich významným zdrojem je chléb a pečivo, a proto jsem se rozhodla ve druhé části tohoto seriálu věnovat přípravě kynutého pečiva z nezvyklého fyzikálněchemicko-pekařského pohledu. Na to přímo navazuje slibovaná praktická úloha.

Chemické složení potravin

Základními složkami potravin jsou tzv. *živiny*, které jsou převážně zodpovědné za jejich energetickou hodnotu (*výtěžnost*) a jejich výživovou hodnotu (*nutriční jakost*) a tzv. *sensoricky aktivní látky*. Základními živinami jsou cukry, bílkoviny a tuky, esenciálními výživovými složkami pak vitamíny a minerální látky, zvláštní kapitolu pak tvoří voda. Menší zastoupení v potravinách mají přirozeně toxické látky, antinutriční faktory a cizorodé látky (aditiva a kontaminanty), jejichž obsah pak určuje hygienicko-toxikologickou jakost a zdravotní nezávadnost. Výživová a energetická hodnota potravin závisí na mnoha faktorech, kromě obsahu živin a jejich spalné entalpii především na jejich stravitelnosti a vstřebatelnosti, na obsahu dalších látek a také na zdravotním a psychickém stavu a stravovacím zvyklostem.

Sacharidy (cukry)

Jednoduché sacharidy jsou polyhydroxyaldehydy a polyhydroxyketony s obecným vzorcem $(\text{CH}_2\text{O})_n$, kde n se pohybuje od 3 do 10, nejčastěji 5 a 6. Jsou poměrně reaktivní a snadno modifikovatelné, jejich alkoholové skupiny snadno podléhají redoxním reakcím, esterifikaci, nitraci apod. Ty, které mají poloacetalovou hydroxyskupinu, se označují jako redukující cukry.

Klasifikují se podle typu karbonylové skupiny (na aldosity a ketosity), podle délky řetězce (na triosy, tetrosy, pentosy, hexosy. . .), konfigurace na asymetrických uhlících (na L- a D-), nemluvě o možných děleních podle prostorového uspořádání molekuly. Složitější sacharidy se pak dělí podle struktury na jednoduché a složené, které obsahují kromě cukerné části také necukernou. Nám bude stačit jednoduché dělení sacharidů podle počtu cukerných jednotek na mono-, oligo- a polysacharidy.

Monosacharidy

Monosacharidy se vyskytují se téměř ve všech potravinách, ale jejich hlavním zdrojem jsou ovoce a zelenina. Nejvíce jsou zastoupeny glukosa a fruktosa⁷. Slouží jako snadno odbouratelný zdroj energie, ale nehodí se jako zásobní látka. Některé potraviny obsahují také netypické sacharidy, např. D-apiosa se vyskytuje v kořenové zelenině, nebo L-sorbosa v jeřabinách. Všechny monosacharidy jsou sladké.

Oxidací monosacharidů vznikají ketoaldosity nebo diketosy nebo cukerné kyseliny (aldonové, alduronové a aldarové – rozdělují se podle toho, který uhlík nese karboxylovou skupinu). S těmito produkty se setkáme ve fermentovaných salámech, glykoproteinech či pektinech; zástupci poslední skupiny jsou pak např. kyselina vinná nebo jablečná. Redukcí vznikají cukerné alkoholy (alditoly), které se používají při výrobě dietních cukrovinek (hlavně sorbitol a dále xylitol, palatinit, maltitol a jiné).

Je známo, že sacharidy při zahřívání na vzduchu oxidují, *karamelizují*. Jedná se o dost nepřehlednou směs produktů, ale kdyby vás to zajímalo více, pátrejte po *Maillardově reakci*.

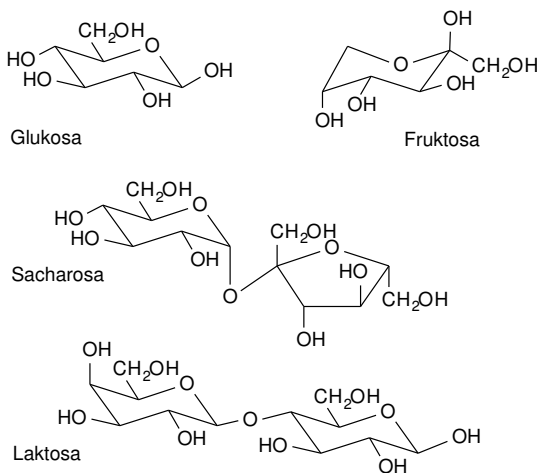
Disacharidy

Disacharidy obsahují dvě cukerné jednotky spojené glykosidickou vazbou a svými vlastnostmi jsou v mnohém podobné monosacharidům a jsou také sladké. V potravinách se vyskytuje především sacharosa (ovoce, zelenina), maltosa (chléb, slad, med) a laktosa (mateřské mléko).

Sacharosa zajišťuje podstatnou část denního příjmu energie a slouží nejen jako sladidlo, ale upravuje i další sensorické vlastnosti potravin, také se přidává jako konzervační činidlo nebo naopak jako fermentační substrát. Přírodními zdroji sacharosy je ovoce, zelenina, cukrová třtina a řepa, datle nebo javor cukrodárný.

Získává se tradičně z cukrové řepy a cukrové třtiny. Surový cukr, který je znečištěn matečnou šťávou (obsahující pektiny, bílkoviny, barevné složky, sa-

⁷názvy pocházejí z řeckého *glykos* = sladký a *fruktos* = ovoce



Obrázek 1: Chemické vzorce glukosy, fruktosy, sacharosy a laktosy

poniny a další necukry), se dále *rafinuje* a zpracovává na cukr požadované zrnitosti nebo další výrobky. Přírodní cukr se liší od rafinovaného v tom, že obsahuje na krystalech uplěně zbytky matečné šťávy, sirobu: ta obsahuje zbytky bílkovin, pektinů, barevných látek, saponinů a dalších nečistot. Nicméně v prodejnách s bioprodukty je tento přírodní cukr z ekonomických důvodů prodáván za vyšší ceny než rafinovaný cukr. Podobně řepný a třtinový cukr se liší v některých sensorických vlastnostech, avšak ne v jejich výživové hodnotě.

Oligosacharidy

Vyšší oligosacharidy nemají sice význam jako zdroj energie, ale mají příznivý vliv na metabolismus; tzv. *prebiotické* oligosacharidy stimulují růst a metabolismus žádoucí střevní mikroflóry, *probiotické* spolu s vlákninou regulují peristaltiku, *symbiotické* mají obé účinky.

Polysacharidy

Polysacharidy obsahují desítky jednotek až stovky tisíc stejných nebo různých cukerných monomerů, mohou obsahovat také deriváty sacharidů. Jedná se o skupinu velice různorodého složení i vlastností, většina plní funkci zásobních látek (škrob, glykogen, chitin) nebo funkci stavební (celulosa, lignin) či se mohou podílet na zpevňování buněčných struktur a na vodním hospodaření rostlin (pektin).

Potravina	Polysacharidy
obiloviny	škrob, celulosa, hemicelulosa, arabinoxylany, β -glukany
zelenina a okopaniny	škrob, fruktany, celulosa, hemicelulosa, xyloglukany, pektin
ovoce	celulosa, hemicelulosa, xyloglukany, pektin
maso	glykogen
mořské řasy	agary, karagenany, algináty
hmyz	chitin
mikroorganismy	gellan

Tabulka 1: Zastoupení polysacharidů v potravinách

Škrob se skládá ze dvou typů polysacharidů, amylosy (lineární šroubovice) a amylopektinu (větvený polysacharid). Počet glukosových jednotek je značně proměnlivý, u amylosy se pohybuje mezi 500 a 2 500 a u amylopektinu nad 10 000; poměr obou složek pak závisí na rostlinném původu. Ve studené vodě je škrob nerozpustný, při zahřívání dochází k přerušování vodíkových můstků a k bobtnání škrobu. Amylosa přechází do roztoku a vzniklý sol se označuje jako škrobový maz. Při ochlazování dochází ke znovuvytvoření sítě vodíkových můstků a vzniku gelu, který postupně stárne a ztrácí vodu.

Škrob se ukládá v zásobních orgánech rostlinách ve formě škrobových zrn, jejichž velikost a tvar je typický pro druh rostliny. Hlavními zdroji škrobu jsou obiloviny (kukuřice, rýže, pšenice), brambory a luštěniny.

Kyselou nebo enzymatickou hydrolýzou škrobu se vyrábí škrobový sirup, který se přidává do cukrovinek, kde pro svou vysokou viskozitu působí jako antikrytalizátor. Je jen mírně nasládlý, dále otupuje vnímání sladké chuti a dává tak vyniknout méně dominantním chuťovým látkám.

Celulosa tvoří buněčnou stěnu rostlin a v potravě má význam jako součást vlákniny. V ovoci, zelenině, obilovinách a luštěninách se vyskytují hemicelulosa, které mají výraznou schopnost vázat vodu. Mezi pektiny patří pektosy přítomné v nezralém ovoci, které se v průběhu zrání přeměňují na rozpustné pektiny. Používají se jako želírovací prostředek do marmelád a džemů.

Mezi další rostlinné polysacharidy patří inuliny čekanky nebo topinamburu, které se používaly k výrobě kávových náhražek (tzv. melta), nebo levaný obsažené v řepě. Glykogen je zásobní polysacharid živočichů, který se v buňkách ukládá ve formě nerozpustných granulí. Největší zásoby jsou ve tkáních s největšími energetickými nároky, tedy ve svalu a v játrech. Stejně jako škrob je i glykogen polymerem glukosy.

Také řasy obsahují řadu zajímavých polysacharidů, příkladem mohou být algináty hnědých řas čeledi *Pheophyceae* nebo agary a karagenany z červených řas čeledi *Rhodophyceae*. Používají se jako želírující látky a stabilizátory.

Z dalších polysacharidů zmíním jen chitin (polysacharid kvasinek i vyšších hub) a lignin (jehož hlavním zdrojem je dřevo).

Jemný nástin metabolismu sacharidů

Trávení sacharidů začíná již v dutině ústní, kde je přítomen enzym α -amylasa (tzv. slinná amylasa). Tento enzym katalyzuje hydrolysu 1 \rightarrow 4 glykosidických vazeb polysacharidů za vzniku oligosacharidů. Kvůli tomu chleba po chvíli žvýkání zesládně. V žaludku je tento enzym denaturován nízkým pH a pokračuje zde kyselá hydrolyza oligosacharidů. Hydrolysa je dokončena ve střevě pankreatickou amylasou. Monosacharidy jsou pak vstřebány klky v tenkém střevě do krve. Glukosa a fruktosa jsou aktivovány fosforylací a odbourány v glykolytické dráze. Galaktosa a další minoritní monosacharidy jsou nejprve přeměněny na glukosu.

Glukosa je transportována krví a slouží jako snadno odbouratelný zdroj energie a její koncentrace v krvi se pohybuje obvykle kolem 5,5 mmol/l. Při nadbytku je glukosa přeměněna na polymerní glykogen, který je uskladněn hlavně v játrech a svalu. Při nedostatku může být glukosa syntetizována z metabolitů, které vznikají odbouráváním tuků nebo bílkovin.⁸

Naše trávicí soustava dokáže trávit jen škrob nebo glykogen, avšak někteří dokonalejší živočichové (např. termiti nebo dřevokazní brouci) dokáží metabolizovat i celulosu. Býložravci mají z tohoto důvodu prodloužené střevo, přežvýkavci mají více žaludků s různou funkcí a hostí symbiotické mikroorganismy nebo prvoky, kteří se na trávení polysacharidů podílí.⁹

Kynuté pečivo

Z pohledu kuchařky je těsto na rohlíčky tvořeno převážně pšeničnou moukou, dalšími ingrediencemi je mléko, vejce, cukr, máslo nebo rostlinný tuk, kvasnice a sůl. Z fyzikálněchemického hlediska se těsto dá popsat jako polotuhá homogenní směs, která obsahuje rozptýlené bublinky plynu. Co mají tyto pohledy společného a zda je to málo či dost, posuďte sami.

⁸Cukrovka je způsobena nedostatkem nebo špatnou funkcí hormonu insulinu, který se váže na insulinové receptory na membránách buněk a řídí vstřebávání glukosy. Při cukrovce je síce v krvi vysoká hladina cukru, ale buňky chřadnou jejím nedostatkem.

⁹V tomto případě je těžké určit, kdo koho „hostí“. Z jiného úhlu pohledu jsou to právě tito prvoci, kteří poskytují přežvýkavci snadno rozložitelné oligosacharidy místo téměř nestravitelné celulosy.

Chemické složení

Podívejme se nejprve na jednotlivé složky těsta a na jejich význam. Chemické složení obilovin se zásadně neliší, větší kolísání zaznamenáme v rámci jednotlivých druhů v závislosti na podmínkách pěstování obilí a skladování zrna a mouky. Největší podíl mouky tvoří sacharidy, převážně škrob. Minoritní zastoupení mají oligosacharidy a hemicelulosa, které mají vysokou schopnost vázat vodu a zvyšovat celkovou viskozitu směsi. Celkový obsah proteinů v mouce je asi 7–15 %; na výrobu chleba a kynutého pečiva, např. křupavých rohlíčků, se hodí mouka s vyšším podílem bílkovin (12–14 %), zatímco mouka slabá (méně než 10 % bílkovin) se používá na výrobu cukrovinek. Další složky mouky, jmenovitě lipidy, minerální látky a vláknina, mají obsah pod 3 %.

Mléko je z fyzikálněchemického pohledu složitá dispersní směs: globulární bílkoviny syrovátky mají koloidní charakter, kasein vytváří micelární dispersi, mléčný tuk tvoří emulzi (mikrosomy o průměru desetin až desítek mikrometrů), lipoproteinové částice mají povahu koloidní suspenze, a nízkomolekulární látky (laktosa, aminokyseliny, minerální látky) tvoří roztok.

Slepíci vejce je asi z poloviny tvořeno bílkoviny a z poloviny vodou, přičemž žloutek a bílek se zásadně liší složením (ostatně i funkcí). Žloutek je složen z 1/3 bílkoviny a ze 2/3 lipidů a má charakter emulze tuk-voda, bílek sám obsahuje asi 40 proteinů. Do kynutého těsta se bílek často nedává, aby nebylo tolik lepkavé, naopak se schovává na potření těsta před pečením, aby vytvořil lesklou vrstvičku a chránil pečivo před vysycháním.

Máslo je mléčný tuk, který obsahuje pestré složení různých dlouhých mastných kyselin. Tuk je v těstě emulgován složenými proteiny žloutku, které mají amfifilní charakter a jsou schopny tvořit rozhraní hydrofilní a hydrofobní fáze. Kromě fyzikálních vlastností tuku se uplatňují také jeho sensorické vlastnosti.

Sacharosa slouží nejen jako sladidlo, ale upravuje i další sensorické vlastnosti potravin. Umělá sladidla sice nahradí sladkou chuť sacharosy, ale potraviny se zdají chuťově ploché, nevýrazné.

Droždí jsou kvasinky *Saccharomyces cerevisiae*, které se přidávají do těsta jako kypřidlo. Činností kvasinek dochází ke kvašení poly- a oligosacharidů na oxid uhličitý a ethanol a pH těsta se tak *mírně* snižuje.

Zrnko soli poněkud zvýrazňuje sladkou chuť (bez soli to není nikdy ono...), a také ji ke svému životu potřebují kvasinky. Další působení soli popsáno nebylo.

Tvorba těsta

Podle modelů popisujících tvorbu těsta se hydratované bílkovinné molekuly lepku spojí vodíkovými můstky (kterých je sice více, ale jsou slabé) a

disulfidickými můstky (které jsou pevnější, ale je jich méně, neboť i sirných aminokyselin je méně) do jakýchsi destiček. Mezi těmito destičkami jsou kluzné vrstvičky lipoproteinu a destičky jsou navzájem zesíťovány dalšími vodíkovými můstky, takže vzniká spleť trojrozměrná síť. Tyto vazby jsou ovlivněny redoxními podmínkami v těstě.

Nakypření těsta je nezbytné pro výsledný vzhled a chuťové vlastnosti výrobu, k tomu se obecně používají kvasinky (tak jako zde, kvasinky *Saccharomyces cerevisiae*), chemické látky („prášek do pečiva“: hydrogenuhličitan sodný, někdy smísený s hladkou moukou, nebo tzv. „cukrářské kvasnice“: hydrogenuhličitan amonný), a samozřejmě mechanické prostředky (tření a hnětení těsta). Hnětením těsta se do něj dostává kyslík, který se také podílí na dalších redoxních reakcích, které v těstě probíhají, např. při tvorbě disulfidických můstků.

Jak již jsem zmínila, činností kvasinek v kynutém těstě se mírně snižuje jeho pH. Za těchto podmínek se bílkoviny lepku lépe rozpouští, těsto prochází fází zrání a kynutí a dochází k příznivým chuťovým a vzhledovým změnám. Důležitý je také obsah škrobu a případně stupeň jeho hydrolýzy amylolytickými enzymy, protože ovlivní schopnost mouky vázat vodu a určuje jeho konzistenci. Škrob za studena váže vodu jen částečně, proto se těsta často zadělávají teplým mlékem. Při mírně zvýšené teplotě se také urychlí metabolismus kvasinek a těsto rychleji kyne. Strukturu těsta dále zpevňují bílkoviny vajec, proteiny bílku zvyšují jeho viskozitu a proteiny žloutku zřejmě pomáhají emulgovat tukové kapénky.

Při pečení těsta dochází k mnoha fyzikálněchemickým či biochemickým dějům současně. Těsto se vkládá do předehřáté trouby, aby se nejprve vytvořila na povrchu tenká křusta bránící přílišnému vysychání těsta. Tato křusta je tvořena denaturovanými bílkovinami vaječného bílku nebo žloutku a mléka, zkrátka podle toho, čím je těsto potřeno. Není-li potřeno ničím, je vrstvička vytvořena převážně z dehydratovaného škrobu a bílkovin těsta. Zvyšováním teploty uvnitř dochází k bobtnání škrobu a jeho mazovatění, k postupné denaturaci bílkovin těsta a k postupnému odpařování vody. Na závěr pečení pozorujeme zlátnutí povrchu těsta, což odpovídá termickému rozkladu polysacharidů na menší fragmenty a jejich oxidaci.

Chlebové těsto

V dřívějších dobách se chleba zadělával z žitné mouky nebo ze směsi mouky žitné a pšeničné, v současnosti se podíl pšeničné mouky zvyšuje a chleby pouze žitné jsou poměrně vzácné. Žitná mouka obsahuje poněkud méně bílkovin než pšeničná a hlavní strukturní funkci pro tvorbu struktury těsta mají polysacharidy, konkrétně pentosany a také škrob. Pentosany mají mimořádnou schop-

nost vázat vodu i za studena, kdežto škrob váže vodu až při zvýšené teplotě. K dotvoření konečné struktury těsta dochází tedy až při pečení.

K nakypření těsta se přidává tzv. kvas, což je směs mikroorganismů, která se vždy před zahájením výroby rozkvasí, část se použije a zbytek se znovu naředí („zmladí“) a uschová pro další použití. Vedle kvasu se dá použít k nakypření i droždí, což se ale projeví i na sensorických vlastnostech chleba. Těsto se prohněte, nechá „zrát“ při mírně zvýšené teplotě, kdy dochází k bobtnání pentosanů.

Tortilly, arabský chléb (pita), indické čapati

Tito chudí příbuzní českého chleba se pečou z pšeničné mouky zadělané trochou vody a malým množstvím tuku. Do tortil se přidává lžička octu, aby lepek lépe bobtnal, a někdy ještě špetka kypřicího prášku, aby se placky při pečení na pánvi hezky nafoukly. Podobné je naše těsto na tažený jablečný závin: nabobtnalý lepek je mimořádně pružný a těsto lze vytáhnout opravdu do tenka.

Indické placky čapati jsou v tomto směru ještě chudší: mouka se uhněte s vodou, vzniklá hrouda se rozplácne a potře tukem (v originální verzi tzv. ghi, roztaveným máslem zbaveným vody), přeloží, znovu vyválí a proces se opakuje. Hotová placka má tedy strukturu jemných vrstviček, a proto je křehčí, než kdybychom máslo přidali přímo. Listové těsto se také připravuje opakovaným překládáním a vyvalováním tukového těsta a těsta bez tuku, aby se vytvořila jemná lístečkovitá struktura.

Arabský chléb a další podobné placky jsou pak jen variacemi na toto téma.

Pokus

Čekáte na závěrečný pokus? Zadáni je jednoduché, upečte si vlastní rohlíčky nebo jiné kynuté pečivo (Honzíkovy buchtý, chodský koláč, velikonoční piroh...), fantazii se meze nekadou. Výsledky vašeho bádání můžete dokumentovat na fotografiích a podělit se o ně s autory KSICHTu. Ať se vám daří!

Literatura

1. Čepička, J.: Obecná potravinářská technologie, Vydavatelství VŠCHT, Praha, 1995, ISBN 80-7080-239-1
2. Roskoski, R.: Biochemistry, W. B. Saunders Comp., Philadelphia, 1996, ISBN 0-7216-5174-7

Zajíček chemik



16.9.2006  Eryky