

Úloha V.E ... kávu si osladím

8 bodů; průměr 4,96; řešilo 26 studentů

V obálce vám spolu se zadáním došel i plastový sáček s podezřelým obsahem, je to cukr nebo sladidlo.

Pokuste se co nejlépe experimentálně srovnat „sladkost“ (sladivost) dodaného vzorku a několika dalších různých cukrů a sladidel. Pro odměření množství použijte přiloženou lžičku. „Sladkost“ testovaného vzorku určujte pro koncentraci jedné zarovnané lžičky cukru/sladidla v 1 dl vody. Jako jednotkovou „sladkost“ můžete brát např. rafinovaný řepný cukr (o koncentraci jedné zarovnané lžičky na 1 dl vody). Porovnávat pak můžete tak, že si připravíte roztoky o různé koncentraci známého cukru/sladidla a budete srovnávat chuť těchto roztoků s připraveným roztokem testovaného vzorku. Pro zpřesnění určení „sladkosti“ se domluvte s nějakými dalšími lidmi, kteří se do srovnávání sladkosti zapojí (ale ne s ostatními řešiteli, ať má každý svoje vlastní řešení). U každého cukru zjistěte co nejpřesněji složení a výsledky vhodně zpracujte.

Nápověda Cukr se dá sehnat řepný rafinovaný (normální bílý cukr, co se obvykle u nás používá), ale je také k sehnání např. třtinový cukr (chemicky téměř jako řepný), hroznový cukr (dextróza; v Glukopuru) a ovocný cukr (fruktóza). Ze sladidel můžeme jmenovat sorbit, huxol, sukralózu (v Cukrenu, Cukravitu), aspartam (v Irbis big sweet). Ke slazení se také používá med. Doporučujeme použít sladidla s řádově podobnou sladivostí (u některých čistých sladidel, co sladí i 600 krát tolik, co obyčejný cukr, narazíte na problémy s odvažováním).

Pokud FYKOS řešíte poprvé a měli byste zájem o vzorek, stačí o něj napsat na emailovou adresu podezrelyprasek@fykos.cz.

Varování Každá látka může být při zvýšené spotřebě nebezpečná. I destilovaná voda je jed. Snažte se tedy dodržovat doporučené denní dávky. Karel si rád kazí zuby sladkostí.

Teória

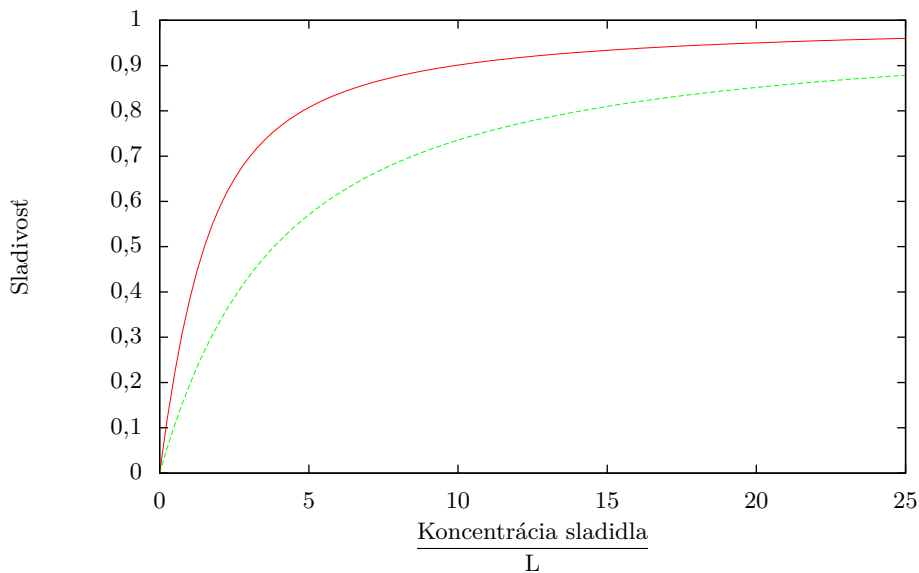
Každá látka pôsobí na receptory v ústach iným spôsobom. Pri každej koncentrácii sa vytvorí po chvíli rovnováha, pri ktorej budete cítiť istú sladkosť závislú od toho, na akéj časti sladkocitlivých buniek je naviazané sladidlo. Tu však neplatí pekná lineárna závislosť. To znamená, že pre dvojnásobnú koncentráciu sa percento viazaných receptorov nezdvajnasobí, pretože ich máme obmedzené množstvo.

V grafe 1 sú zobrazené závislosti sladivosti od koncentrácie pre dve rôzne sladidlá. Predstavme si, že sme namerali rovnaké sladivosti pre koncentráciu nami poslaného sladidla c_1 a koncentráciu vášho kuchynského cukru c_2 . Čo by sa stalo, ak by ste teraz zistili koncentrácie zodpovedajúce rovnakým sladivostiam pre dvojnásobnú koncentráciu cukru? Koncentrácia sladidla by už *nebola* dvojnásobná! Dôvod je ten, že závislosti v grafe nie sú lineárne. Preto by ste mali používať referenciu, s ktorou porovnávate jednu konkrétnu koncentráciu sladidla, najlepšie odporúčanú jednu lyžičku cukru na 100 ml vody.

Meranie

Prášku ste dostali obmedzené množstvo, takže bolo potrebné si dopredu trochu premyslieť, aké koncentrácie budete vyrábať. Najlepšie bolo držať sa zadania a vyrobiť referenčnú sladkosť jednej zarovnanej lyžičky cukru v 100 ml vody. Ďalej ste ridili alebo zahusťovali zmes sladidla s vodou, až pokiaľ ste dospeli ku nemerateľnému rozdielu.

Každý z vás dostal jednu z troch rôznych možných vzoriek a to: glukózu (Glukopur), fruktózu (Fruktopur) alebo zmes umelého sladidla a cukru (Fruktafam). My sme pri meraní postupovali nasledovne. Najprv sme porovnali sladkosti referenčného roztoku a roztoku s rovnakou



Obr. 1: Sladivost dvoch rôznych sladidiel

koncentraciou sladidla, teda 1 zarovnaná lyžička na 100 ml vody. Ak sme potrebovali riediť, zriedili sme časť tohoto roztoku s rovnakým množstvom vody, čím sme koncentraciou sladidla zmenšili na polovicu. Pri zahusťovaní sme zasa zmiešali rovnaké množstvo menej koncentrovaného a koncentrovanejšieho roztoku sladidla, čím sme dosiahli aritmetický priemer týchto koncentrácií.

Pri samotnom ochutnávaní ste si určite sami všimli, že stačilo malé množstvo na porovnanie, no oveľa istejší ste si boli po viacerých ochutnaniach oboch roztokov. Taktiež bolo vhodné pri tesnejších rozdieloch dať určiť sladkosť viacerým ľuďom.

Výsledky

Výsledky nášho merania sú zaznamenané v tabuľke 1. Ako základnú jednotku koncentrácie sme zvolili L, čo predstavuje jednu zarovnanú lyžičku látky na 100 ml vody.

Pri výsledkoch merania označených nerozhodnuteľné sme vzorku testovali na 4 ľuďoch, ktorí nám povedali nie konzistenté porovnania sladkosti. Dostali sme teda takto interval, v ktorom sa určite nachádza výsledná sladkosť. Očakávaná hodnota tejto sladkosti leží zrejme v strede tohoto intervalu a stredná kvadratická chyba je niečo pod polovicou šírky tohoto intervalu (pre záujemcov, skúste si spočítať strednú kvadratickú chybu náhodnej veličiny, ktorá s rovnakou pravdepodobnosťou nadobúda všetky hodnoty medzi 0 a 1). Okrem tejto nepresnosti určenia výsledku sa vyskytujú aj iné chyby spôsobené hlavne nepresným odmeriavaním objemov vody a cukru. Takéto chyby sú však v porovnaní s touto chybou dostatočne nízke na to, aby sme ich mohli zanedbať. Ak ste to sami skúšali, vzorka sa v lyžica dala zarovnať skutočne celkom presne a rovnako porovnávanie výšky hladín sa dalo robiť s dostatočnou presnosťou.

Glukopur		Fruktopur		Fruktafam	
$\frac{c_g}{L}$	Vzorka bola	$\frac{c_f}{L}$	Vzorka bola	$\frac{c_s}{L}$	Vzorka bola
1	menej sladká	1	sladšia	1	sladšia
2	menej sladká	0,5	menej sladká	0,5	sladšia
3	sladšia	0,75	menej sladká	0,25	sladšia
2,5	sladšia	0,87	sladšia	0,12	menej sladká
2,25	nerozhodnuteľné	0,81	nerozhodnuteľná	0,19	sladšia
-	-	-	-	0,16	nerozhodnuteľné

Tabulka 1: Namerané hodnoty

Záver

Pre Glukopur dostávame teda výsledok, že $(2,25 \pm 0,20)$ lyžičky Glukopuru sladí rovnako ako 1 lyžička cukru. Glukopur nanešťastie neudáva sladivosť glukózy. Podľa Wikipédie¹ je sladivosť glukózy okolo 70 % sladivosti sacharózy, ale ťažko sa určuje prepočet z jedného prášku na druhý z pomeru udávaného na Wikipédii. Naša glukóza je teda ešte o niečo menej sladká ako tá na Wikipédii.

Pre Fruktopur udáva výrobca na obale sladivosť o 30 % vyššiu ako sacharózy. Nám vyšiel ekvivalent jednej lyžičky sacharózy na 100 ml vody ako $(0,81 \pm 0,04)$ L, čo predstavuje sladivosť o (23 ± 6) % vyššiu ako cukru, čo sa dobre zhoduje s uvádzanou hodnotou.

Pre umelé sladidlo Fruktafam dostávame koncentráciu $(0,16 \pm 0,02)$ L ako ekvivalent 1 L cukru. Výrobca uvádza, že jeho sladidlo je až päťkrát sladšie ako cukor. Nám táto hodnota vyšla $(6,3 \pm 0,8)$ -krát, čo je opäť v celkom slušnej zhode s udávanou hodnotou.

Celkovo by som teda meranie prehlásil za úspešné a až prekvapivo presné. Veľa zdravú pri sladení.

Jakub Kocák
jakub@fykos.cz

Ján Pulmann
janci@fykos.cz

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Ústavem teoretické fyziky MFF UK, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported. Pro zobrazení kopie této licence, navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.

¹<http://en.wikipedia.org/wiki/Sweetness>