

**Úloha II.E ... hrnečku dost**

13 bodů; průměr 9,61; řešilo 49 studentů

*Proměřte závislost rychlosti, s jakou přibývá kvásek, na čase a na okolní teplotě.*

*Soutěž V průběhu měření vyfoťte sebe nebo třeba bučky, které ze vzniklého kvásku upečete, a fotografie nám pošlete na adresu [fykos-solutions@fykos.cz](mailto:fykos-solutions@fykos.cz). Vystavíme je na našem Facebooku a Instagramu a autora nejlepší fotky oceníme zbrusu novými FYKOSími ponožkami.*

*Kátě nějak pomalu nabýval kvásek.*

**Teorie**

Při kynutí kvásku pozorujeme vlastně množení kvasinek, které při pučení (rozdělení mateřské buňky na dvě dceřiné) rozkládají cukr na alkohol a oxid uhličitý. Právě tím je zvětšován objem kvásku. Ideální teplota pro množení kvasinek je kolem<sup>1</sup> 30 °C, z tohoto důvodu byl experiment proveden pro teploty v rozmezí 25 °C až 40 °C. Vzhledem k tomu, že jedna kvasinka se rozdělí vždy na dvě dceřiné, které se následně také dělí, lze předpokládat exponenciální průběh.

Samotný objem závisí především na teplotě kvůli velké teplotní roztažnosti plynu. Rychlost množení je pak ovlivněna mnoha faktory, mezi hlavní patří nejen počáteční množství kvasinek, jejich druh a aktivita, ale také teplota, při které pučení probíhá, a množství cukru. Pokud droždí není dostatečně dobře promíseno s cukrem, dochází k růstu objemu pomaleji, neboť má k cukru přístup jen část kvasinek. Proto se ke kvasinkám přidává ještě nějaká tekutina (v našem případě mléko), která usnadní promísení, protože se v ní cukr s droždím alespoň částečně rozpustí.

**Měření**

Během experimentu je třeba dát pozor na udržování stejných počátečních podmínek pro každé měření. Vždy jsme použili zarovnanou lžici moučkového cukru (je nutné dát vždy stejné množství, neboť při různém bychom nemohli správně zhodnotit vliv teploty). Pokus by mohla ovlivnit také hrubost zrn cukru, protože každý druh se rozpouští jinak dobře, a proto je vhodné použít pokaždé stejný. Objem jsme měřili pomocí odměrného válce, který měl stupnici s dílky po 5 ml.

Na druhu nádoby také záleží, jelikož po určité době dochází k oddělení částí suspenze. Lehčí kvasinky vyplavou na povrch, zatímco mléko s rozpuštěným cukrem se drží u dna. U vyšší odměrky pak mají kvasinky ve vyšších vrstvách menší množství cukru v okolí, a tudíž může docházet k méně častému pučení než v mělčí odměrce. Nicméně ve vysoké nádobě můžeme určovat objem s lepší přesností, neboť je snazší vyrobit stupnici s jemnějším dělením. Z tohoto důvodu jsme pro měření použili odměrný válec.

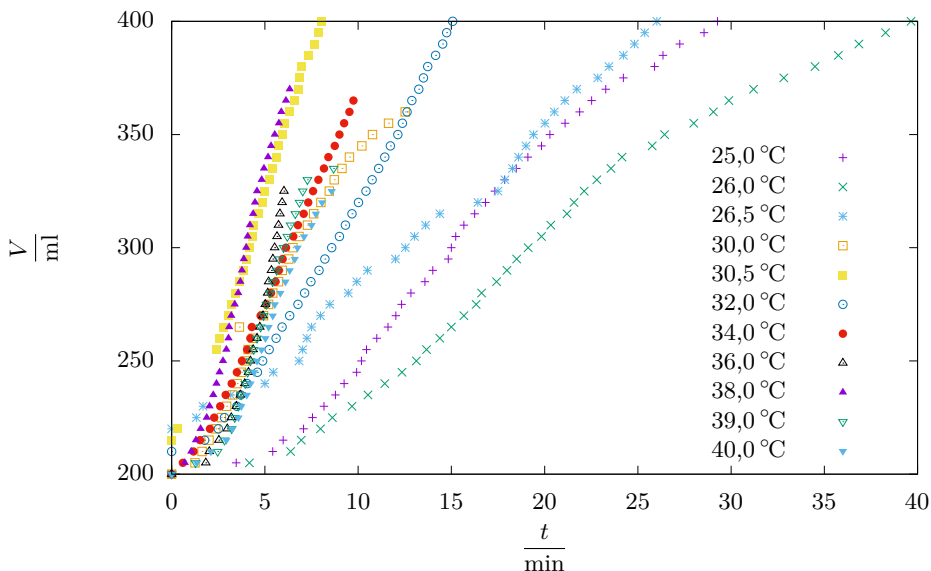
Konstantní teplotu jsme udržovali vodní lázní a kontrolovali teploměrem. Droždí jsme rozmělnili na co nejmenší části, vhodili spolu s cukrem do odměrného válce, dolili do 200 ml mlékem a promíchali. Od této chvíle jsme na stopkách měřili čas a zaznamenávali jej pokaždé, když se objem zvětšil o 5 ml. Objem jsme odečítali z rysky na středu mezi nejnižším a nejvyšším bodem hladiny.

V případě, že stěna z kvasinek byla na hladině moc tenká, začaly bubliny plynu prskat a plyn se uvolňoval do okolí. V tomto okamžiku jsme měření ukončili. Z důvodu možného praskání bublinek není vhodné po začátku měření směs promíchávat, neboť by se tím objem výrazně snížil, i když na úkor toho dochází k oddělování částí suspenze a kvasinky tak mají horší přístup

<sup>1</sup>NEUPAUEROVÁ, Karla. Bakalářská práce: Využití kvasinek v potravinářském průmyslu. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2012. Dostupné na: [http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/21723/neupauerova\\_2012\\_bp.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/21723/neupauerova_2012_bp.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

k cukru rozpuštěném v mléce.

Naměřená data jsme vynesli do grafu 1. Pro každou teplotu jsme je proložili regresní přímkou, hodnoty směrnic jsou uvedeny v tabulce 1 a znázorněny v grafu 2.

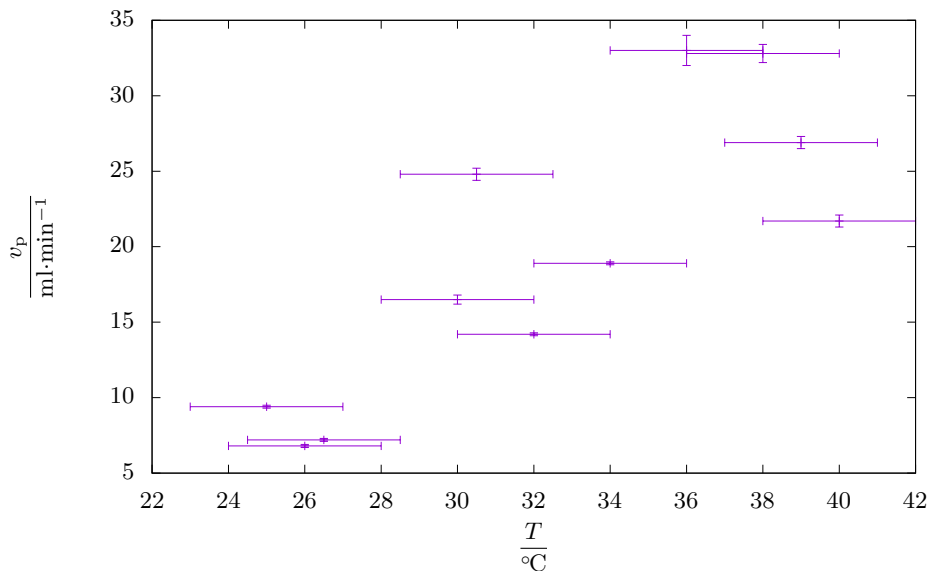


Obr. 1: Závislost objemu kvásku na čase pro různé teploty.

### Diskuze

Z regrese jsme vyjmuli počáteční hodnoty, kdy pučení probíhalo ještě velmi pomalu. Z naměřených dat je patrné, že průběh byl většinou víceméně lineární. To lze odůvodnit především špatnou distribucí cukru ke kvasinkám a také chladnutím prostředí s kvasinkami, když vystoupaly v odměrném válci nad hladinu vodní lázně a jejich teplota šla následně regulovat jen velmi těžko. Po konci měření byla teplota kvasinek většinou o 1 až 2 °C nižší než počáteční, což může být, spolu s nedostatkem cukru, jedním z důvodů poklesu rychlosti pučení po určitém čase. Dalším z důvodů je též praskání bublinek vzduchu, které nemusíme vždy zpozorovat a zanášejí tak do měření další nejistotu.

Rychlosti množení kvasinek v závislosti na teplotě prostředí jsme vynesli do grafu 2, kde je patrné, že v rámci chyby roste rychlost pučení s rostoucí teplotou až do svého maxima při teplotě 36 °C. Z tohoto grafu lze usuzovat, že ideální teplota pro množení pekařských kvasnic je kolem 36 °C.



Obr. 2: Závislost rychlosti pučení kvasinek na teplotě.

### Závěr

V rámci experimentu se nám nepodařilo potvrdit počáteční předpoklad exponenciálního nárůstu objemu. K tomu by došlo v ideálních podmínkách, které však nejsme schopni s běžným vybavením zaručit. Místo toho jsme pozorovali lineární závislost objemu na čase.

Ověřili jsme, že rychlost pučení kvasinek závisí na teplotě a to tak, že nejlepší podmínky pro množení jsou kolem 36 °C. Tento údaj se sice plně neshoduje s citovanou literaturou (kde byla uvedena ideální teplota 30 °C), to však může být způsobeno jiným druhem kvasnic. Pod 30 °C probíhá množení velmi pomalu, s rostoucí teplotou se zvyšuje tendence kvasinek množit se až do zmíněných 36 °C, odkud následně povolna klesá.

*Kateřina Charvátová*

katerina.charvatova@fykos.cz

---

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením propagace a mediální komunikace 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/>.

Tab. 1: Závislost rychlosti pučení kvasinek na teplotě, která byla měřena s chybou 2 °C.

$T$ °C	$v_p$ ml·min <sup>-1</sup>
25,0	9,4 ± 0,1
26,0	6,8 ± 0,1
26,5	7,2 ± 0,1
30,0	16,5 ± 0,3
30,5	24,8 ± 0,4
32,0	14,2 ± 0,1
34,0	18,9 ± 0,1
36,0	33,0 ± 1,0
38,0	32,8 ± 0,6
39,0	26,9 ± 0,4
40,0	21,7 ± 0,4