

## Jednoduché experimenty známé - neznámé

RENATA HOLUBOVÁ

Přírodovědecká fakulta UP v Olomouci

### Abstrakt

Příspěvek je věnován několika úvahám a experimentům z fyziky vaření (kulinářská fyzika). V závěru je uvedena jedna inovace známého experimentu s provázkovým telefonem.

### Fyzika vaření

Příprava jídel nás doprovází každodenním životem. Vaříme, jak nás to naučili naši rodiče či prarodiče či moderní kuchařské knihy. Práci v kuchyni lze však pojímat také čistě vědecky. Stejně jako vědec ve fyzikální laboratoři, i my v kuchyni můžeme jako první vyslovit hypotézu (např. o délce pečení, použitém nádobí apod.), poté provést experiment (jídlo uvařit), experiment vyhodnotit, popř. opakovat (tj. jídlo připravit znovu). Závěr zkoumání shrnout do teoretického závěru – připravit a sepsat recept, popř. napsat vlastní poznámky k již známému receptu.

Proč vůbec vaříme? Suroviny v syrovém stavu mohou mít různou konzistenci - mohou být tvrdé a vláknité, po uvaření měknou (brambory), mohou být ale také měkké a gumovité (maso – je měkké, po uvaření tvrdne – řízek je tvrdý). Maso je tuhé, vařením měkne. Je to dáno obsahem kolagenu (strukturou svaloviny). Např. kuřecí maso obsahuje kolagenu málo, snadno měkne, rybí maso neobsahuje žádný kolagen, po uvaření se rozpadá. Hovězí maso je typickým příkladem vláknitého masa s velkým obsahem kolagenu. Před použitím by mělo nejméně 2 týdny „odležet“. Obsah kolagenu ve svalech se zvyšuje také při vyšší fyzické zátěži, tzn. že „líná kráva“ má z tohoto hlediska lepší maso. Problém odležení masa je realizován uchováváním masa v mrazničkách. Bylo by možné kolagenová vlákna rozbít také např. tlakovou vlnou – maso by bylo v tomto případě třeba pověsit do vody a pod vodou odpálit nějakou nálož.

Pro dochucování potravin používáme sůl, koření, cukr a nejrůznější chemické přípravky.

Nesmíme však zapomínat, že naše oči jedí také. Kápněte trochu potravinářské barvy do sklenice s vínem, poznáte sami, že např. o zelené víno zájem nebude.

### Vybrané experimenty z kulinářské fyziky

#### *Smaženice z vajec bez ohně*

Příprava smaženice z vajec je věc jednoduchá, lze ji připravit i na papírovém tácku. Musí být však splněn jeden základní předpoklad – musíme mít k dispozici zdroj tepla.

Co ale dělat, když nemáme vařič, nejde proud, nemáme ani svíčku. Pomoc je velice jednoduchá. Stačí použít vysokoprocentní alkohol (60-80%) a smaženici připravíme

za okamžik. Uvědomte si však jednu věc. To, co se stalo s bílkem, děje se i v našem těle po požití alkoholu. Také naše tělo obsahuje velké množství bílkovin a vlivem alkoholu začínají vznikat podobné shluky.

Uvedenou smaženici lze doplnit ovocem naloženým v rumu, posypat pistáciemi, přidat lžičku cukru a před konzumací flambovat.

#### *Tajemství vajíčka na hniličku*

Jak dlouho je třeba vařit vejce, aby nebylo příliš tvrdé? Existuje přibližný vzorec pro stanovení délky varu

$$t = 0,0016 \cdot d^2 \ln \left( \frac{2(T_v - T_p)}{T_v - T_h} \right),$$

kde  $d$  je průměr vejce v mm,  $T_v$  je teplota varu vody (100 °C),  $T_p$  je počáteční teplota vejce (je-li z ledničky, má teplotu asi 4 °C, leží-li v kuchyni, potom 20 °C),  $T_h$  je teplota hotového vejce (vejce na hniličku má vnitřní teplotu 61,5 °C, při této teplotě dochází k tuhnutí bílku, vejce „natvrdo“ má vnitřní teplotu 84,5 °C).

Délku varu ovlivňuje i to, zda vejce vložíme do studené či již vroucí vody, a jak velké množství studené vody použijeme. Daný problém lze samozřejmě diskutovat i s ohledem na další faktory.

Uvařit vejce můžete i v přístroji na přípravu překapávané kávy. Do držáku umístíme kávový filtr ( v případě, že vejce praskne, zůstane obsah v tomto filtru) a přístroj naplníme vodou. Přístroj zapneme a vaříme 6 – 8 šáleků vody. V tomto případě je třeba experimentálně vyzkoušet, jakého dosáhneme výsledku pro ten který přístroj.

#### *Problém plovoucího knedlíku*

Vložíme-li knedlík do vroucí vody, aby se uvařil, nejprve klesne ke dnu a teprve později plove. Platí či neplatí Archimédův zákon? Ztrácí knedlík při vaření svou hmotnost? Hmotnost neztrácí, ale probíhá proces kynutí. Dbáme, aby byl správně vytvarován a pohyboval se uprostřed hrnce. Vaříme jej při teplotě asi 80 °C, toto platí zejména pro knedlíky plněné. Pokud je knedlík správně formován, vlivem konvekce se bude ve vodě otáčet.

#### *Pečeme husu*

Východisko experimentu – otázka první: Jaké zvíře si vybrat? Husu lze koupit v obchodě, či pořídit z domácího chovu. Je třeba však mít zase na paměti, že zvíře chované venku má více pohybu, jeho maso bude obsahovat více kolagenu a tedy bude potřebovat delší dobu k pečení. Každopádně bychom měli zvíře dva dny před pečením silně potřít solí a skladovat v ledničce. Před samotnou přípravou bychom měli husu opět prosolit. Další otázky, které si klademe z hlediska vědeckého zkoumání ve fyzice a chemii:

Jaká je doba pečení husy?

Jak získáme žádanou chuť pokrmu?

Doba pečení závisí na velikosti husy a na teplotě trouby. Teplu musí proudit dovnitř předmětu a to tak dlouho, až bude dosaženo potřebné teploty pro pečení, tj. 70 – 80 °C. Při této teplotě dochází ke změně struktury bílkovin a kolagen se začíná rozpouštět. Teplota uvnitř nesmí být příliš vysoká, jinak se kolagenová vlákna smršťují a vytlačí tekutinu z masa. Pokrm by byl suchý.

Předpokládejme tedy, že husa je kulatá. Potom lze odvodit známý vztah mezi poloměrem koule a hmotností husy ( $V = \frac{4}{3}\pi r^3, V \propto m$ ), stačí změřit obvod husy. Délka pečení je úměrná  $r^2$ , tzn.  $t \propto \sqrt[3]{m^2}$ . Samozřejmě je třeba zohlednit teplotu trouby a vnitřní teplotu tělesa.

Využijeme-li termodynamiky, lze vypočítat přesnou délku procesu pečení, pro naše potřeby lze použít přibližný vztah

$$t = \left[ \frac{\sqrt[3]{m}}{\alpha(T_{tr} - T_u)} \right]^2, \text{ kde } \alpha = 0,0008526 \left[ \frac{\text{kg}^{\frac{1}{3}}}{\text{min}^{\frac{1}{2}} \text{ } ^\circ\text{C}} \right], \text{ kde } m \text{ je hmotnost v kg, } T_{tr} \text{ je teplota}$$

trouby,  $T_u$  je vnitřní teplota husy. Na základě vlastních zkušeností lze doporučit teplotu trouby 220 °C a vnitřní teplotu husy 75 °C. Po dosažení do výše uvedeného vztahu vypočítáme dobu pečení v minutách.

Byla odvozena následující tabulka, která nám může pomoci při přibližném odhadu doby pečení:

$T_u = 75^\circ\text{C}$	$T_{tr} = 220^\circ$	$T_{tr} = 200^\circ$	$T_{tr} = 180^\circ$
1.0 kg	65	88	125
2.0 kg	104	139	198
3.0 kg	136	183	259
3.2 kg	142	191	271
3.4 kg	148	199	282
3.6 kg	153	207	293
3.8 kg	159	214	304
4.0 kg	165	222	314

4.5 kg	178	240	340
5.0 kg	191	257	365
5.5 kg	204	274	389
6.0 kg	216	291	412
	[min]	[min]	[min]

Vzorec udává maximální dobu pečení. Není-li husa plněná, doba pečení se zkrátí asi o jednu třetinu.

Ochucení masa je možné docílit např. naložením masa do láku. Je ale třeba vzít v úvahu to, že vlivem osmózy pronikne nálev jen asi 10 mm do hloubky během 24 hodin. Maso by muselo být v nálevu několik dnů. Aroma lze však do masa vpravit pomocí injekce (např. ananasovou šťávu). Enzymy v ní obsažené pomáhají rozpouštět kolagen, ale vysokou teplotou se ničí.

Máme-li maso již připravené, husu potřeme máslem a vložíme do pekáče. Přidáme asi ½ litru horké vody, přikryjeme a vložíme do předehřáté trouby. Husu vodou nepoléváme, z hlediska fyzikálních zákonů je třeba si uvědomit, že v troubě je důležitá zejména pára, která přenáší teplo. Pokud nedáme do trouby vodu, maso samo pouští šťávu (vodu) a je potom suché. Asi po hodině pečení husu obrátíme. Krátce předtím, než je husa hotová (8 – 10 minut) potřeme husu roztokem, který obsahuje cukr (pomarančová šťáva, med, bílé víno). Cukr začne při vysoké teplotě karamelizovat (Maillardova reakce), vytvoří se hnědá kůrka. Dopečeme při nejvyšší teplotě trouby (asi 8 minut).

Poté by měla husa ještě 30 minut odpočívat. Kolagenová vlákna se uvolní a při rozkrajování vyteče méně šťávy.

### **Provázkový telefon**

Experimenty s provázkovým telefonem provádíme často a jsou velice dobře známé. Lze tento experiment ještě nějak změnit či upravit?

Navrhují kombinaci experimentu s využitím vlastního těla. Jeden z kelímků ustříháme, volný konec provázku ovážeme okolo hlavy, do zbývajících kelímků mluvíme. Nezapomeneme si prsty ucpat uši. Jinou variantou je, že druhý konec stisknu mezi zuby.

Lze ustříhnout i druhý kalíšek. Z konce provázku uděláme smyčku, kterou uvážeme kolem krku. Druhý konec opět stiskneme mezi zuby, ucpeleme uši a posloucháme.

## **Literatura**

- [1] Gruber, W.: *Die Genussformel. Kulinarische Physik*. 2008. Vorw. v. Johanna Maier. 304 Seiten mit Illustrationen v. Thomas Wizany, gebunden
- [2] Valadares, E. de Campos: *Physics, Fun, and Beyond*. Prentice Hall 2008.
- [3] <http://fyzweb.cuni.cz>