



## PRŮBĚH SAPONIFIKACE ANEB TROCHA TEORIE NIKOHO NEZABIJE

Úvodem si dovolím připomenout to, co jsme se o procesu saponifikace dozvěděli v úvodním webináři [přípravy mýdla metodou za studena](#) a v navazujícím webináři věnujícím se [přípravě mýdla metodou za tepla](#). A nyní se do toho pustíme od podlahy.

Tuky jsou složeny z triglyceridů, sloučenin jedné molekuly glycerinu se třemi molekulami mastných kyselin. Smyslem zmýdelnění/saponifikace je rozpojení této vazby a obsazení uvolněného místa v molekule mastné kyseliny sodíkem (příp. draslíkem v případě přípravy mýdlové pasty). Spojení mastné kyseliny a sodíku/draslíku, tzv. sodná/draselná sůl mastných kyselin je to, co nazýváme mýdlem.

Pro přípravu soli potřebujeme kyselinu a zásadu. Pro přípravu mýdla potřebujeme mastnou kyselinu a silnou, sodnou, draselnou (a teoreticky i amoniakovou) zásadu. Mastné kyseliny máme v tucích, zásada, se kterou je v našich domácích a technologických podmínkách příprava mýdla nejsnadnější, hydroxid sodný, resp. hydroxid draselný. Pro reakci zásady a kyseliny potřebujeme také vhodné prostředí, vodný roztok, který zjednodušuje pohyb molekul a umožňuje plné proběhnutí reakce.

### TEKUTINA

Prvním krokem při přípravě mýdla je tedy příprava vodného roztoku hydroxidu. Potřebné množství hydroxidu nám dle námi požadovaného složení tuků spočítá [mýdlová kalkulačka](#), potřebné množství vody navrhne také. Nicméně zde se mydláři nabízí možnost zásahu, množství vody potřebné pro proběhnutí reakce je v jistém rozsahu variabilní. **Nejmenší možné množství vody** je určené poměrem 1:1 k používanému množství hydroxidu, lze tedy pracovat s louhem již o velmi vysoké koncentraci, tedy 50%. **Obvyklé množství vody** doporučené mýdlovými kalkulačkami leží v rozpětí 33-38% celkového množství tuků, což většinou odpovídá poměru 1:2,2 - 1:3,2 k používanému množství hydroxidu (rozpětí je v závislosti na konkrétním složení tuků, při dolní hranici nacházíme málo přetučené čisté kokosové mýdlo, na horní hranici čisté olivové mýdlo s vyšším přetučením, uprostřed intervalu „25“), to znamená koncentraci louhu mezi 31 - 24%.

Ovšem okamžitě se vynořuje otázka - proč bychom to dělali? Existují důvody, pro které je redukce tekutiny a tedy zvyšování koncentrace louhu smysluplná. Asi nejznámějším je výroba olivového mýdla, tedy příprava mýdla výhradně z olivového oleje. Obecně platí, pokud je v receptu velmi vysoký obsah nenasycených mastných kyselin a tedy hodně nízký obsah mastných kyselin nasycených, rozbíhá se saponifikační reakce jenom velmi pomalu a s nevolí, směs tuků a louhu je třeba velmi dlouho míchat a přesto je nestabilní a opakovaně se dělí. V takovém případě výrazná redukce tekutiny pomůže stabilizovat emulzi tuků a louhu.

Větší množství tekutiny pomáhá naopak v případech, kdy potřebujeme udržet mýdlovou hmotu po delší dobu tekutou, kdy ovšem není obava o rozpojení, zlomení emulze.

Logickým důsledkem vyššího obsahu tekutiny, který napadne úplně každého, je delší doba prosychání a tím i tvrdnutí mýdla. Kromě toho však má mýdlo s vyšším obsahem vody výslednou alkalitu znatelně nižší, saponifikační reakce probíhá rychleji a je snadnější dosáhnout gelovou fází. Naopak mýdlo s nízkým obsahem tekutiny je sice dříve tvrdé a tedy se dá rychleji vyformovat a krájet, nicméně jeho výsledná alkalita je o trochu vyšší (přesto v bezpečném rámci), saponifikační reakce



probíhá pomaleji, je tedy vhodnější prodloužit dobu zrání, a toto mýdlo je méně snadné přivést do gelové fáze.

## EMULGACE LOUHU A TUKŮ

Recept máme spočítaný, suroviny odvážené, louh rozpuštěný. Jdeme na věc :)

Lijeme louh do tuků a stálým mícháním, ručně i ponorným mixérem, se snažíme o maximální kontakt molekul tuku a louhu, tj. rozbíjíme a zmenšujeme kapičky tuku ve vodném roztoku hydroxidu sodného/draselného, abychom maximalizovali plochu, na které probíhá kontakt molekul triglyceridů a reakcechtivých sodíkových (příp. o znatelnou špetku méně reakcechtivých draslíkových) a hydroxidových iontů. Zejména hydroxidové ionty, velmi nenažrané a útočné, jsou se stavem, ve kterém jim chybí elektron, velmi nespokojené. Tyto nyní útočí na triglyceridy v místě, kde jsou ke glycerinu napojeny mastné kyseliny, nejprve se dostanou ke krajním pozicím.

Z triglyceridů se postupně stávají diglyceridy a monoglyceridy, které mají emulgační potenciál (některé monoglyceridy používáme v kosmetice jako emulgátorů, např. glycerinstearát). V tuto chvíli máme drobné kapičky tuku obalené vrstvou di- a monoglyceridů (tj. emulgátoru) a také již vzniklých molekul mýdla (tj. tenzidu) rozprostřených rovnoměrně ve vodném roztoku, emulze se zahušťuje. Tuto situaci známe z míchání kosmetických přípravků, dostatečné množství emulgátoru a tenzidu (cca. 3-4%) zajišťuje stabilitu emulze. Mydlář zná fázi stopy z praxe, můžeme nyní lít do formy, jelikož je zabezpečeno, že se emulze nerozdělí a nastartovaná reakce bude pokračovat. Pokud - a tady se

dostáváme k dalšímu parametru, teplotě



## TEPLOTA

I v tomto momentě je ještě možnost, jak do procesu cíleně zasáhnout, a to řízením teploty. Jednak teploty louhu a tuků, při jaké je smícháme, jednak teploty, kterou získáme či udržujeme poté, co se nám podařilo dosáhnout stabilní emulze (obvykle je za ni považována fáze stopy, kreslení).

První možnost, teplota pro smíchání louhu a tuků. Pro začátečníky je doporučováno pracovat s mýdlovou hmotou o výchozí teplotě odpovídající tělesné teplotě, vyrovnané recepty (50% pevných tuků a 50% olejů) se při této teplotě chovají velmi standardně, mydlář má možnost se naučit poznávat fáze saponifikace a úspěšně se hmotou pracovat. Při nižší výchozí teplotě probíhá saponikační reakce pomaleji, při vyšší výchozí teplotě naopak rychleji. Rizikem příliš nízké teploty je ztuhnutí pevných tuků, aniž by se rovnoměrně rozprostřely ve vodném roztoku, tzv. *false trace*, falešná stopa (na druhou stranu i s velmi nízkou teplotou se dá pracovat, viz šlehané mýdlo, *whipped soap*), naopak rizikem příliš vysoké teploty je přehřátí a následné rozdělení mýdlové hmoty, rozbití emulze.

Ve chvíli, kdy se nám úspěšně podařilo dosáhnout stabilní emulze, (parfemovanou a nabarvenou) mýdlovou hmotu naplníme do formy. A nyní máme možnost dalšího řízení procesu saponifikace, a to teplotou, ve které budeme mýdlo ve formě udržovat. Pořád platí, čím vyšší teplota, tím rychlejší průběh saponifikace (až po onu hranici, kdy se mýdlová hmota přehřeje a emulze se rozdělí).

Rychlost saponifikační reakce máme na štěstí šanci sledovat doslova online, což nám umožnil Kevin



Dunn, profesor chemie na Hampden-Sydney College, který je autorem knihy *Scientific Soapmaking* a zabývá se přípravou mýdla metodou za studena. [Na svém kanálu na youtube](#) zveřejnil 4 videa ukazující průběh saponifikační reakce v prvních 8 hodinách. Směs tuků je totožná (je to jeho Delight, 39% olivového oleje, 28% kokosového tuku, 28% palmového tuku, 5% ricinového oleje), liší se od sebe buď obsahem vody („144“ jsou mýdlové hmoty připravené s louhem o 50% koncentraci, tedy  $\text{NaOH:H}_2\text{O} = 1:1$ , „288“ jsou mýdlové hmoty s dvojnásobným obsahem vody, tedy  $\text{NaOH:H}_2\text{O} = 1:2$ , koncentrace louhu je 33,3%), nebo se od sebe liší teplotou, ve které byla mýdlová hmota po oněch 8 hodin udržována (buď 40 nebo 60 stupňů Celsia).

Prohlédněte si nejprve mýdlovou hmotu s nízkým obsahem vody udržovanou při nízké teplotě (tj. „144 40“). Toto mýdlo za celých 8 hodin nevstoupí do fáze gelu. Nyní si prohlédněte naprosto totožnou mýdlovou hmotu při 60 stupních Celsia (tj. „144 60“), tady mýdlo vstupuje do gelové fáze mezi 42. a 43. vteřinou videozáznamu, tedy za necelé 3 hodiny.

Nyní si porovnejte mýdlovou hmotu s vysokým obsahem vody udržovanou při nízké teplotě (tj. „288 40“). Na konci osmé hodiny je vidět jistý náznak možného vstupu do gelové fáze. Oproti tomu tatáž mýdlová hmota při 60 stupních Celsia vstupuje do gelové fáze v 7. sekundě videozáznamu, tj. za nějakých 35-40 minut.

Přitom nesmíme zapomínat na skutečnost, že se v tomto případě jedná o mýdlovou hmotu s velmi vysokým podílem nasycených a s velmi nízkým podílem vícenásobně nenasyčených mastných kyselin, tedy o mýdlovou hmotu, která je k saponifikační reakci dosti svolná. A také nesmíme zapomínat na skutečnost, že saponifikační reakce je chemickou reakcí exotermickou, tedy reakcí, při které se uvolňuje tepelná energie. Je tedy vždy třeba uvažovat jednak teplo dodávané, jednak izolaci mýdlové hmoty a tedy unikání tepla a také přibývání tepelné energie v závislosti na průběhu saponifikační reakce. (A na tomto místě nemohu neupozornit na speciální recepty, zejména přítomnost cukru, vosku, rašeliny nebo smůly, které mýdlovou hmotu zvlášť intenzivně prohřívají.)

## GELOVÁ FÁZE

Čímž jsme se dostali k další fázi saponifikace, tedy ke gelové fázi, o které však již víme, že zdaleka není pro přípravu mýdla nezbytná. Proběhnutí či neproběhnutí gelové fáze sice ovlivňuje, jak brzy bude mýdlo zralé a vhodné k použití, nicméně ať s gelovou fází nebo bez, „mýdlo z toho bude vždycky“. Je to ovšem podivná fáze v procesu zmýdelnění, když ji vlastně není nutno, což..? Ono to je totiž tak...

To, co známe jako pevné mýdlo, *curd soap*, to jsou molekuly mýdla vykrystalizované do tří různých krystalových struktur, které známe v čisté podobě jako „gelované mýdlo“, „negelované mýdlo“ a „mokrý křída“. Poměr zastoupení těchto tří struktur určuje výslednou haptiku mýdla, přičemž rozhodující je zejména, jak vypadal teplotní management během celé doby zrání mýdla. Dalšími faktory jsou nejspíše vlhkost vzduchu a snad i atmosférický tlak.

Kdo se jednou setkal s „mokrým křídou“, chce se jí zcela jistě pro příště na hony vyhnout, takové mýdlo totiž praská, v ruce se rozpadá a extrémně rychle se odmyvá. Nejbezpečnější prevencí „mokré křídly“ je proběhnutí gelové fáze (a její pomalé, neurychlované chladnutí). Co je tedy gelová fáze?

Gelová fáze, *neat soap*, je jednoduše roztopené, roztavené mýdlo. Během procesu zmýdelnění, pokud



se nám podaří stávající molekuly mýdla roztopit, začíná velmi rychlá řetězová reakce, při které během krátké doby zreaguje převážná většina přítomných sodných/draselných a hydroxidových iontů.

Mýdlo se začíná tavit při o něco více než 60 stupních Celsia (přesná hodnota závisí na konkrétním složení tuků), ovšem skutečnost, zda se roztaví úplně, závisí od množství vody v mýdle. Čím méně vody, tím vyšší teploty je zapotřebí dosáhnout, aby se roztavilo zcela. Vraťme se o krok zpět k mýdlovým hmotám „Delight“ K. Dunna. Mýdlová hmota s nízkým obsahem vody připravená z 50% louhu ( $\text{NaOH}:\text{H}_2\text{O} = 1:1$ ) se sice začne někdy nad 60 stupni C tavit, ale skutečně roztopená (*neat soap*) je až při nějakých 70 - 75 stupních Celsia. Kdežto mýdlová hmota s vysokým obsahem vody připravená z 33,3% louhu ( $\text{NaOH}:\text{H}_2\text{O} = 1:2$ ) se začne topit takéž kousek nad hranicí 60 stupňů Celsia, ale stačí již jen o jediný stupeň Celsia víc a mýdlo se nachází zcela ve fázi gelu, *neat soap*.

I na tomto místě je na místě odkázat na [->názorná videa Kevina Dunna na youtube](#), která navíc velmi ilustrativně ukazují vliv teploty a množství vody na rychlost procesu saponifikace.

## GLYCERINOVÉ ŘEKY

Pokud jsou podmínky „příznivé“, mohou se během gelové fáze v mýdle (*neat soap*) vytvořit tzv. glycerinové řeky tvořící jakési žilkování (vzhledem k absenci vlastního mýdla s tímto efektem znatelným dovolím si vypůjčit fotku mýdla od Petry Sofie Handmade):



Víme, že mýdlové molekuly rozpuštěné v glycerinu (ale také v dalších alkoholech o krátkých řetězcích, či třeba v roztoku cukru) činí vytvrdlé, pevné mýdlo (*curd soap*) průhlednější, než když jsou tytéž mýdlové molekuly rozpuštěny ve vodě, kteréž to skutečnosti se využívá také při přípravě tzv. glycerinových mýdel.

V bouřlivé gelové fázi však může dojít k tomu, že ve velmi řídké mýdlové hmotě, tedy v mýdle roztopeném ve směsi vody a glycerinu, přičemž v přírodním mýdle bývá obsah glycerinu kolem 7-8% k celkovému obsahu tuků, se mohou jednotlivé kapičky glycerinu, těžšího než voda, shlukovat, a to i proto, že mýdlo je mnohem lépe rozpustné v glycerinu, než ve vodě. Pro vizuální představu se to dá připodobnit ke kapkám vody stékajícím po skle.

Glycerinových řek v mýdle si všimneme, pokud hmota mýdla obsahuje kromě samotných molekul



mýdla, glycerinu a vody navíc ještě pevné částice, nejčastěji se v praxi jedná o pigmenty, které mají sklon tvořit aglomeráty (pro zobrazení glycerinových řek jsou nejvýhodnější oxidy titanu a zinku), a které hmotu celého mýdla zneprůsvitní, takže dobře rozpoznáváme nejsvrchnější vrstvu. Významnější pro reflexi glycerinových řek je však skutečnost, že se tyto pevné částice v mnohem lépe rozpuštěné směsi mýdla a glycerinu propadají na dno této glycerinové vrstvy a zachytávají a sbírají se na okraji vrstvy mýdla rozpuštěného (mnohem hůře, proto významně hustější) ve vodě.

Prakticky se samozřejmě nejedná o plné rozdělení glycerinu a vody, jenom v převážné části mýdlové hmoty převažuje voda nad glycerinem nadprůměrně vysoko, kdežto v těch žilkovaných místech, která nazýváme právě glycerinovými řekami, je množství vody oproti ostatním částem mýdla na úkor glycerinu značně podprůměrné. Vznik glycerinových řek je navíc podpořen vyšším obsahem vody.