



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Inovace profesní přípravy budoucích učitelů chemie
CZ.1.07/2.2.00/15.0324**

VYBRANÉ KAPITOLY Z PRŮMYSLOVÉ CHEMIE

Mgr. Jana Prášilová

prof. RNDr. Jiří Kameníček, CSc.

Olomouc 2013

Oponenti: prof. RNDr. Jiří Příhoda, CSc.
prof. Ing. Karel Kolář, CSc.

Autoři: Mgr. Jana Prášilová
prof. RNDr. Jiří Kameníček, CSc.

Editor: doc. RNDr. Marta Klečková, CSc.

Publikace byla zpracována v rámci projektu Evropského sociálního fondu a Ministerstva školství mládeže a tělovýchovy České republiky „Inovace profesní přípravy budoucích učitelů chemie“ – Učitel chemie, reg. č. CZ.1.07/2.2.00/15.0324

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

1. vydání

© Jana Prášilová, Jiří Kameníček, Marta Klečková
© Univerzita Palackého v Olomouci, 2013

Neoprávněné užití tohoto díla je porušením autorských práv a může zakládat občanskoprávní, správněprávní, popř. trestněprávní odpovědnost.

ISBN

Neprodejné

Obsah

Úvod	5
1 Vybraná témata z anorganické technologie	9
1.1 Výroba kyslíku a dusíku	9
1.2 Výroba uhličitanu sodného	14
1.3 Výroba kyseliny sírové	18
1.4 Výroba chloru a hydroxidu sodného elektrolytickými metodami	23
2 Vybraná témata z organické technologie a biotechnologie	29
2.1 Výroba papíru	29
2.2 Výroba piva	35
2.3 Výroba mléčných výrobků	42
3 Použitá literatura a internetové odkazy	52

Příloha CD – PowerPointové prezentace zpracovaných témat

Úvod

Předložená publikace **Vybrané kapitoly z průmyslové chemie** reaguje na požadavky učitelů chemie středních škol: doplnit a inovovat některé kapitoly chemických technologií; obsahuje čtyři zpracovaná témata z oblasti anorganické chemie a tři z okruhu organické chemie a biotechnologie.

Publikace vznikla v rámci EU projektu č. CZ 1.07/2.2.00/15.0324 „Inovace profesní přípravy budoucích učitelů chemie“. Jejím cílem je napomoci učitelům chemie i studentům učitelství chemie v rámci vysokoškolského studia při přípravách na vyučovací hodiny, na semináře didaktiky chemie a během pedagogické praxe.

Součástí publikace jsou v příloze zařazené PowerPointové prezentace (na CD), které obsahují fotografie, videosekvence i animace dějů průmyslových výroby. Věříme, že text přispěje ke zlepšení výuky v této oblasti chemie.

Technologická témata z oblasti anorganické chemie byla z hlediska obsahu a rozsahu vyhledávána a porovnávána v 11 středoškolských učebnicích [1-11]. Z výsledků obsahové analýzy [12] lze konstatovat, že zpracování průmyslových výroby významných látek není, až na výjimky, ve studovaných učebnicích uspokojivé a řada kapitol vyžaduje přepracování či doplnění. Při porovnání se zahraničními publikacemi (např. [13]; [14]) zjišťujeme, že velkým nedostatkem studovaných českých učebnic je, absence vhodných obrázků, schémat a fotografií.

Zajímavé výsledky dotazníkového šetření provedeného na vybraných gymnáziích v ČR a jejich porovnání s gymnaziálními učebnicemi chemie jsou uvedeny v Tabulce 1.

V rámci dotazníkového šetření měli možnost učitelé gymnázia uvést témata, která požadují doplnit či nově zpracovat. Většina z celkového počtu 97 respondentů však neuváděla konkrétní témata; vyjadřovali se spíše obecně. Mezi konkrétními tématy byla na prvních příčkách Výroba surového železa a oceli, Výroba anorganických kyselin a Elektrolýza roztoku chloridu sodného.

Výroba železa a oceli je v řadě učebnic relativně dobře zpracována, proto jí není v publikaci věnovaná pozornost. Autoři se zaměřili na výrobu kyslíku a dusíku, sody, výrobu vybraných anorganických kyselin a elektrolýzu chloridu sodného.

Tabulka 1: Porovnání výskytu vybraných témat v učebnicích chemie a jejich vyučování respondenty
(f_i = relativní četnost vyučování tématu)

Téma	Výskyt tématu (schématu) ve studovaných učebnicích (celkem 11)	f_i vyučování tématu učiteli chemie (%)
Výroba kyslíku a dusíku	8	97
nákres rektifikační kolony	2	18
Výroba chloru	3	98
nákres elektrolyzéru	2	58
Výroba kyseliny sírové	7	96
schéma kontaktního tělesa	1	20
Výroba hydroxidu sodného elektrolýzou	5	74
princip diafragmové metody	1	73
princip amalgámové metody	2	50
Výroba uhličitanu sodného	5	
schéma Solvayovy metody	3	13
Výroba křemíku	3	42
Technologie vody	7	100
princip funkce iontoměničů	1	36

Obsah a rozsah témat z organické technologie byl zkoumán v devíti učebnicích [15-23], ve kterých je největší pozornost věnována fosilním surovinám (uhlí, ropa a zemní plyn) a problematice plastických hmot. Uvedená témata jsou v několika učebnicích zpracována přehledně a do výuky je zařazuje většina učitelů (četnost odpovědí respondentů v dotazníkovém šetření přesahovala výrazně 50 %). Přehled uvádí Tabulka 2.

Tabulka 2: Porovnání výskytu vybraných témat v učebnicích chemie a jejich vyučování respondenty
(f_i = relativní četnost vyučování tématu)

Téma	Výskyt tématu ve studovaných učebnicích (celkem 9)	f_i vyučování tématu učiteli chemie (%)
Fosilní suroviny		
ropa	4	100
zemní plyn	4	99
uhlí	4	97
Technologie plastů – principy		
polymerace	4	99
polykondenzace	4	89
polyadice	2	79
Technologie plastů – plastické hmoty		
kaučuk	2	88
PVC	3	92
PE	3	92
PS	2	92
PTFE (teflon)	3	86

Problematiku výroby plastických hmot mohou učitelé najít i v literatuře. Například v publikaci *Vybraná témata pro výuku chemie: 1. část*. [24], která je součástí série výukových materiálů vytvořených v rámci grantu EU projektu OPVK CZ.1.07/2.2.00/15.0324 „Inovace profesní přípravy budoucích učitelů chemie“, je uvedena kapitola Makromolekulární látky.

Z většiny učebnic postupem času vymizelo zpracování celulózy a výroba papíru, proto následující text na problematiku zaměří.

Zpracování biotechnologických témat bylo studováno v pěti učebnicích [7, 15, 16, 21, 22]. Ačkoliv výrobu „všeobecně známých alkoholických nápojů“ uvádí nadpoloviční většina respondentů, v rámci přípravy do vyučovací hodiny se musejí učitelé spolehnout na jiný zdroj než středoškolské učebnice (viz Tabulka 3).

Tabulka 3: Porovnání výskytu vybraných témat v učebnicích chemie a jejich vyučování respondenty
(f_i = relativní četnost vyučování tématu)

Téma	Výskyt tématu ve studovaných učebnicích (celkem 5)	f_i vyučování tématu učiteli chemie (%)
Výroba piva	2	77
Výroba lihu	1	76
Výroba vína	1	56
Výroba octa	3	56
Výroba mléčných výrobků	1	43
Výroba cukru	4	80
Schéma výroby	1	12

Z oblasti biotechnologie požadovalo nejvíce respondentů zpracovat téma Výroba piva. Výroba mléčných výrobků v učebnicích, až na [16], chybí. Pravděpodobně vzhledem k tomuto faktu a k vyzdvihování zdravého životního stylu je téma výroby mléčných výrobků žádáno učiteli.

Výroba cukru je zpracována v publikaci [24], proto jí zde nebude věnována pozornost.

Autoři

říjen 2013

1 Vybraná témata z anorganické technologie

1.1 Výroba kyslíku a dusíku

Autoři analyzovaných učebnic uvádějí, bez bližšího vysvětlení, nejčastěji následující větu: „Kyslík a dusík se vyrábějí rektifikací kapalného vzduchu.“

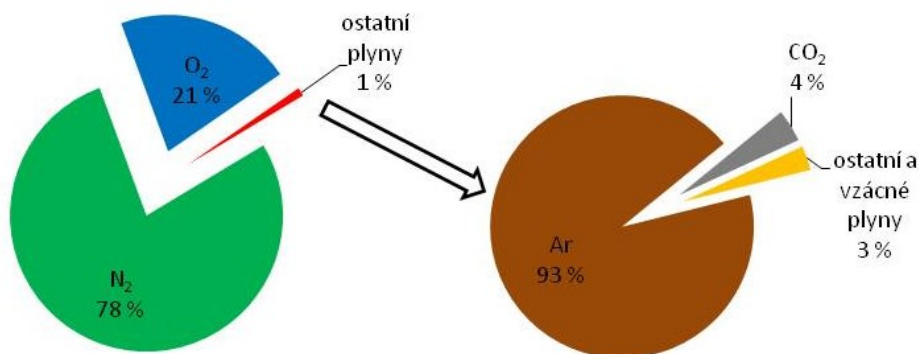
Pro pochopení problematiky je třeba odpovědět na několik otázek:

- 1) Jaký je obsah kyslíku a dusíku ve vzduchu?
- 2) Jakým způsobem lze vzduch zkapalnit?
- 3) Jak se oddělí jednotlivé složky směsi kapalného vzduchu?
- 4) Existují i jiné metody pro výrobu kyslíku a dusíku?

1) Jaký je obsah kyslíku a dusíku ve vzduchu?

Vzduch je směsí plynů, z nichž největší podíl tvoří právě dusík (cca 78 obj. %) a kyslík (cca 21 obj. %) – viz Graf 1. Zbytek představuje argon, oxid uhličitý, ozon, vodní pára, odpadní a další vzácné plyny (viz Tabulka 4). Vzduch je tedy vhodnou surovinou pro získávání kyslíku a dusíku.

Graf 1: Podíl kyslíku a dusíku ve vzduchu vyjádřený v objemových procentech



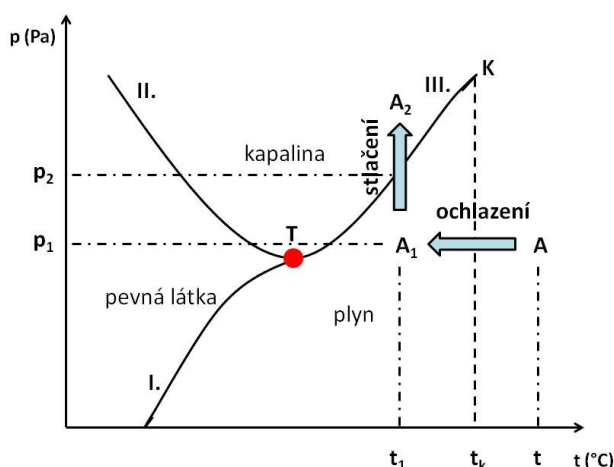
Tabulka 4: Obsah vybraných plynů ve vzduchu vyjádřený v objemových procentech (upraveno [25])

Plyn	Obj. %
dusík	78,00
kyslík	21,00
argon	0,93
oxid uhličitý	0,03
ostatní plyny	0,03

2) Pro rektifikaci je třeba mít vzduch v kapalné formě. Jakým způsobem lze vzduch zkapalnit?

Obecné vysvětlení lze demonstrovat na isotermickém fázovém diagramu látky A (Graf 2). Látky existují při vhodné kombinaci teploty a tlaku v různých fázích (plyn, kapalina či pevná látka), které jsou vzájemně v rovnováze.

Graf 2: Fázový diagram látky A



Popis grafu:

T - trojný bod (koexistence tří fází)
K - kritický bod
A - plyn
A₁ - plyn
A₂ - kapalina
t – teplota plynu A
t_k – kritická teplota
t₁ – teplota plynu A₁
p₁ – tlak plynu A₁
p₂ – tlak rovnováha plyn/kapalina
I. – sublimační křivka
II. – křivka tání
III. – křivka nasycených par

Látka existuje při teplotě t a tlaku p_1 jako plyn (bod A, Graf 2). Ochladíme-li plyn při konstantním tlaku na teplotu t_1 (pod tzv. kritickou teplotu – nejvyšší teplota, při níž ještě může dojít ke zkapalnění zvýšeným tlakem), získáme plyn ve stavu A₁. Zvýšením tlaku nad hodnotu p_2 přejde plyn A₁ na kapalinu A₂. Z grafu je patrné, že čím více ochladíme plyn pod kritickou teplotu, tím nižší tlak stačí k jeho zkapalnění.

Vzhledem k tomu, že vzduch je směs a každá složka má jinou kritickou teplotu (viz Tabulka 5), bylo třeba najít optimální postup pro zkapalnění a oddělení kyslíku a dusíku.

Tabulka 5: Teplota varu a kritická teplota hlavních složek vzduchu (zaokrouhleno)

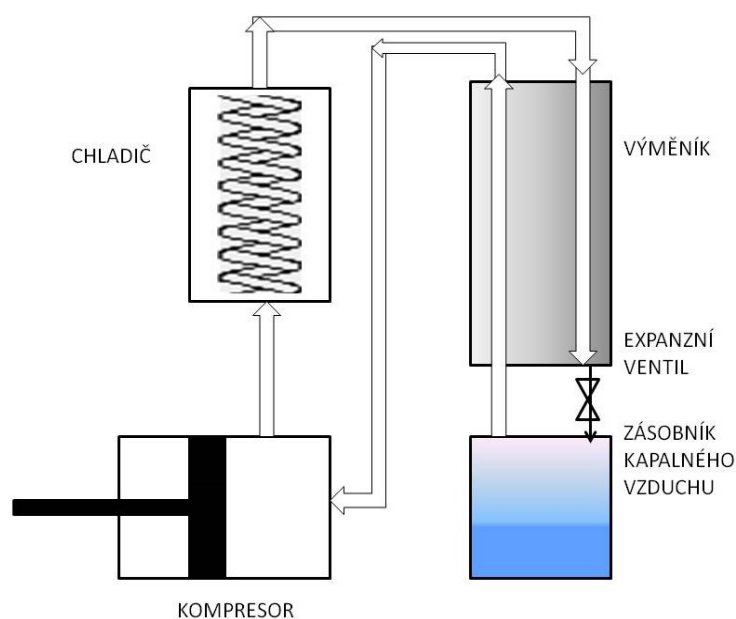
Složka	Kritická teplota (°C)	Teplota varu (°C) při normálním tlaku
dusík	- 147	- 196
kyslík	- 119	- 183
argon	- 86	- 186
oxid uhličitý	+ 31	- 78

Před zkapalněním se vzduch nejprve **zbavuje nežádoucích složek**, např. vodní páry, oxidu uhličitého a prachových částic. Další nežádoucí složky by při výrobních teplotách (viz teploty varu v Tabulce 5) a tlacích existovaly jako pevné látky (krystalky) a

znemožňovaly by výrobní proces (např. by mohlo dojít k ucpání ventilů). Celý proces očištění a zkapalnění lze popsat v následujících krocích (popis vysokotlakého Lindeho způsobu):

- proháněním přes filtr se vzduch zbaví prachových částic
- průchodem přes komoru s hydroxidem sodným se odstraní oxid uhličitý
- za použití vysoušecí látky je ze vzduchu odstraněna vodní pára
- vzduch se stlačí, čímž vzroste jeho teplota a následně ochladí vhodným chladicím médiem v chladiči
- nechá se prudce expandovat přes škrticí ventil do expanzní nádoby, čímž dojde u většiny plynů k poklesu teploty (dle Joule-Thomsonova jevu)
- další expanzí dojde k dalšímu poklesu teploty a zkapalnění vzduchu

Zařízení pracuje kontinuálně, cyklicky (viz Obrázek 1).



Obrázek 1: Lindeho způsob zkapalňování vzduchu

3) Jak se rozdělí složky směsi kapalného vzduchu?

K oddělení jednotlivých složek kapalného vzduchu (zbaveného nežádoucích příměsí) se využívá frakční destilace - rozdělení složek na základě jejich rozdílné teploty varu (viz Tabulka 4). Zařízení je sestaveno ze dvou spojených dělicích kolon (viz Obrázek 2).

a) dolní – vysokotlaká kolona

podmínky: tlak 0,5 MPa

teplota ve spodní části -175 °C

teplota ve vrchní části kolony -179 °C

probíhají procesy:

- kapalný vzduch je přiváděn do spodní části kolony
- dusík obsažený ve vzduchu vře za vyššího tlaku při vyšší teplotě (-175 °C), než je jeho teplota varu za normálního tlaku (-196 °C)
- páry dusíku se shromažďují ve vrchní části kolony
- po ochlazení par v horní části kolony klesá dolů kapalina ochuzená o část dusíku
- páry bohaté na dusík se odvádějí do vrchní části horní kolony

b) horní – atmosférická kolona

podmínky:

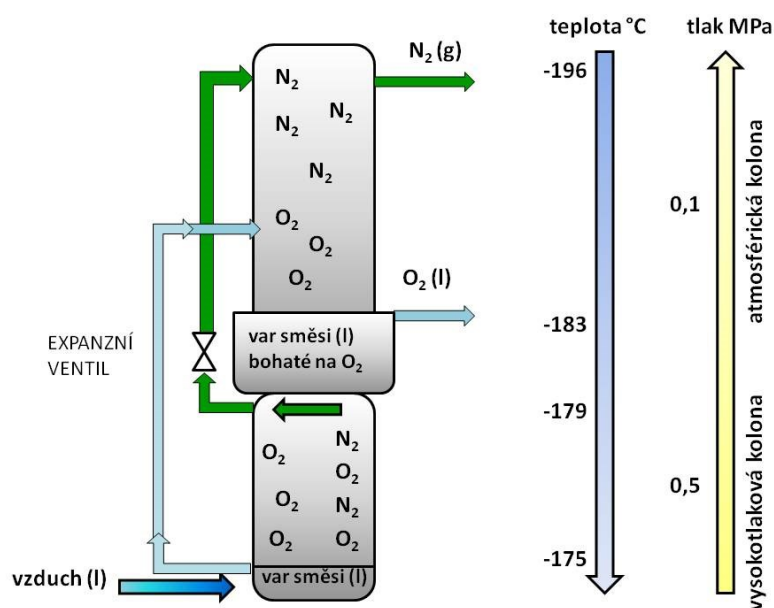
tlak 0,1 MPa

teplota ve spodní části -183 °C

teplota ve vrchní části -196 °C

probíhají procesy:

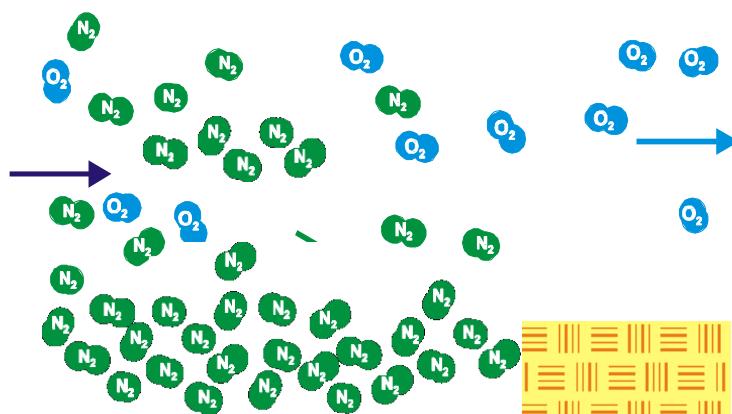
- do středu atmosférické kolony se nastříkuje kapalina bohatá na kyslík
- ve spodní části kolony kapalina bohatá na kyslík vře a páry stoupají do vrchní části kolony
- zde se setkají s parami bohatými na dusík z dolní komory
- dole se hromadí kapalina sestávající téměř z čistého kyslíku (I)



Obrázek 2: Zjednodušené schéma oddělování složek kapalného vzduchu

4) Existují i jiné metody pro oddělování kyslíku a dusíku?

Pro dělení vzduchu byla vyvinuta metoda založená na adsorpci plynu na molekulových sítích (látka s přesně definovanou velikostí pórů) – metoda PSA (**P**ressure **S**wing **A**dsorption). Jestliže chceme oddělit ze vzduchu dusík, použijeme jako molekulové síto zeolit (jílová látka). Vzduch prochází za zvýšeného tlaku (dusík se lépe adsorbuje) molekulovým sítem a zachycuje se na jeho povrchu. Kyslík (a další plyny) procházejí volně. Poklesem tlaku zpět na atmosférický dojde k uvolnění dusíku ze síta a jeho jímání. Celý proces trvá několik sekund.



Obrázek 3: Separace dusíku na molekulových sítích (převzato z [18])

Návod na vhodný experiment k tématu – demonstrační pokus

Důkaz kyslíku a dusíku ve vzduchu

Pomůcky: kachlík, kádinka o objemu 400 cm³, čajová svíčka, miska s pískem

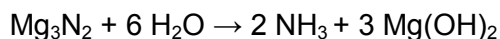
Chemikálie: hořčičkové hobliny

Pracovní postup:

- do misky s pískem umístíme čajovou svíčku a zapálíme,
- hořící svíčku přikryjeme kádinkou, pozorujeme změny,
- na kachlík dáme lžičku hořčičkových hoblin, umístíme na misku s pískem,
- hobliny zapálíme a přikryjeme kádinkou, kterou zatlačíme do písku, pozorujeme změny.

Pozorování: Po vyčerpání kyslíku pod kádinkou, svíčka zhasne. Hořčík po spotřebování kyslíku začne reagovat s dusíkem na nitrid a hoří tedy déle. Přítomnost nitridu hořečnatého v produktu lze prokázat přidáním vody, která nitrid rozloží za

vzniku amoniaku, který lze prokázat Nesslerovým činidlem (popř. identifikovat čichem či ovlhčeným pH papírkem).



1.2 Výroba uhličitanu sodného

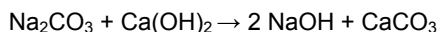
Vzhledem k tomu, že Solvayova metoda výroby je vhodným příkladem téměř bezodpadové technologie a na výrobním postupu lze demonstrovat případ, kdy produkty jedné reakce jsou výchozími látkami druhé reakce, vyžaduje doplnění informací v učebnicích.

Doplnění informací se zaměří na následující oblasti:

- 1) K čemu se soda (uhličitan sodný) prakticky využívala a využívá?
- 2) Jakým procesem se soda v současné době vyrábí?
- 3) Jaký je princip a jaké jsou výhody Solvayovy metody?

1) *K čemu se soda (uhličitan sodný) prakticky využívala a využívá?*

V 19. století byla soda velmi důležitým produktem chemického průmyslu, používala se hojně ve sklářském (součást směsi pro tavení) a papírenském průmyslu (sulfátový způsob výroby), při výrobě mýdel (zmýdelňování tuků) a především pro starší způsob výroby hydroxidu sodného - „kaustifikace sody“:

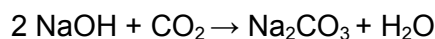


Uhličitan sodný se využíval a používá v potravinářství pro přípravu oxidu uhličitého (rozkladem sody kyselinou) k sycení nápojů – odtud název „sodovka“.

V současnosti se stále využívá ve sklářském a papírenském průmyslu. Důležitou roli má v potravinářském průmyslu, jako neutralizační činidlo při výrobě detergentů a využívá se také k změkčování vody.

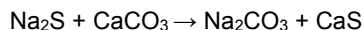
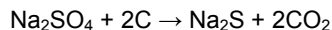
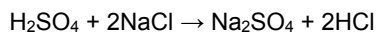
2) *Jakým procesem se soda v současné době vyrábí?*

Vzhledem k tomu, že se dnes hydroxid sodný vyrábí elektrolyticky rozkladem roztoku chloridu sodného, nemá již soda pro jeho výrobu příliš velký význam (bylo by to příliš nákladné). Naopak, uhličitan sodný lze získat neutralizací hydroxidu sodného pomocí CO_2 .



3) Jaký je princip a jaké jsou výhody Solvayovy metody?

V dávných dobách se soda (hlavně však potaš K_2CO_3) získávala loužením popela z mořských rostlin. Do roku 1920 se pro výrobu sody využíval Le Blancův postup:



Solvay navrhl kontinuální proces výroby, který je prakticky bezodpadový. I od tohoto postupu se postupně od roku 1950 upouští a přechází se na neutralizační reakci (viz výše).

Solvayův způsob výroby využívá (vyjma CaCl_2) všechny produkty jednotlivých reakcí zároveň jako výchozí látky pro reakce následující výroby (viz Obrázek 4).

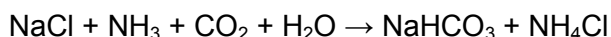
Výrobní proces probíhá v několika krocích:

1. krok: *Absorpce amoniaku do roztoku chloridu sodného v tzv. absorbéru.*

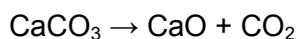
Roztok chloridu sodného o koncentraci 300 g dm^{-3} se nasýtí amoniakem.

2. krok: *Nasycení směsi oxidem uhličitým v tzv. karbonatační koloně.*

Z absorbéru přechází roztok nasycený amoniakem do karbonatační kolony, do které je přiváděn oxid uhličitý. Dochází k neutralizaci amoniaku a vzniklý hydrogenuhličitan amonný reaguje s chloridem sodným na hydrogenuhličitan sodný a chlorid amonný. V karbonatační koloně probíhá následující reakce:



Oxid uhličitý se připravuje tepelným rozkladem uhličitanu vápenatého ve vápence:



3. krok: *Filtrace směsi chloridu amonného a méně rozpustného hydrogenuhličitanu sodného na vakuových rotačních filtrech.*

Ochlazením roztoku vzniknou krystaly hydrogenuhličitanu sodného, které lze odfiltrovat na rotačních vakuových filtrech, rozpustnější NH_4Cl zůstane v roztoku.

4. krok: *Tepelný rozklad hydrogenuhličitanu sodného v kalcinační peci.*

V kalcinační peci se hydrogenuhličitan sodný převede při $140 - 220^\circ\text{C}$ na uhličitan sodný.

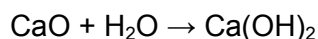


Oxid uhličitý se odebírá z kalcinační pece a využívá se pro syčení v karbonatační koloně.

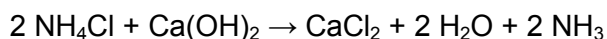
5. krok: Regenerace amoniaku.

Chlorid amonný, který zůstane po filtraci na vakuových filtrech v roztoku, se využívá pro regeneraci amoniaku.

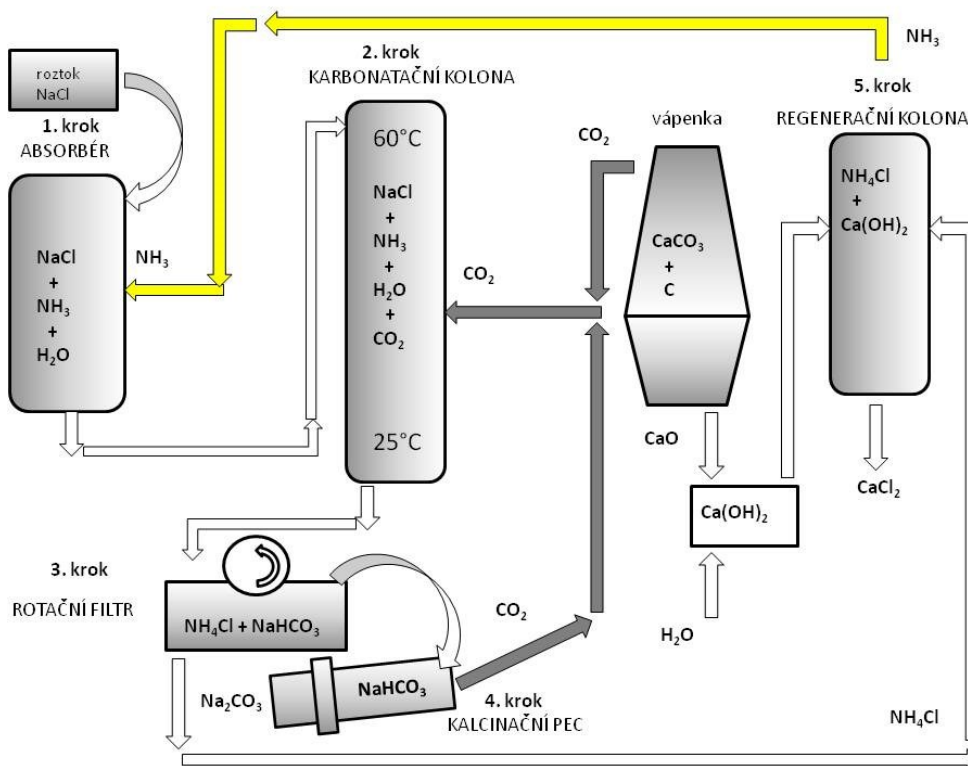
Oxid vápenatý, který vzniká jako produkt ve vápenkách, se hašením vodou převede na hydroxid vápenatý.



V amoniakové regenerační koloně spolu reagují chlorid amonný a hydroxid vápenatý.



Jediným produktem, který se dále ve výrobě dále nevyužívá, je chlorid vápenatý.



Obrázek 4: Schéma výroby uhličitanu sodného Solvayovou metodou

Návody na vhodné experimenty k tématu

- demonstrační pokus (až ve fázi 3 a 4 je možné zapojit do práce studenty)

Příprava hydrogenuhličitanu sodného a kalcinované sody

1. fáze: Rozpouštění chloridu sodného v koncentrovaném roztoku amoniaku

Pomůcky: Erlenmeyerova baňka 250 cm³, zátka, filtrační aparatura, varná baňka s rovným dnem 500 cm³

Chemikálie: koncentrovaný roztok amoniaku, chlorid sodný

Pracovní postup:

- do baňky o objemu 250 cm³ nalijeme 60 cm³ koncentrovaného roztoku amoniaku,
- přidáme 15 g chloridu sodného, zazátkujeme a třepeme, dokud se všechna sůl nerozpustí,
- roztok zfiltrujeme do varné baňky s rovným dnem.

2. fáze: Sycení roztoku oxidem uhličitým

Pomůcky: frakční baňka, dělicí nálevka, gumové hadičky, prázdná promývačka, skleněná trubička – kolínko

Chemikálie: uhličitan vápenatý, kyselina chlorovodíková (1:1)

Pracovní postup:

- na dno frakční baňky dáme 3 lžičky uhličitanu vápenatého,
- dělicí nálevku umístíme na frakční baňku a vlijeme do ní 100 cm³ kyseliny chlorovodíkové,
- pomocí hadiček připojíme na frakční baňku prázdnou promývačku,
- na promývačku napojíme trubičku (kolínko) kterou ponoříme do roztoku amoniaku s chloridem sodným,
- postupným přikapáváním kyseliny chlorovodíkové na uhličitan vápenatý začneme vyvíjet oxid uhličitý, který zavádíme trubičkou do připraveného roztoku,
- oxid uhličitý zavádíme do baňky za občasného protřepávání tak dlouho, až se roztok zakalí.



3. fáze: Získání hydrogenuhličitanu sodného

Pomůcky: Büchnerova nálevka, odsávací baňka

Pracovní postup:

- roztok nasycený oxidem uhličitým ochladíme,
- vyloučené krystaly odsajeme na Büchnerově nálevce a vysušíme mezi listy filtračního papíru.

4. fáze: Příprava uhličitanu sodného

Pomůcky: stojan, železný kruh, porcelánová miska, skleněná tyčinka

Pracovní postup:

- vysušený hydrogenuhličitan sodný nasypeme do porcelánové misky,
- misku umístíme na železný kruh a za stálého míchání žíháme,
- žíhání ukončíme, až kompaktní pevná látka přejde na jemný prášek.



Poznámka: Dílčí experimenty lze doplnit zkumavkovými reakcemi dokládajícími vznik jednotlivých produktů a meziproduktů.

1.3 Výroba kyseliny sírové

Kyselina sírová je jednou z nejdůležitějších anorganických kyselin. V učebnicích chemie je popisován především kontaktní způsob výroby, schéma je však uvedeno pouze v učebnici [7]).

Pozn.: Stále v některých učebnicích uváděný zastaralý tzv. nitrózní způsob výroby H_2SO_4 založený na oxidaci SO_2 pomocí NO_2 (zjednodušeně: $\text{SO}_2 + \text{NO}_2 \rightarrow \text{SO}_3 + \text{NO}$) se již nepoužívá, takže nebude diskutován.

Doplnění informací se zaměří na následující oblasti:

- 1) Jakým procesem se kyselina sírová v současné době vyrábí?
- 2) Jaké jsou hlavní stupně výroby kyseliny sírové?

1) Jakým procesem se kyselina sírová v současné době vyrábí?

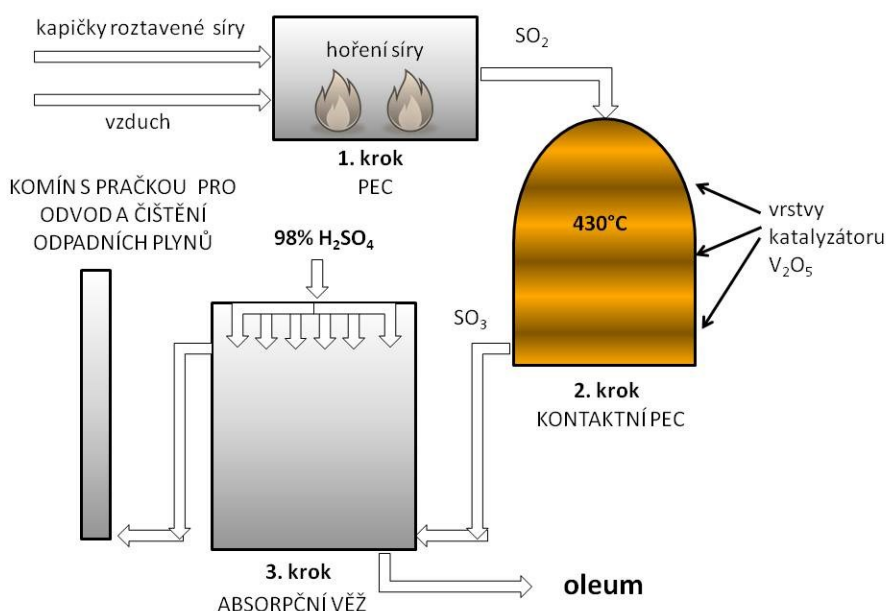
Kyselina sírová se dnes převážně vyrábí tzv. **kontaktním způsobem**. Název vychází z inovace výrobní metody, kdy problémy s oxidací oxidu siřičitého byly vyřešeny **kontaktem** s vhodným katalyzátorem.

Základní surovinou pro výrobu kyseliny sírové v České republice je elementární síra těžená v Polsku. Ve světě se využívá nejen síra těžená, ale také získaná při čištění zemního plynu, z koksoven a jiných odsiřovacích procesů.

2) Jaké jsou hlavní stupně výroby kyseliny sírové?

Výroba kyseliny sírové sestává ze tří hlavních kroků (viz Obrázek 5).

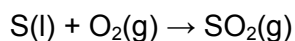
- 1) příprava oxidu siřičitého,
- 2) katalytická oxidace oxidu siřičitého na oxid sírový,
- 3) reakce oxidu sírového až na kyselinu sírovou.



Obrázek 5: Zjednodušené schéma kontaktního způsobu výroby kyseliny sírové

1. krok: Příprava oxidu siřičitého.

Oxid siřičitý se připravuje spalováním síry. Kapičky roztavené síry se vstříkují do pece, kde se vlivem reakčního tepla rychle vypaří.

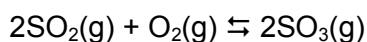


Oxid siřičitý je možné připravit také pražením sulfidických a polysulfidických rud, např. sulfidu olovnatého (galenit), disulfidu železnatého (pyrit) aj. Při reakci se však z rud uvolňují tzv. katalytické jedy (např. sloučeniny arsenu), které znehodnocují katalyzátor používaný v druhém kroku výroby.

2. krok: Katalytická oxidace oxidu siřičitého na oxid sírový.

Tato oxidace je důležitý a obtížný krok, má několik úskalí a problémů, které byly postupem času vyřešeny.

- reakce je vratná (reverzibilní) a exotermická
- SO_3 se při teplotě nad $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ rozkládá
- oxidace SO_2 na SO_3 probíhá za nízké teploty nepříliš ochotně a pomalu

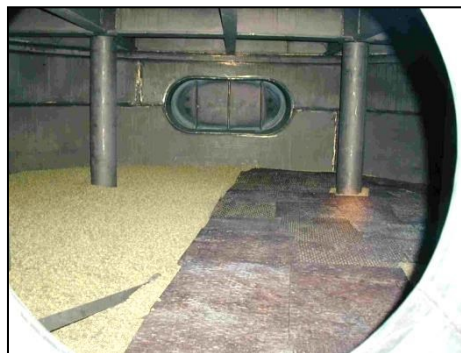


Aby reakce probíhala efektivně, byla zvolena teplota cca $430\text{ }^{\circ}\text{C}$, chlazení plynu a pro urychlení reakce byl využit katalyzátor. Původní platinový katalyzátor byl nahrazen oxidem vanadičným, který je méně senzitivní ke katalytickým jedům.

Oxid vanadičný je nanesen na křemelině ve tvaru válečků, kuliček nebo prstenců (viz Obrázek 6).



Obrázek 6: Upravený katalyzátor



Obrázek 7: Pohled na patro kontaktního tělesa s katalyzátorem oxidem vanadičným (převzato z [31])

V tzv. kontaktním tělese je nasypáno přibližně 80 tun katalyzátoru rozdělených do čtyř až šesti vrstev, mezi nimiž jsou zařazeny trubkové výměníky tepla (viz Obrázek 7).

3. krok: Reakce oxidu sírového až na kyselinu sírovou.

Oxid sírový je polymerní tuhá látka, která snadno sublimuje a je obsažen v plynné reakční směsi v relativně nízké koncentraci – 10 % obj. Nelze ho přímo nechat reagovat s vodou či s vodní párou, neboť tato reakce má v plynné fázi příliš bouřlivý průběh a vzniká přitom mlha kyseliny sírové, kterou lze jen velmi obtížně zachytit a převést do kapalně fáze. Z uvedených důvodů je v tzv. absorpčních

věžích oxid sírový zkrápěn chlazenou 98% kyselinou sírovou, čímž vzniká tzv. oleum, obsahující obecně polysírové kyseliny, hlavně kyselinu disírovou:



Absorpční věž je vyrobena z oceli a je vyzděná kyselinovzdornou vyzdívkou.

Návody na vhodné experimenty k tématu

- demonstrační pokusy

1/ Dehydratační účinky kyseliny sírové – dehydratace hydratovaných solí

Pomůcky: Petriho miska, pipeta

Chemikálie: $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ (modrá skalice), konc. H_2SO_4

Pracovní postup:

- na Petriho misku dáme malou lžičku krystalů pentahydrátu síranu měďnatého,
- pomocí pipety pokapeme krystalky cca 3 cm^3 koncentrované kyseliny sírové,
- pozorujeme změny.

Pozorování: Koncentrovaná kyselina sírová odnímá síranu měďnatému hydrátovou vodu. Původně modrý pentahydrát síranu měďnatého přejde na světle modrou až bílou barvu (bezvodá sůl).

2/ Dehydratační účinky kyseliny sírové – „černá zmije“

Pomůcky: 2 kádinky 100 cm^3

Chemikálie: cukr (sacharóza), konc. H_2SO_4 (98%)

Pracovní postup:

- z $\frac{1}{4}$ kádinku naplníme cukrem,
- cukr zalijeme koncentrovanou kyselinou sírovou (použijeme ochranné pomůcky) a pozorujeme změny.

Pozorování: Koncentrovaná kyselina sírová odnímá organickým látkám vázaný vodík a kyslík v poměru (2:1). V kádince zbude z cukru černá hmota sestávající převážně z uhlíku, která nabobtná uvolňujícím se oxidem uhličitým. Reakce je silně exotermická.

3/ Ředění kyselin

Pomůcky: kádinka 500 cm³, kádinka 100 cm³, teploměr skleněná tyčinka, stříčka s vodou, Petriho miska

Chemikálie: koncentrovaná kyselina sírová

Pracovní postup:

- kádinku 500 cm³ naplníme do 1/3 destilovanou vodou a změříme její teplotu,
- kádinku umístíme nejlépe do dřezu,
- z malé kádinky opatrně přiléváme do vody koncentrovanou kyselinu sírovou, po zamíchání skleněnou tyčinkou změříme teplotu směsi,
- pozorujeme změnu teploty,
- na Petriho misku nalijeme koncentrovanou kyselinu sírovou,
- misku místíme do digestoře,
- stříčkou **opatrně** přidáváme vodu,
- pozorujeme změny na hladině.

U obou postupů je třeba dodržovat zásady bezpečné práce – používat veškeré ochranné pomůcky (brýle popř. štít, rukavice).

Pozorování: Při správném ředění (kyselinu lijeme do vody) pozorujeme vzrůstající teplotu směsi. Přidáváme-li vodu ke kyselině – na hladině můžeme pozorovat vypařující se vodu, popř. odstříkující kapky vody s kyselinou sírovou. Při druhé variantě pokusu je třeba dbát bezpečnosti!!!

Žákovský pokus

4/ Dehydratační účinky kyseliny sírové – tajné písmo

Pomůcky: arch filtračního papíru, skleněná tyčinka, svíčka

Chemikálie: zředěná H₂SO₄ (1:4)

Pracovní postup:

- pomocí skleněné tyčinky napíšeme zředěnou kyselinou sírovou na papír text,
- text necháme uschnout,
- nad plamenem svíčky (v bezpečné výšce) zahřejeme papír s textem,
- pozorujeme změny.

Pozorování: Zahříváním nad plamenem odstraníme ze zředěné kyseliny sírové vodu. Následně se projeví účinek koncentrované kyseliny sírové na organické látky – odejmutí vázaného vodíku a kyslíku v poměru (2:1). Nápis na papíře zčerná (zuhlennatí).

1.4 Výroba chloru a hydroxidu sodného elektrolytickými metodami

Problematika elektrolýzy chloridu sodného je v učebnicích podrobněji rozebírána v rámci průmyslové výroby hydroxidu sodného. Autoři učebnic se zpravidla omezují pouze na krátký popis diafragmové, popř. amalgámové metody, a zápis dějů pomocí zjednodušených rovnic. Schéma obou způsobů výroby s popisem je uvedeno v učebnici [19] a [8], nákres elektrolyzérů s popisem v učebnici [5].

V rámci doplnění informací je třeba zaměřit pozornost na následující otázky:

- 1) Jaké jsou hlavní rozdíly mezi elektrolýzou roztoku a taveniny chloridu sodného?
- 2) Čím se liší základní metody průmyslové výroby hydroxidu sodného?
- 3) Výhody a nevýhody použití jednotlivých metod?

1) Jaké jsou hlavní rozdíly mezi elektrolýzou roztoku a taveniny chloridu sodného?

Při porovnávání obou procesů je bezpodmínečně nutné vzít v úvahu přítomnost iontů v tavenině a roztoku a jejich reakce probíhající na elektrodách (viz Tabulka 6).

Tabulka 6: Porovnání elektrolýzy taveniny a roztoku chloridu sodného

	Tavenina NaCl	Roztok NaCl
Přítomnost iontů	Na^+, Cl^-	$\text{Na}^+, \text{Cl}^-, \text{H}_3\text{O}^+, \text{OH}^-$
Anoda (+)	grafitová	titanová (aktivovaná platinovými kovy)
Katoda (-)	železná	železná
Stejnosměrné napětí	7 – 8 V	4 V
Reakce probíhající na anodě (+)	$2 \text{Cl}^- \rightarrow 2 \text{Cl}^\bullet + 2 \text{e}^-$ $2 \text{Cl}^\bullet \rightarrow \text{Cl}_2$	$2 \text{Cl}^- \rightarrow 2 \text{Cl}^\bullet + 2 \text{e}^-$ $2 \text{Cl}^\bullet \rightarrow \text{Cl}_2$
Reakce probíhající na katodě (-)	$2 \text{Na}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Na}$	$2 \text{Na}^+ + 2 \text{e}^- + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{NaOH} + \text{H}_2$
Produkty	Na, Cl_2	NaOH, Cl_2, H_2

Zatímco nad anodou se soustřeďuje chlor v obou případech, v okolí katody a na ní probíhají odlišné procesy. V případě elektrolýzy taveniny NaCl vzniká v okolí záporné elektrody tavenina kovového sodíku lehčí než elektrolyt a udržuje se tedy nad ní.

Provádíme-li elektrolýzu roztoku NaCl, v elektrolytu jsou přítomny kromě sodných a chloridových iontů i oxoniové kationty, hydroxidové anionty a nedisociované molekuly vody. Produkty elektrolýzy roztoku NaCl jsou tedy NaOH, Cl_2 a H_2 .

V závislosti na materiálu elektrod, použitém napětí a teplotě mohou při elektrolýze roztoku NaCl vznikat i další produkty: O_2 , NaOCl, NaClO_3 a NaClO_4 , podrobněji viz [24].

2) Čím se liší základní metody průmyslové výroby chloru a hydroxidu sodného?

V průmyslové praxi se chlor a hydroxid sodný vyrábí třemi metodami: diafragmovou, amalgámovou a membránovou. V České republice se NaOH vyrábí klasickou amalgámovou metodou. Nejmodernější z uvedených metod je membránová elektrolýza, nejstarší diafragmová.

Při porovnání amalgamového a diafragmového postupu výroby zjistíme, že se liší především v elektrochemických procesech probíhajících na katodách (viz Tabulka 7).

Tabulka 7: Porovnání diafragmového a amalgamového způsobu elektrolýzy roztoku NaCl

	Diafragmový způsob	Amalgamový způsob
Přítomnost iontů	Na^+ , Cl^- , H_3O^+ , OH^-	Na^+ , Cl^- , H_3O^+ , OH^-
Anoda (+)	titanová (pokrytá TiO_2 , RuO_2)	titanová (pokrytá TiO_2 , RuO_2)
Katoda (-)	železná	rtuťová (kapalná)
Oddělení prostoru anody a katody	porézní přepážkou (dříve karcinogenní azbest, dnes tkaniny, keramické materiály)	prostory nejsou odděleny další procesy probíhají v tzv. rozkladné nádobě
Reakce probíhající na anodě (+)	$2 \text{Cl}^- \rightarrow 2 \text{Cl}^\bullet + 2 \text{e}^-$ $2 \text{Cl}^\bullet \rightarrow \text{Cl}_2$	$2 \text{Cl}^- \rightarrow 2 \text{Cl}^\bullet + 2 \text{e}^-$ $2 \text{Cl}^\bullet \rightarrow \text{Cl}_2$
Reakce probíhající na katodě (-)	$2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$ $\text{Na}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NaOH}$	$\text{Na}^+ + \text{e}^- + x \text{Hg} \rightarrow \text{NaHg}_x$ (tzv. sodíkový amalgám)
Doprovodné reakce		v rozkladné nádobě: $\text{NaHg}_x + \text{H}_2\text{O} \rightarrow x \text{Hg} + \text{NaOH} + \frac{1}{2}\text{H}_2$
Produkty	Cl_2 , H_2 , NaOH	Cl_2 , NaOH, H_2

a) Diafragmová metoda

Jak již název metody předesílá, při **diafragmové metodě elektrolýzy roztoku chloridu sodného** je katodový a anodový prostor oddělen diafragmou (porézní polopropustnou přepážkou), přes kterou migrují především sodné kationty. Prostor je oddělen proto, aby vznikající produkty elektrolýzy nezačaly spolu reagovat. Katoda je v praxi vyrobena z děrovaného železného plechu, na němž je nanесena diafragma (viz Obrázek 8). Diafragma musí být z materiálu, který odolá působení chloru i hydroxidu sodného. Starší typy anod jsou vyrobeny z grafitu, novější jsou konstruovány z titanu, který je pokryt oxidem titaničitým, popř. rutheničitým.

Chloridové anionty migrují k anodě, na které vzniká a uvolňuje se chlor. Sodíkové kationty migrují do katodového prostoru, kde okamžitě reagují s hydroxidovými anionty za vzniku hydroxidu sodného. Na katodě vzniká, z důvodu malého přepětí vodíku na železe, vodík. Díky diafragmě a hydrostatickému přetlaku solanky v anodovém prostoru neputují hydroxidové ionty k anodě a nedochází k tvorbě kyslíku.

Roztok, který je odváděn z katodického prostoru, obsahuje přibližně 17 % NaCl a 10 % NaOH. Odpařením a zahuštěním (na 50% roztok NaOH) ke krystalizaci na vakuových odparkách se z roztoku vyloučí nejprve NaCl. Tavenina NaOH po ochlazení ztuhne do známých tvarů peciček, perliček či šupin.

b) Amalgamový způsob elektrolýzy roztoku chloridu sodného

Způsob získal svůj název podle při procesu vznikající slitiny – tzv. amalgamu (obecně se tak nazývají slitiny kovů se rtutí). Zařízení pro amalgamovou elektrolýzu sestává ze dvou částí: vlastního elektrolyzéru a rozkladné nádoby. Díky katodě z kapalné rtuti (vlivem tvorby amalgamu a alkalického prostředí) je při vlastní elektrolýze potlačen vznik vodíku (vliv přepětí vodíku). Starší typy anod jsou vyrobeny rovněž z grafitu, novější jsou konstruovány z titanu, který je pokryt oxidem titaničitým popř. rutheničitým.

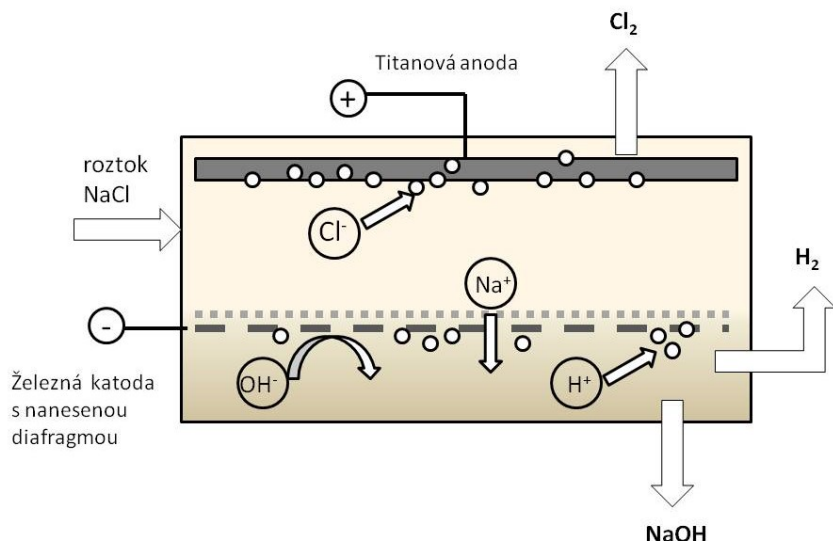
V elektrolyzéru chloridové ionty putují k titanové anodě, kde vzniká chlor. Sodné ionty migrují ke rtuťové katodě, kde tvoří se rtuť amalgam. Sodíkový amalgam (I) je veden do rozkladné nádoby, kde reaguje s vodou za vzniku NaOH. Ve vrchní části rozkladače se hromadí vodík. Regenerovaná rtuť se vrací do elektrolyzéru k dalšímu použití.

Z rozkladné nádoby je odčerpáván roztok obsahující až 60 % NaOH vysoké čistoty a přibližně 27 % NaCl.

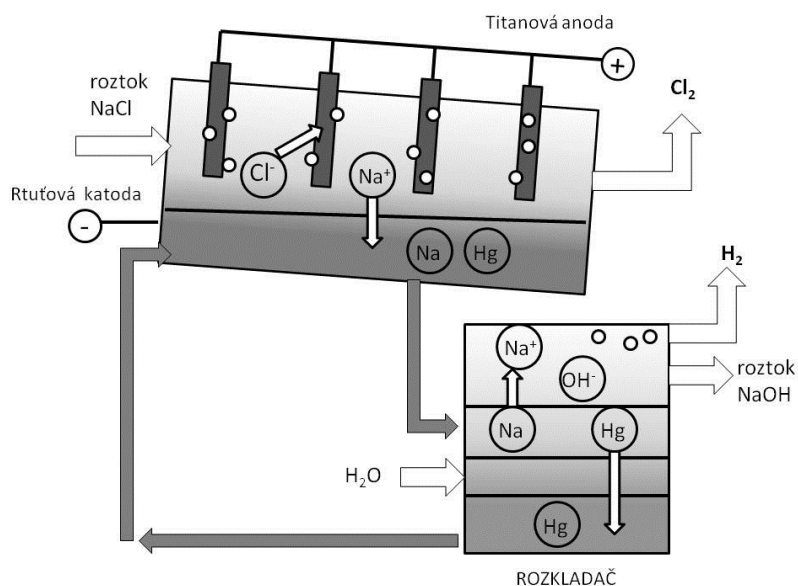
c) Membránová metoda

Membránová elektrolýza roztoku chloridu sodného funguje obdobně jako diafragmová. Inovace metody spočívá v použití iontově selektivní membrány, která propouští pouze sodné kationty a vodu. Membrána obsahuje vrstvy kyseliny perfluorokarboxylové a perfluorosulfonové [28]. Katody jsou vyrobeny z železných popř. niklových plechů. Anody jsou z aktivovaného titanu stejně jako u předešlých dvou metod.

Při elektrolýze se na anodě vylučuje chlor, na katodě vodík. V katodovém prostoru vzniká roztok NaOH o koncentraci 30 % obsahující pouze minimální množství NaCl (pod 0,05 %).

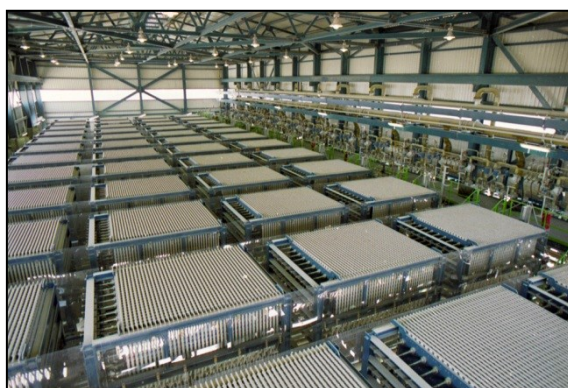


Obrázek 8: Diafragmový způsob výroby NaOH



Obrázek 9: Amalgamový způsob výroby NaOH

V průmyslové praxi jsou elektrolyzéry umístěny ve velkých halách (cca 50 až 200 kusů). Chlor je odsáván tak, aby bylo zabráněno jeho uvolňování do prostoru haly. Protože vodík tvoří se vzduchem výbušnou směs, je třeba zajistit jeho odsávání z elektrolyzéry i z rozkladače tak, aby nebyl přisáván okolní vzduch. Často se vyrobený vodík a chlor nechá zreagovat na HCl v tzv. Danielově hořáku.



Obrázek 10: Hala s membránovými elektrolyzéry (převzato z [32])

3) Výhody a nevýhody použití jednotlivých metod?

Energeticky nejméně náročná je diafragmová metoda. Její nevýhodou je však nízký výtěžek NaOH a znečištění dalšími látkami vznikajícími při elektrolýze. Nejčistší a nejvyšší podíl NaOH získáme amalgámovou elektrolýzou. Diskutabilní je však ekologické hledisko (viz Tabulka 8). Za účelem možné selekce iontů a snížení nepříznivých dopadů na životní prostředí se postupně vyvíjejí různé druhy membrán.

Tabulka 8: Porovnání aspektů používání amalgámové metody elektrolýzy roztoku NaCl

Amalgámová elektrolýza roztoku chloridu sodného	
Výhody	Nevýhody
vysoká čistota NaOH	znečištění H_2 parami rtuti
koncentrace NaOH v roztoku až 60 %	potenciální hrozba úniků rtuti do ovzduší, vody a půdy v okolí výroben
nízké náklady na výrobu zařízení	

Návod na vhodný experiment k tématu

Pozorování závislosti průběhu elektrolýzy roztoku NaCl na vloženém napětí

Pomůcky: U-trubice, uhlíkové elektrody, krokosvorky, vata, kádinka, skleněná tyčinka, lžička, zdroj elektrického napětí, miliampérmetr, jodidoškrobový papírek

Chemikálie: NaCl, indikátor fenolftalein

Pracovní postup:

- v kádince připravíme 5% roztok NaCl,
- do U-trubice vložíme vatu do střední části a trubici naplníme připraveným roztokem NaCl,

- do obou ramen trubice přikápneme fenolftalein, promícháme,
- připojíme zdroj elektrického napětí a miliampérmetr do obvodu,
- pomocí zdroje stejnosměrného napětí postupně vkládáme napětí a pozorujeme, od které hodnoty začne elektrolýza probíhat a jaký proud soustavou protéká,
- průběh elektrolýzy lze detekovat několika způsoby:
vznik NaOH – zbarvení indikátoru fenolftaleinu do růžova
vznik H_2 – pozorujeme unikající bublinky na katodě
vznik Cl_2 – charakteristický štiplavý zápach; zmodrání jodidoškrobového papírku (uvolnění jodu z jodidu oxidací chlorem)



Obrázek 11: Uspořádání pokusu elektrolýzy

2 Vybraná témata z organické technologie a biotechnologie

2.1 Výroba papíru

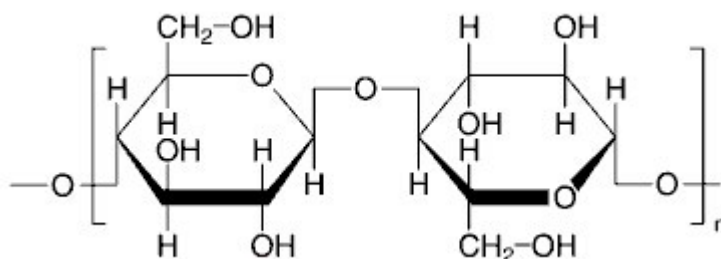
Základní surovinou pro výrobu papíru je polysacharid celulóza, která je součástí dřeva stromů i rostlinných těl (např. konopí, len, bavlník).

Pro uvedení do problematiky je třeba odpovědět na několik otázek:

- 1) Z jakých látek se dřevo skládá?
- 2) Z jakých základních surovin se papír vyrábí?
- 3) Co označujeme pojmem papírovina, z čeho se skládá a jakým způsobem se zpracovává?
- 4) Jaké druhy papíru rozlišujeme?

1) Z jakých látek se dřevo skládá?

Dřevo je složitý heterogenní makromolekulární systém. Zastoupení jednotlivých složek je závislé na druhu dřeviny (listnaté vs. jehličnaté) a přírodních podmínkách, ve kterých strom vyrůstá. Průměrně dřevo obsahuje 45 % celulosy, 25 % hemicelulosy a 25 % ligninu, zbývající část tvoří: sacharidové složky (škrob, pektiny), třísloviny, vosky, éterické oleje, minerální látky (popeloviny), rostlinná barviva aj.



Obrázek 12: Základní jednotka celulózy – β-D-glukopyranóza

2) Z jakých základních surovin se papír vyrábí?

Papír vzniká zplstnatěním vodné suspenze převážně rostlinných vláken. Vlákna je směs řetězců neškrobových polysacharidů, vyrobená mechanicky či chemicky, převážně z rostlinných surovin.

Mezi základní suroviny patří bílá a hnědá dřevovina, čistá celulóza, hadrovina (surovina připravená z vláken rostlinného původu, z textilních odpadů), odpadový papír a odpady z rostlinných vláken (len, konopí).

Volba vlákniny pro výrobu určitého druhu papíru je dána kompromisem mezi cenou a vlastnostmi papíru (většinou se suroviny míchají ve vhodném poměru). Vlastnosti vyrobeného papíru a příklady použití uvádí Tabulka 9.

Tabulka 9: Vlastnosti papíru v závislosti na použitém druhu suroviny

surovina	vlastnosti papíru	příklad použití
bílá dřevovina	málo pevný, křehký, časem žloutne	lacinější papír, noviny
hnědá dřevovina	hnědá barva, pevný	hnědý balicí papír, lepenka
celulóza	barva dle množství příměsí, pevný	kvalitnější papíry, kancelářský
hadrovina	největší pevnost, jemný	bankovky, státní dokumenty
odpadový papír	méně pevný	lacinější papír, méně kvalitní, lepenky
odpady z rostlinných vláken		speciální papíry (cigaretový, ruční)

Základní způsoby výroby celulosy

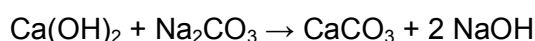
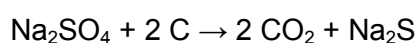
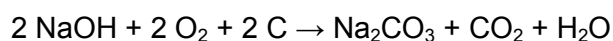
Sulfátový i sulfitový postup výroby probíhají podobným technologickým postupem:

- dřevo se zbaví kůry,
- dřevo se naseká na kousky o velikosti cca 2 x 2 x 0,4 cm (tzv. štěpky),
- štěpky se vaří v tlakových nádobách (vařácích, viz níže),
- vzniklá buničina se zbaví výluhů na pracích filtrech nebo kontinuálních pračkách,
- buničina se třídí, nevyhovující podíly se rozvlákňují,
- nebělená buničina se bělí, odvodňuje, popř. suší.

Sulfátový způsob

Vzhledem k tomu, že je sulfátový způsob vhodný pro zpracování všech druhů dřeva, je nejpoužívanější.

Štěpky se vaří se směsí NaOH, Na₂S a Na₂CO₃ – tzv. bílý louh (pH 13-14). Úbytek, při vaření alkálií, se doplňuje síranem sodným (odtud pochází název metody), který se redukuje na sulfid sodný. Uhlíkaté látky redukuje síran na sulfid, část sulfidů reaguje s oxidem uhličitým na sodu, která se reakcí s hydroxidem vápenatým převede na směs hydroxidu sodného a uhličitanu vápenatého (viz rovnice)



Celulóza získaná sulfátovým způsobem je tmavší, pevnější (lignin není dokonale rozložen) a špatně bělitelná. Bělí se např. pomocí kyslíku, peroxidu vodíku, oxidu chloričitého.

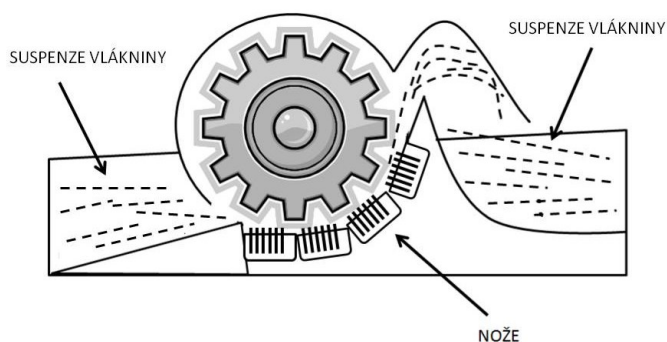
Sulfitový způsob

Postup není vhodný pro dřevo s vysokým obsahem pryskyřic. Štěpky se vaří s kyselým roztokem $\text{Mg}(\text{HSO}_3)_2$ (pH 2-5).

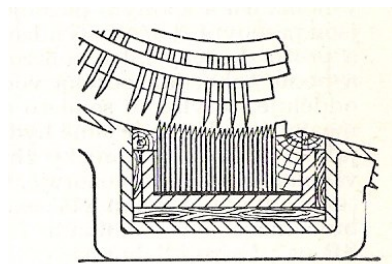
Praním celulózy ve vodě se odstraní nerozvažené kousky dřeva. Lignin je dokonaleji rozložen, celulóza je čistší. Pro dosažení bílé barvy se celulóza bělí.

3) Co označujeme pojmem papírovina, z čeho se skládá a jakým způsobem se zpracovává?

Papírovina = suspenze vlákniny ve vodě, upravená mletím (na tzv. holandrech), plněním, klížením někdy i barvením, pro výrobu papíru, kartónu a lepenky.



Obrázek 13: Holandr



Obrázek 14: Detail nože (převzato z [25])

Pro vylepšení vlastností papíru se k vláknitým surovinám přidávají přísady:

a) klíždla (želatina, pryskyřičný kliš, škrob)

- zvětšují odolnost papíru proti vodě (rozpíjení inkoustu, zvlnění)
- dochází k úpravě povrchu papíru, který se stává hydrofobním
- plně klížené papíry: psací, korespondenční, ofsetové
- částečně klížené papíry: knihtiskové, hlubotiskové
- neklížené papíry: novinový, savý, filtrační

b) barviva

- organická barviva či pigmenty

c) plnidla (kaolín, mastek, CaCO_3 , baryt aj. dle druhu)

- vyplní a zatíží strukturu papíru (papír má hladší povrch),

- na papír se snáze tiskne i píše
- přidávají se v množství do 25 % hmotnosti papíru (viz Tabulka 10)

Tabulka 10: Obsah plnidel v různých druzích papíru

Druh papíru	Obsah plnidel
bankovní a psací	2 – 8 %
knihtiskové	4 – 12 %
ofsetové	6 – 10 %
obálkové	10 – 15 %
ilustrační	do 25 %
cigaretové	30 – 35 %

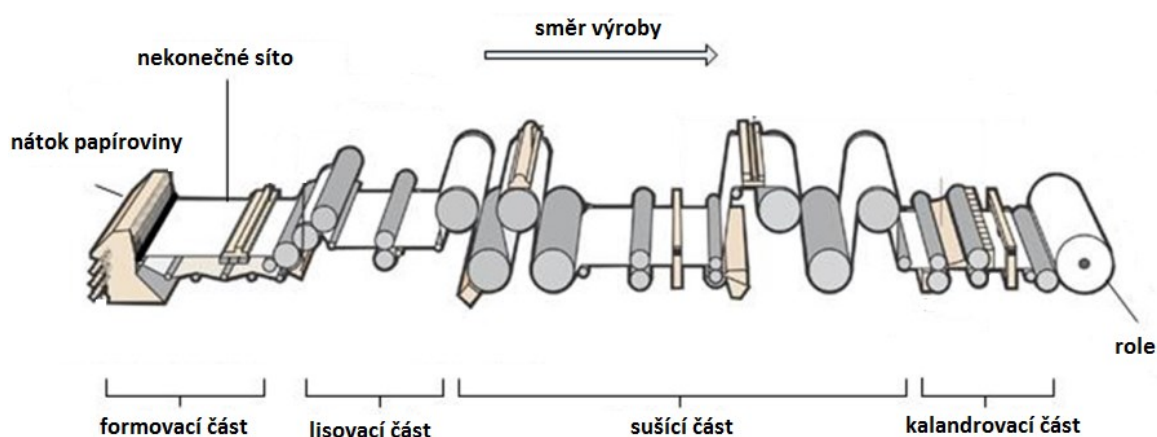
d) optické zjasňovací prostředky (fluorescenční barviva)

- odstraňují žlutavé zabarvení papíru, absorbují UV záření

e) speciální přísady

- pro zvýšení pevnosti a tuhosti papíru
- např. syntetické pryskyřice zvětšují pevnost papíru za mokra

Papírovina naředěná na obsah 0,5 až 1 % sušiny je vedena přes zařízení regulující hustotu a hmotnost papíru na síta. Na běžícím a třesoucím se síti se papírovina zplstňuje a je z ní odsávána voda. Mokvý pás dále prochází několika lisy, kde se zvyšuje sušina na cca 40 %. Na vyhřívaných válcích se papír suší, na lisovacích válcích hladí a převíjí (viz Obrázek 15)



Obrázek 15: Papírenský stroj (upraveno dle [33])

4) Jaké druhy papíru rozlišujeme?

Dle tzv. plošné hmotnosti papíru („gramáže“) rozlišujeme 3 druhy papíru:

- a) papír – od 8 do 150 g m⁻²
- b) karton – od 150 do 250 g m⁻²
- c) lepenka – až 4500 g m⁻²

Papíry můžeme rozdělit do několika skupin (viz Tabulka 11)

Tabulka 11: Druhy papíru

tiskové	psací, kreslicí	obalové	elektro- technické	technické průmyslové	filtrační	ostatní
novinový	ruční	balíkový	kabelový	pytlový	sací	kopírák
knihtiskový	knihový	hedvábný	izolační	kelímkový	do vysavačů	dekorační
plakátový	průklepový	pergamenový		fotografický		
bankovní		parafinový		cigaretový		
mapový						
křídový						

Dalšími druhy papíru jsou kartony (např. ofsetový, karton na hrací karty, kreslicí, na vlnitou lepenku aj.) a lepenky (např. izolační, kufrové, na pивní tácky aj.).

Návody na vhodné experimenty k tématu

1/ Určení plošné hmotnosti papíru

Pomůcky: předvážky, různé druhy papíru, lepenky a kartonu, nůžky

Pracovní postup:

- ze vzorku vystříháme čtverec o velikosti 10 x 10 cm,
- čtverec zvážíme,
- hmotnost přepočteme na g m⁻².

Poznámka: Plošná hmotnost je základním ukazatelem charakteristiky papíru; hmotnost 1 m² materiálu.

2/ Stanovení vlhkosti papíru

Pomůcky: sušárna, různé druhy papíru, lepenky a kartonu, nůžky

Pracovní postup:

- vzorek papíru (čtverec 10 x 10 cm) zvážíme,
- sušárnu vyhřejeme na 110 °C a vzorek do ní vložíme,
- vzorek sušíme do konstantní hmotnosti,
- vypočteme procentový obsah vody,

Poznámka: Vlhkost papíru ovlivňuje jeho zpracovatelnost; vláknité suroviny patří mezi hygroskopické látky.

3/ **Stanovení popela po spálení**

Pomůcky: předvážky, porcelánová miska, nůžky, různé druhy papíru

Pracovní postup:

- 2,5 g vzorku papíru nastříháme na kousky,
- zvážíme porcelánovou misku,
- jednotlivé kousky vzorku papíru spálíme v misce,
- misku s popelem zvážíme.

Pozorování: Po dokonalém spálení papíru a vyžhání v kelímku zbude minerální zbytek, který tvoří aditiva přidávaná do papíroviny při výrobě papíru a případně nespálený uhlík.

4/ **Důkaz škrobu v papíru**

Pomůcky: nůžky, zkumavka, kádinka, pipeta, různé druhy papíru

Chemikálie: Lugolův roztok (roztok jodu a jodidu draselného ve vodě)

Pracovní postup:

- cca 1 g vzorku papíru nastříháme na kousky a nasypeme do zkumavky,
- k vzorku přidáme 10 cm³ vody a vzorek povaříme na vodní lázni,
- po ochladnutí přidáme k výluhu několik kapek Lugolova roztoku.

Princip: Škrob přidávaný při výrobě papíru lze prokázat zkouškou s Lugolovým roztokem.

5/ **Nepromastitelnost papíru**

Pomůcky: pipeta, olej, vzorky papíru, arch bílého kancelářského papíru

Pracovní postup:

- vzorek papíru položíme na arch bílého papíru,
- na vzorek papíru kápneme kapku oleje a rozetřeme prstem,
- vzorek papíru odstraníme a pozorujeme, zda na bílém papíře vznikla mastná skvrna.

Poznámka: Obalové papíry pro potraviny (máslo, sádlo, sýry aj.) se povrchově upravují.

6/ **Papír pod UV světlem**

Pomůcky: černý box (zatemněný prostor), UV lampa, bankovky (100 Kč, 200 Kč), vzorky papíru (kancelářský a filtrační)

Pracovní postup:

- vzorek papíru vložíme do černého boxu (krabice) – postačí i zatemněný prostor,
- zapneme UV lampu,
- do boxu vložíme bankovky různé hodnoty a pozorujeme ochranné prvky.

Poznámka: Jako aditivum se k papírovině někdy přidávají opticky zjasňující látky (rylux).
Filtrační papír neobsahuje žádná aditiva.

2.2 Výroba piva

V České republice se nachází celkem 213 pivovarů, z toho 44 průmyslových a 169 minipivovarů [34]. Výroba piva má na území České republiky dlouholetou tradici a české pivo je celosvětově uznávané pro svou kvalitu a specifické vlastnosti. V roce 2008 udělila Evropská unie vybraným českým výrobkům celoevropsky chráněné zeměpisné označení „České pivo“.

Text se dále zaměří na následující otázky:

- 1) Jaké základní suroviny se používají pro výrobu piva?
- 2) Na jaké etapy se výroba piva dělí?
- 3) Co se děje v jednotlivých fázích výroby?
- 4) Jaké jsou druhy piva?

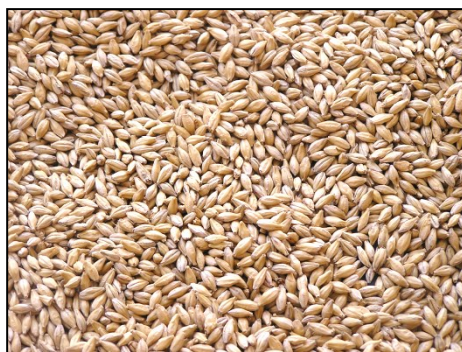
1) Jaké základní suroviny se používají pro výrobu piva?

Již po dlouhá staletí se pivo vyrábí z obilných sladů, chmele, vody. Celému procesu napomáhají mikroorganismy – pivovarské kvasinky a v současné době se přidávají i pomocné suroviny.

a) Slad

Pojmem **slad** označujeme naklíčené a usušené obilné zrna ječmene. Při výrobě sladu (tzv. sladování) dochází při klíčení k štěpení polysacharidů, obsažených v obilovinách, pomocí enzymů na jednodušší sacharidy vhodné ke kvašení (např. maltózu).

Z polysacharidů obsahují obilky především škrob uložený ve škrobových zrnech, přibližně 10 % pak tvoří neškrobové polysacharidy – celulóza, hemicelulózy, lignin aj.



Obrázek 16: Slad (převzato z [37])

b) Chmel

Chmel je vytrvalá rostlina (Obrázek 17). Po chemické stránce obsahuje následující složky: voda, pryskyřice, chmelové silice, lipidy a vosky, proteiny, aminokyseliny, polyfenoly, celulózu, cukry, pektiny a minerální látky. Pro kvalitu piva a výrobní proces mají největší význam **polyfenoly** (extrahují se horkou vodou), **silice** (extrahují se vodní párou) a **chmelové pryskyřice**. Průměrný obsah složek se liší podle odrůd chmele, půdního složení pěstelské oblasti i stáří.

Pro výrobu piva se chmel v České republice pěstuje ve třech oblastech: Žatecko, Ústecko (v Čechách) a Tršicko (na Moravě). Každý pěstitel musí sklizený chmel odeslat na státní zkušebnu do Žatce, kde probíhá kontrola jeho kvality, a zde dochází i k jeho rozemletí, slisování do granulí, které se v praxi při výrobě užívají (Obrázek 18)



Obrázek 17: Chmelové šišťice (převzato z [38])



Obrázek 18: Granule chmele (převzato z [39])

c) Voda

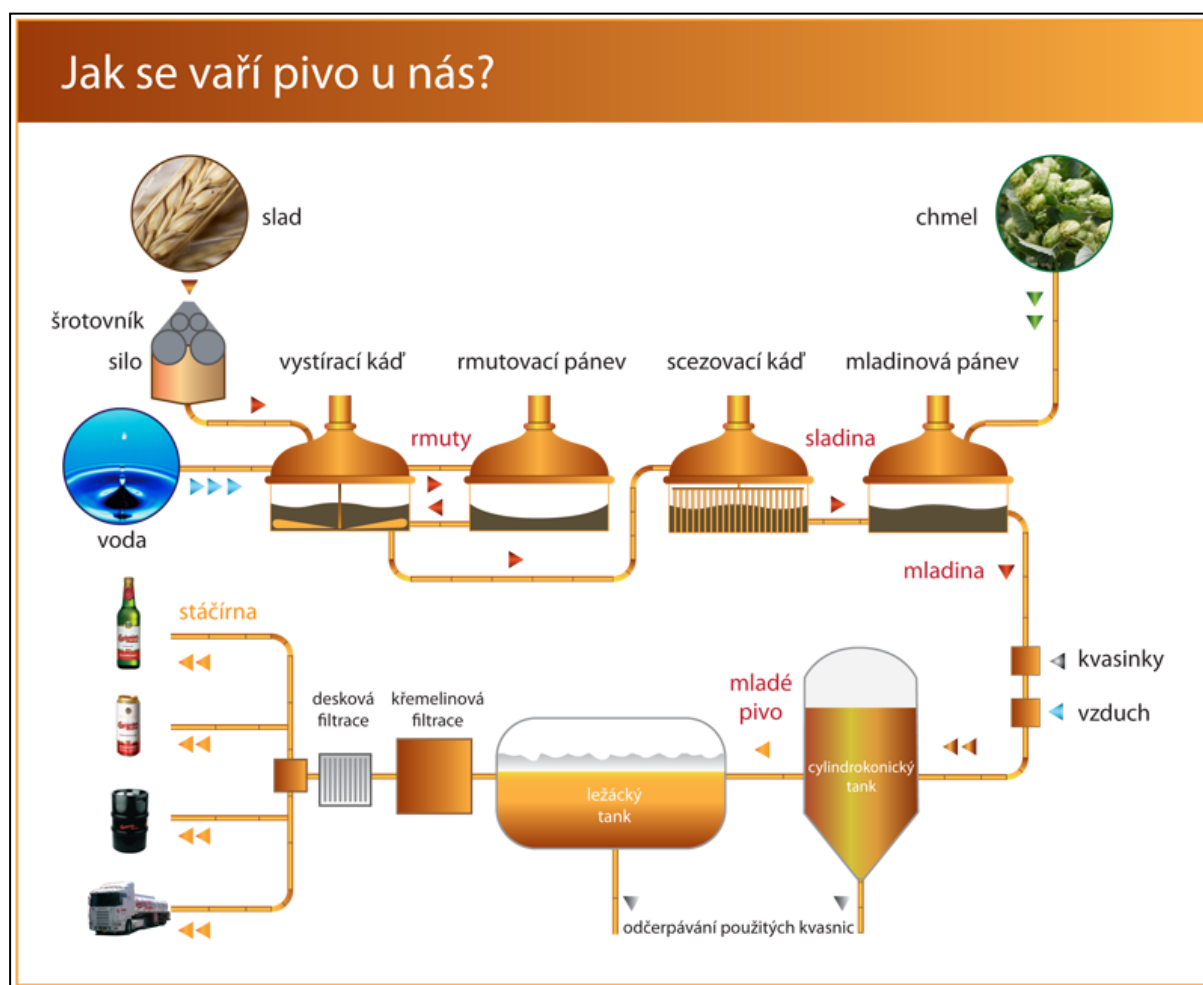
Pivo obsahuje, dle druhu výrobku, až 80 % vody. Vlastnosti vody ovlivňují základní kvalitu a specifické vlastnosti piva. Pro výrobu se používají jak spodní vody (obsahují méně organických látek, mikroorganismů), tak vody povrchové (nutná úprava vody). Liší se obsahem rozpuštěných plynů i iontů.

2) Na jaké etapy se výroba piva dělí?

Hlavní výrobní operace lze rozdělit do tří etap (viz Tabulka 12):

Tabulka 12: Hlavní etapy výroby piva

Etapy	Přibližná doba trvání	Teplota
Vaření (příprava mladiny)	až 10 hodin	35 – 70 °C
Kvašení (hlavní kvašení)	7 - 12 dnů	8 – 11 °C
Dokvašování (ležení)	20 dnů (ležáky až 60)	2 °C



Obrázek 19: Zjednodušený proces výroby piva (převzato z [40])

3) Co se děje v jednotlivých fázích výroby?

a) Příprava mladiny

Sestává z několika kroků, během nichž se několikrát mění teplota varu meziprojektu (viz Tabulka 13).

Tabulka 13: Fáze výroby pro přípravu mladiny

Fáze	Cíl	Operace	Výstup
šrotování	rozrušit obilky sladu	mechanické mletí	
vystírání	převedení látek rozpustných ve vodě do roztoku	luhování	
rmutování	enzymatické štěpení sacharidů na zkvasitelné cukry enzymatický rozklad jiných látek	zvyšování a snižování teploty směsi míchání roztoků o různé teplotě	sladina
scezování	samofiltrací oddělit pluchy* od sladiny	filtrace	sladina, mláto
chmelovar	odpařit přebytečnou vodu a těžké látky inaktivovat enzymy sterilizování mladiny získat potřebné látky z chmele zvýšit aciditu	fyzikální, chemické a biochemické reakce	mladina
chlazení mladiny	ochlazení mladiny na zákvasnou teplotu vyloučení kalů	chlazení	mladina

* pluchy = přeměněné listy tvořící obal u klásků trav (rostlin čeledi lipnicovité)

Slad se namele na sladový šrot, který se míchá s vodou. Procesu míchání se říká „**vystírání**“ a provádí se ve vystírací kádi. Cílem je převést do roztoku ve vodě rozpustné látky.

Fáze „**rmutování**“ je typická pro výrobu českého piva. Zařazuje se do procesu za účelem uvolnění co nejvíce extrahovatelných látek do roztoku. Během rmutování postupně stoupá teplota s cílem zajistit optimální podmínky pro působení jednotlivých skupin enzymů a tím zajistit optimální poměr zkvasitelných a nezkvasitelných sacharidů (vliv na chuť produktu). Přibližně 1/3 směsi vody a šrotu o teplotě 40 °C, se ve rmutovací pánvi zahřeje na teplotu 50 °C, pak na cca 70 °C. Rmut se potom přečerpá do vystírací kádě. Roztok má světležlutou zakalenou barvu (viz Obrázek 20). Rmutování se realizuje ve rmutovací pánvi a opakuje se dvakrát až třikrát (viz Obrázek 19).



Obrázek 20: Koloidní roztok extraktilních látek (Pivovar Moritz)

Scezování sladiny se děje v scezovací kádi. Cílem scezování je oddělit sladinu od zbytků sladového šrotu (pluch a nevyextrahovaných látek) a získat tak čirý roztok sladiny bohatý na využitelné látky. Scezování probíhá tzv. *samofiltrací*, kdy pluchy vytvoří v roztoku filtrační vrstvu.

Chmelovar (vaření sladiny s chmelem) probíhá v mladinové pánvi. Technologický postup a přidávání dalších surovin je typické pro určitou značku piva. Během chmelovaru by se mělo odpařit 8 – 10 % vody z roztoku, inaktivují se enzymy (zabrání se rozkladu dalších sacharidů), vařením se mladina sterilizuje. Dochází k izomeraci chmelových pryskyřičných kyselin, které dodají pivu hořkou chuť.

Během **chlazení** dochází k poklesu teploty ze 70 °C na 8 až 9 °C. Bílkoviny, které se enzymaticky nerozložily, koagulují během chlazení s látkami obsaženými v chmelu a vypadávají z roztoku v podobě tzv. *chmelových kalů* (samočištění piva).

b) Kvašení

Kvašení mladiny probíhá na tzv. spilkách s otevřenými vanami (Obrázek 21) nebo v uzavřených cylindrokonických tancích (tzv. CKT tanky).



Obrázek 21: Spilka
(Pivovar Moritz)



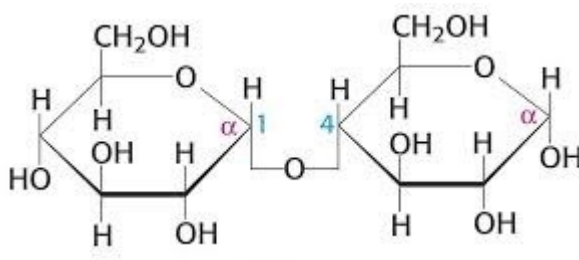
Obrázek 22: *Saccharomyces cerevisiae*
(převzato z [41])

Mladina se provzdušní a přidají se k ní kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* (Obrázek 22). Tento kmen byl po staletí speciálně vyšlechtěn pro odolnost vůči chladu.

Rozlišujeme dva druhy pivovarských kvasinek:

- spodní pivovarské kvasinky – pracují v teplotním rozmezí 7 až 15 °C, používají se při výrobě tzv. ležáků, sedimentují **na spodu** spilky (tanku)
- svrchní pivovarské kvasinky – pracují v teplotním rozmezí 18 až 22 °C, kvasnice jsou vynášeny **na povrch** (tvoří tzv. kvasnou deku)

Pivovarské kvasinky obsahují enzym maltázu, který štěpí maltózu (Obrázek 23) na dvě molekuly glukózy. Během fermentace mladiny převážná část cukerných látek zkvasí na ethanol, oxid uhličitý a vedlejší produkty, které mají význam pro buket piva (charakteristické aroma). Během procesu dochází k pomnožení pivovarských kvasinek. Jako první je rozkládána glukóza a sacharóza, po poklesu hladiny glukózy (cca o 60 %) je rozkládána maltóza. Fruktóza je zkvašována pomalu. Prostory spilek musí být dobře odvětrávané, protože vznikající oxid uhličitý se drží při podlaze. Kvasinky kleslé ke dnu se odčerpávají a po regeneraci se znovu používají.



Obrázek 23: Vzorec maltózy (tzv. *sladový cukr*)

c) Dokvašování (ležení)

Při nízkých teplotách pomalu dokvašuje zbylý extrakt kvasnicemi, pivo se číří, sytí vznikajícím oxidem uhličitým a dozrává. Mladé pivo je uloženo v tancích v ležáckých sklepech.

Filtrací se z piva odstraňují kalici látky, zvýší se čírost piva. Jako filtrační materiál se používají syntetické tkaniny, křemelina, perlity, membrány z plastu, kovu a keramiky.

4) Jaké jsou druhy piva?

Základním druhem piva vyráběným v České republice je světlý ležák. Dle [42] rozlišujeme několik druhů piva.

Dle barvy:

- světlé pivo – vyrobené převážně ze světlých sladů
- tmavé a polotmavé pivo – vyrobené z tmavých, karamelových či barvených sladů, popř. s příměsí světlých sladů
- řezané pivo – připravené při stáčení mícháním světlých a tmavých piv

Podle obsahu **původního extraktu mladiny (EPM)** dělíme česká piva na:

- stolní piva (do 6 %)

- výčepní piva (7 až 10 %)
- ležáky (11 až 12 %)
- speciály (13 % a více)
- portery (tmavé pivo s 18 % a více)

Podle obsahu alkoholu:

- piva se sníženým obsahem alkoholu (max. 1,2 % obj. ethanolu, 1 % hmot.)
- nealkoholická piva (max. 0,5 % obj., 0,4 % hmot.)

Podle speciální úpravy:

- piva se sníženým obsahem cukru (max. 7,5 g dm⁻³)
- pšeničná piva
- kvasnicová piva
- ochucená piva

Stupňovitost piva

Mnozí konzumenti se mylně domnívají, že stupňovitost piva je rovna obsahu alkoholu v nápoji v %, ale 10° pivo neobsahuje 10 % alkoholu. **Jedná se o omyl. Legislativně dokonce již nesprávné označení.** Podle vyhlášky ministerstva zemědělství [41] je nařízeno označovat: „*obsah alkoholu v procentech objemových vyjádřený číslem s nejvýše jedním desetinným místem; dále následuje symbol "%" doplněný slovem "objemových" nebo zkratkou "obj." nebo "vol."; před číselným údajem může být uvedeno "alkohol" nebo "alk." nebo "alc."* Povoleno je používat příslušné slovní označení (viz výše).

Zkratka EPM označuje „extrakt původní mladiny“ = obsah všech extraktivních látek v mladině před kvašením (především zkvasitelných cukrů, ale i dalších látek). 12° pivo má tedy 12 % těchto látek a obsah alkoholu je v rozmezí 4 – 5 obj. %. S rostoucí stupňovitostí logicky roste i hustota piva (označení hustotou se pro uvedení stupňovitosti používá v anglosaských zemích).

Nealkoholická piva a nízkoalkoholická piva

V Evropské unii smí být označen výrobek jako nealkoholický, jestliže obsahuje do 0,5 % obj. alkoholu. Jako nízkoalkoholická označujeme v Evropské unii piva s obsahem 0,6 až 1,2 % obj. alkoholu. Tento druh piva se dá připravit několika způsoby:

- úprava technologického postupu tak, aby byla omezena tvorba alkoholu během výroby (využití speciálních sladů, teplotní ovlivnění)

- použití speciálních druhů kvasinek (imobilizované popř. geneticky upravené kvasinky)
- odstraňování alkoholu z piva (odpařováním, vakuovou destilací, nanofiltrací [36])

2.3 Výroba mléka a mléčných výrobků

Mlékárenským průmyslem se v České republice zabývá celkem 48 firem [44]. Spotřeba mléka a mlékařských výrobků se rok od roku zvyšuje. Spotřeba (na osobu za rok) konzumního mléka činí 59,1 litrů, přibližně 17 kg sýrů a tvarohů, spotřeba másla je nadprůměrná – 5,2 kg (průměr v EU je 3,6 kg) [45].

Text se dále zaměří na následující otázky:

- 1) Co je to mléko? Jaké druhy mléka rozeznáváme?
- 2) Jaké látky kravské mléko obsahuje?
- 3) Jakými fyzikálními pochody se mléko upravuje a proč?
- 4) Jak se vyrábí máslo?
- 5) Jak se vyrábějí jogurty?
- 6) Jak se vyrábějí sýry?
- 7) Jaká jsou specifika pro výrobu tradičních olomouckých syrečků?

1) Co je to mléko? Jaké druhy mléka rozeznáváme?

Mléko je sekret mléčné žlázy savců určené k výživě mláďat. Jako potravinu se konzumuje v různých krajinách především mléko přežvýkavců. Rozlišujeme:

- kravské mléko – hlavní zdroj našeho jídelníčku,
- kozí mléko – dobře stravitelné pro lidský organismus, podobné mateřskému,
- ovčí mléko – výživově hodnotnější než kravské a kozí,
- kobyli mléko – výživově hodnotné, podobné mateřskému,
- oslí mléko – bezpečná alternativa pro lidi alergické na kravské mléko,
- losí mléko – konzumuje se především ve Skandinávii, vysoký obsah tuku,
- sobí mléko – významná potravinu pro Laponce,
- jačí mléko – konzumuje se v oblasti Himalájí,
- velbloudí mléko – bohaté na vitamín C, vhodné pro diabetiky,
- buvolí mléko – vyrábí se z něj originální mozzarella.

Dle obsahu tuku se konzumní mléko dělí (podle [46]):

- a) plnotučné (min. 3,5 % tuku)

- b) polotučné (zpravidla 1,5 – 1,8 % tuku)
- c) odtučněné (max. 0,5 % tuku)
- d) selské mléko (bez úpravy tučnosti, min. 3,5 % tuku)

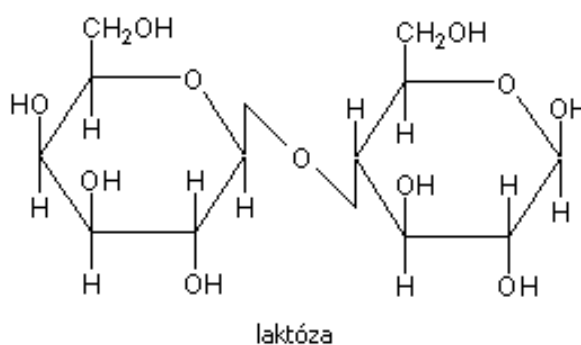
2) Jaké látky kravské mléko obsahuje?

Mléko vzniká metabolickými přeměnami z krve a mízy. Mléko tvoří z 86-88 % voda, 12-14 % je sušina – bílkoviny, tuky, sacharidy, minerální látky, vitaminy, enzymy a hormony. Různé druhy mléka se liší především obsahem tuku a bílkovin (viz Tabulka 14).

Tabulka 14: Porovnání obsahu hlavních živin (upraveno dle [47])

Druh mléka	Bílkoviny (%)	Tuky (%)	Cukry (%)	Energetická hodnota (kJ na 100 g)
Kravné	3,2 – 3,5	3 - 5	4,7	274
Ovčí	5,5	7	5	460
Kozí	2,9 – 3,7	3,8 – 4,5	5,2	320
Kobylí	1,5 - 2,8	0,5 - 2	5,8 – 7	197
Lidské	0,9 – 1,2	3,5 - 4	6,3 - 7	280

Vlivem složení potravy skotu v letních měsících mléčný **tuk** obsahuje více nenasycených mastných kyselin, proto se máslo z něj vyrobené roztírá lépe než v zimních měsících. Hlavním mléčným cukrem je **laktóza** (viz Obrázek 24), která je složena z jedné molekuly glukózy a jedné molekuly galaktózy navzájem spojené β -1-4 glykosidickou vazbou. Glukóza se dostává do mléčné žlázy z krve, galaktóza (stereoizomer glukózy) je přetvořena až v mléčné žláze.



Obrázek 24: Vzorec laktózy

Významnou složkou mléka, z hlediska dalšího zpracování, jsou bílkoviny. **Kaseinové bílkoviny** jsou termostabilní, **syrovátkové bílkoviny** jsou termolabilní. K syrovátkovým bílkovinám řadíme např. laktalbuminy, které bývají příčinou alergických reakcí, imunoglobuliny, které mají antibakteriální účinky a sérumalbuminy. Z **minerálních látek**

obsahuje mléko nejvíce ionty draslíku, vápníku, dále fosforu, sodíku, hořčíku a chloridy. **Vitaminy** se do mléka dostávají buď s potravou (vitamín A, D, E, C), nebo jsou tvořeny v batoru činností mikroflóry (vitamin B₁, B₂, B₅ a B₆).

3) *Jakými fyzikálními pochody se mléko upravuje a proč?*

Aby byla zajištěna zdravotní nezávadnost (odstranění nežádoucích mikroorganismů) a trvanlivost mléka, je třeba jej ošetřit následujícími pochody:

- a) filtrace,
- b) deaerace,
- c) odstředování,
- d) zahřívání,
- e) homogenizace,
- f) chlazení.

Při čerpání mléka do zásobních tanků v mlékárnách je mléko v potrubí čištěno průchodem přes **filtry**. Cílem **deaerace** je zbavit mléko pachových látek a vzduchu (zmenšení rizika oxidace tuků). Provádí se rozstříknutím teplého mléka do komory s mírným vakuem. Další čištění se provádí na tzv. samoodkalovacích **odstředivkách**, kde se mléko zbaví některých sporotvorných mikroorganismů.

Abychom zabránili vzniku smetany ve vrchní části mléka, je třeba provést **homogenizaci**. K roztržení tukových kuliček se používá homogenizační hlavice s úzkou štěrbinou, do které je mléko pod tlakem (5 – 25 MPa) vstřikováno (ideální teplota cca 60 °C). Homogenizace se provádí i z jiných důvodů (zabránění uplívání tuku na obalech, jemnější konzistence, zlepšení sýření aj.).

Tepelné opracování mléka se používá z důvodu usmrcení nežádoucích mikroorganismů a částečné inaktivaci enzymů. Účinnost závisí na použité teplotě a časovém intervalu (viz Tabulka 15).

Tabulka 15: Metody tepelného ošetření mléka (MO = mikroorganismy)

Metoda	Teplota	Časový interval	Cíl	Poznámky
pasterace	pod 100 °C	2 sekundy (85 °C) 20 sekund (65 °C)	usmrcení MO snížení aktivity enzymů	trvanlivost 3 - 5 dnů skladování v lednicích
UHT (ultra-high temperature)	135 °C	1 – 2 sekundy	usmrcení MO i spor inaktivace enzymů	změny chuti mléka
sterilace	120 °C	20 – 30 minut	zvýšit trvanlivost	probíhá v obalech skladování při pokojové teplotě

V České republice je nařízeno veškeré mléko určené pro lidskou výživu ošetřovat pasterací. Při pasteraci se mléko ohřívá pomocí tepelného výměníku. Následuje rychlé ochlazení, aby se zabránilo případnému rozvoji zbývajících mikroorganismů. Ošetřujeme-li mléko metodou UHT, je do protékajícího mléka vstřikována buď přímo přehřátá pára, nebo je mléko ohříváno pomocí tepelného výměníku. Po UHT ošetření je třeba mléko asepticky naplnit a hermeticky uzavřít do sterilního obalu (Tetra Pak).

4) Jak se vyrábí máslo?

Máslo je ztuhlá emulze vody a tuku, obsahující výhradně mléčný tuk (minimálně 80 %). V České republice se máslo vyrábí tzv. **stloukáním** ze smetany (tj. tuková část mléka získaná jeho odstředěním). Historická podoba máselnice je na Obrázku 25, v průmyslu se používají moderní přístroje.



Obrázek 25: Máselnice pro domácí výrobu másla (převzato z [48])

V máselnici (zmáselňovači) se smetana (více než 30 % tuku) intenzivně mechanicky pohybuje, čímž dojde ke spojování tukových kuliček na tzv. máselné zrno. Od hmoty se postupně odděluje tekutá složka - podmáslí (obsahuje laktózu, soli, vitaminy rozpustné ve vodě, bílkoviny, fosfolipidy). V odlučovacím válci se oddělí máselné zrno od podmáslí a propere se sprchováním studenou vodou. Máselné zrno se dále hněte, aby byly odstraněny zbytky podmáslí, snížilo se množství vzduchu a máslo se dokonale spojilo. Výrobky by se měly skladovat při teplotě 4 – 10 °C.

Pomazánkový krém (dříve označovaný jako pomazánkové máslo) se vyrábí ze zakysané smetany, obohacené sušeným mlékem či podmásním. Výroba rostlinných tuků je naznačena na Obrázku 26.



Obrázek 26: Výroba rostlinných tuků (převzato z [49])

5) Jak se vyrábí jogurty?

Jogurty řadíme mezi fermentované mléčné výrobky (při výrobě probíhají řízené mikrobiologické procesy mléčného kvašení). Obecně se fermentované výrobky vyrábějí následujícím postupem: pasterované mléko (smetana, podmásli, popř. směsi) se upraví na požadované množství tuku a provede se homogenizace. Na vakuových odparkách se provede zahuštění, popř. se použijí zahušťovací látky (modifikovaný škrob, želatina, aj.). Tzv. *očkovaním* se přidají do mléka mlékařské kultury, které se v mléce množí a zrají. Probíhá fermentace laktosy na kyselinu mléčnou. Výrobky se chladí, popř. dochucují.

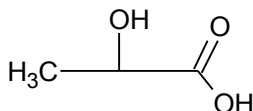
Mlékařské kultury jsou vždy určeny pro daný typ zakysaného výrobku. Do jogurtů se přidávají jogurtové kultury, pro výrobu zakysané smetany a zakysaných mlék se používají smetanové kultury, pro kefír kefirové kultury (obsahují navíc kvasinky). Různé kultury a podmínky mléčného kvašení ukazuje Tabulka 16.

Tabulka 16: Druhy bakterií v mléčných kulturách

Název kultury	Rody	Teplota zrání	Doba zrání	Výrobky
smetanová	<i>Lactococcus</i> <i>Leuconostoc</i>	21 – 23 °C (mezofilní bakterie)	1 den	kysané mléko kysané smetany šlehané podmásli
kefirová	smíšená kultura mléčných bakterií a kvasinek	16 – 20 °C	1 – 3 dny	kefir
jogurtová	<i>Lactobacillus</i> <i>Streptococcus</i>	42 – 43 °C (termofilní bakterie)	3 – 4 hodiny	jogurty jogurtová mléka

6) Jak se vyrábí sýry?

Sýry vznikají vysrážením kaseinu působením kyseliny mléčné (vzniká zkvašováním laktosy činností bakterií mléčného kvašení) nebo syřidla.



Obrázek 27: Vzorec kyseliny mléčné

Podle způsobu srážení rozdělujeme sýry na dvě skupiny:

- kyselé přírodní sýry – mléko se sráží kyselinou mléčnou,
- sladké přírodní sýry – mléko se sráží syřidlem a kyselinou mléčnou.

Syřidlo obsahuje enzym chymozin, popř. pepsin a získává se extrakcí telecích žaludků. Z ekonomického hlediska se využívají náhradní enzymové živočišné, rostlinné či mikrobiální preparáty.

Vysrážením mléka vzniká tzv. *sýřenina*. Odkapáváním na sítěch a lisováním se ze sýřeniny odděluje nažloutlá kapalina – syrovátka a zbývající pevný podíl označujeme jako tvaroh, popř. sýrové zrno. Při výrobě sladkých přírodních sýrů se sýrové zrno nakládá do 16-22% roztoku NaCl a nechává se zrát ve sklepích, kde dochází k rozkladu bílkovin (především kaseinu) až na aminokyseliny a k hydrolýze tuků.

Pro výrobu tvrdých sýrů se používají speciálně vyšlechtěné smetanové kultury a postupy sýření.

7) Jaká jsou specifika pro výrobu tradičních olomouckých syrečků?

Základem pro výrobu tvarůžků je kyselý tvaroh. Tvaroh se nasolí, naplní do beček a udusá. Zrání v nádobách probíhá několik týdnů až půl roku. Uzrálý tvaroh se smíchá

s čerstvým tvarohem, přidají se regulátory kyselosti (NaHCO_3 nebo CaCO_3), směs se dobře promíchá a upraví na požadovaný tvar. Na kyselém povrchu se pomnoží kvasinky (rod *Candida* aj.), které rozloží kyselinu mléčnou. Po oprání se do vody, ve které jsou tvarůžky naloženy, přidá mazová kultura *Brevibacterium linens* a sýr se nechá zrát. Finální výrobek má zlatavou barvu a charakteristickou vůni a chuť (viz Obrázek 28).



Obrázek 28: Tvarůžky (převzato z [50])

Návody na vhodné experimenty k tématu

- žákovské pokusy

1/ Porovnání titrační kyselosti u mléčných výrobků

Kyselost čerstvého mléka je způsobena přítomností kyselých reagujících složek – přítomností fosfátů, citrátů, popř. CO_2 . Kysané mléčné výrobky obsahují kyselinu mléčnou, která vzniká i při zrání sýrů.

Titrační kyselost udává počet cm^3 roztoku NaOH o koncentraci $0,25 \text{ mol dm}^{-3}$ potřebného k neutralizaci kyselých reagujících látek ve 100 cm^3 (100 g) vzorku na indikátor fenolftalein. Udává se v Soxhlet-Henkelových stupních ($^\circ \text{SH}$) a platí:

$$1 \text{ cm}^3 \text{ NaOH} \approx 1^\circ \text{SH} \approx 0,0225 \% \text{ kyseliny mléčné}$$

Pomůcky: louhová byreta, pipeta (10 cm^3), odměrný válec, 2x titrační baňka, skleněná tyčinka, hliníková folie, třecí miska s tloučkem

Chemikálie: fenolftalein (2% ethanolový roztok), roztok NaOH o koncentraci $0,25 \text{ mol dm}^{-3}$, roztok síranu kobaltnatého (5 g $\text{CoSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}$ ve 100 cm^3 vody)

Pracovní postup:

Vzorek mléka

- připravíme si srovnávací vzorek pro porovnání odstínu růžové barvy titrovaného vzorku – do titrační baňky odměříme 50 cm^3 mléka a přidáme 1 cm^3 roztoku síranu kobaltnatého,

- byretu naplníme roztokem NaOH o koncentraci $0,25 \text{ mol dm}^{-3}$,
- do druhé titrační baňky odměříme 50 cm^3 mléka, přidáme 2 cm^3 fenolftaleinu,
- titrujeme roztokem NaOH do stálého slabě růžového zbarvení, jako má srovnávací vzorek.

Vzorek jogurtu

- do titrační baňky navážíme 25 g vzorku (s přesností $0,01 \text{ g}$),
- k vzorku přidáme 25 cm^3 vody a 1 cm^3 fenolftaleinu, promícháme,
- titrujeme roztokem NaOH do stálého slabě růžového zbarvení, jako má srovnávací vzorek mléka.

Vzorek tvrdého sýra

- na hliníkovou folii navážíme 10 g vzorku (s přesností na $0,01 \text{ g}$),
- vzorek kvantitativně převedeme do třecí misky, přidáme 1 cm^3 fenolftaleinu a dokonale rozetřeme,
- titrujeme roztokem NaOH za neustálého míchání a roztírání tloučkem do růžového zbarvení stálého alespoň 1 minutu .

Výpočty:

(a = průměrná spotřeba roztoku NaOH (v cm^3) o koncentraci $0,25 \text{ mol dm}^{-3}$, f = faktor titrace)

Kyselost mléka na 100 cm^3 mléka

$$x = 2 \cdot a \cdot f$$

Dle normy by mělo mít syrové mléko $6,2 - 7,8 \text{ }^\circ\text{SH}$.

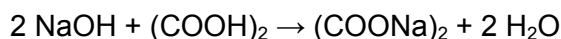
Kyselost jogurtu na 100 g vzorku

$$x = \frac{100 \cdot a \cdot f}{m} \quad m = \text{navážka vzorku (g)}$$

Kyselost sýra

$$x = 10 \cdot a \cdot f$$

Poznámka: Předem je třeba stanovit faktor (přesnou koncentraci) roztoku NaOH. 10 cm^3 roztoku kyseliny šťavelové o přesné koncentraci $0,25 \text{ mol dm}^{-3}$ ($7,8797 \text{ g C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2 \text{ H}_2\text{O}$ se odváží do 250 cm^3 odměrné baňky a doplní po rysku vodou) s přidavkem 2 kapek fenolftaleinu se titruje zkoumaným roztokem NaOH.



$$f = 2 \cdot \frac{a}{b}$$

a = počet cm³ roztoku kys. šťavelové o konc. 0,25 mol dm⁻³ odměřených pro titraci (10 cm³)

b = počet cm³ roztoku NaOH o konc. 0,25 mol dm⁻³

2/ Stanovení obsahu vápníku v mléce

Pomůcky: teploměr, odměrná baňka 250 cm³, pipeta, titrační baňka 250 cm³, byreta, vzorek

Chemikálie: roztok NaOH o koncentraci 4 mol dm⁻³, indikátor murexid (1:100 rozetřený s NaCl), odměrný roztok Chelatonu III o koncentraci 0,05 mol dm⁻³

Pracovní postup:

- nejprve provedeme slepý pokus, k 150 cm³ destilované vody přidáme 5 cm³, roztoku NaOH a 0,2 g indikátoru, titrujeme roztokem Chelatonu III z růžového do modrofialového zbarvení,
- teplotu vzorku mléka necháme srovnat na laboratorní (20 °C),
- do odměrné baňky navážíme 10 g vzorku mléka a doplníme po rysku destilovanou vodou,
- 50 cm³ připraveného roztoku odměříme do titrační baňky a zředíme 100 cm³ destilované vody,
- k roztoku v titrační baňce přidáme 5 cm³ roztoku NaOH a 0,2 g indikátoru,
- promícháme a titrujeme roztokem Chelatonu III z růžového do modrofialového zbarvení.

Výpočet:

Obsah vápníku Ca v mg na 100 g vzorku:

$$m(\text{Ca}) = \frac{(a - b) \cdot 0,04 \cdot 100 \cdot V}{M \cdot V_1}$$

a = spotřeba odměrného roztoku Chelatonu III při titraci vzorku mléka

b = spotřeba odměrného roztoku Chelatonu III při titraci slepého vzorku

V = objem, na který byl vzorek ředěn (250 cm³)

M = navážka vzorku mléka k rozboru

V₁ = alikvotní podíl roztoku vzorku odměřený k titraci (50 cm³)

3/ Stanovení obsahu vody v mléce vázkovou metodou

Pomůcky: plechový kelímek (např. hliníkový), kleště, tyčinka, vaříč (kahan)

Pracovní postup:

- na vahách se zváží suchý chladný kelímek,
- do kelímku navážíme přesně 10 g vzorku másla (n),
- kelímek uchopíme do kleští, na vaříči pomalu zahříváme za stálého míchání,
- zahřívání ukončíme, až přestane máslo šumět a sedlina dně je mírně hnědá,
- vychladlý kelímek zvážíme.

Výpočet:

$$\% \text{ obsah vody} = \frac{a \cdot 100}{n}$$

a = úbytek hmotnosti v gramech

n = navážka vzorku v gramech

4/ Důkaz bílkovin v mléce

Pomůcky: dvě kádinky 100 cm³, filtrační aparatura, Pasteurovy pipety, skleněná tyčinka, dvě zkumavky, držák na zkumavky, vzorek mléka

Chemikálie: kyselina octová (ocet), 10% roztok NaOH, 5% roztok CuSO₄ · 5H₂O, konc. HNO₃

Pracovní postup:

- vzorek mléka okyselíme několika kapkami kyseliny octové,
- vzniklou sraženinu odfiltrujeme a s tzv. *syrovátkou* pracujeme dále.

Biuretová reakce

- do zkumavky dáme 5 cm³ vody, přidáme 1 cm³ syrovátky a promícháme tyčinkou,
- přilijeme cca 3 cm³ 10% roztoku NaOH, promícháme,
- pomocí pipety po kapkách přidáme 5% roztok CuSO₄ · 5H₂O, pozorujeme zbarvení.

Xanthoproteinová reakce

- do zkumavky nalijeme 2 cm³ syrovátky,
- přidáme pipetou cca 1 cm³ koncentrované kyseliny dusičné,
- roztok mírně zahřejeme nad kahanem a pozorujeme změny.

Poznámka: Pozitivní Biuretova reakce se projeví vznikem modrofialového zbarvení. Po provedení xanthoproteinové reakce se bílkovina srazí ve žluté klky.

3 Použitá literatura a internetové odkazy

1. ČIPERA, J. a kol.: *Chemie pro I. ročník gymnázií*. Praha: SPN, 1974.
2. VACÍK, J. a kol.: *Chemie pro gymnázia I. (obecná a anorganická)*. Praha: SPN, 1984.
3. VOSOLSOBĚ, J., SMÉKAL, F.: *Chemická výroba pro 3. ročník gymnázií*. Praha: SNTL, 1986.
4. BANÝR, J., BENEŠ, P. a kol.: *Chemie pro střední školy*. Praha: SPN, 1995.
5. ŠRÁMEK, V., KOSINA, L.: *Obecná a anorganická chemie*. Olomouc: FIN, 1996.
6. EISNER, W. a kol.: *Chemie pro střední školy 1a*. Praha: Scientia, 1996.
7. EISNER, W. a kol.: *Chemie pro střední školy 1b*. Praha: Scientia, 1997.
8. AMANN, W., EISNER, W. a kol.: *Chemie pro střední školy 2a*. Praha: Scientia, 1998.
9. HONZA, J., MAREČEK, A.: *Chemie pro čtyřletá gymnázia, 1. díl*. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 2002.
10. HONZA, J., MAREČEK, A.: *Chemie pro čtyřletá gymnázia, 2. díl*. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 1998.
11. FLEMR, V., DUŠEK, B.: *Chemie pro gymnázia I*. Praha: SPN, 2001.
12. PRÁŠILOVÁ, J., KAMENÍČEK, J.: *Selected industrial technologies in the teaching – the analysis of chemistry books for secondary schools: Zborník abstraktov Metodologické otázky výskumu v didaktice chémie*, Trnavská univerzita 2011.
13. HILL, G., HOLMAN, J.: *Chemistry in context*. Cheltenham: Nelson Thornes, 2011.
14. LAWRIE, R.: *Chemistry for you: revised national curriculum edition for GCSE*. Cheltenham : Nelson Thornes, 2001.
15. KOPŘIVA, J.: *Chemie pro III. ročník gymnázií, 1.díl*. Praha: SPN, 1979.
16. KOVÁČ, Š. a kol.: *Chemická výroba pro IV. ročník gymnázia (experimentální učební text)*. Praha: SNTL, 1982.
17. PACÁK, J. a kol.: *Chemie pro II. ročník gymnázií*. Praha: SPN, 1985.
18. ČÁRSKY, J. a kol.: *Chémia pre 3. Ročník gymnázií*. Bratislava: SPN, 1986.
19. BANÝR, J., BENEŠ, P. a kol.: *Chemie pro střední školy*. Praha: SPN, 1995.
20. PEČOVÁ, D.: *Organická chemie pro gymnasia*. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 1998.
21. EISNER, W. a kol.: *Chemie pro střední školy 1b*. Praha: Scientia, 1997.

22. KOLÁŘ, K. a kol.: *Chemie pro gymnázia II (organická a biochemie)*. Praha: SPN, 1997.
23. FLEMR, V., DUŠEK, B.: *Chemie pro gymnázia I*. Praha: SPN, 2001.
24. ŠVANDOVÁ, V., ŠTOSOVÁ, T., KAMENÍČEK, J., PRÁŠILOVÁ, J., HUSÁREK, J., ŠINDELÁŘ Z. a KLEČKOVÁ, M.: *Vybraná témata pro výuku chemie: 1. část*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012.
25. NEISER, J.: *Základy chemických výrob: Vysokoškolská učebnice pro studenty pedagogických a přírodovědeckých fakult studijního oboru 76-12-8 učitelství všeobecně vzdělávacích předmětů*. Praha 1988.
26. ANDRLÍK, K., PETRŮ, F.: *Základy chemických výrob*. SPN, Praha 1965.
27. HRANOŠ, P.: *Anorganická technologie: studijní text pro SPŠCH*. Ostrava: Pavel Klouda, 2000.
28. WICHTERLE, K.: *Chemická technologie*. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2010.
29. GEBRTOVÁ, J. *Tiskové papíry a jejich vlastnosti*. Univerzita Pardubice, Pardubice 2006.
30. FILIPOVÁ, L. *Chemické pokusy s jednoduchými pomůckami*. Olomouc, 2011. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra anorganické chemie. Vedoucí práce doc. RNDr. Marta Klečková, CSc.
31. <http://pglbc.cz/files/chv/sirova/zoxidace.html> [cit. 2013-11-16]
32. <http://electrochem.cwru.edu/encycl/art-b01-brine.htm> [cit. 2013-11-16]
33. <http://www.intechopen.com/books/advanced-model-predictive-control/model-predictive-control-and-optimization-for-papermaking-processes> [cit. 2013-12-4]
34. <http://www.pividky.cz/mapa.php> [cit. 2013-11-16]
35. <http://www.cz hops.cz/> [cit. 2013-11-16]
36. BASAŘOVÁ, G. et al. *Pivovarství: teorie a praxe výroby piva*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2010.
37. <http://www.brelex.cz/faq.php> [cit. 2013-11-16]
38. <http://www.gastrotrend.cz/7-clanky-rubriky/9-hotel-wellness-spa/891-pivo--zlatavy-mok-nejen-do-pullitru-ale-i-do-vany.html> [cit. 2013-11-16]
39. <http://vyrobtesipivo.cz/chmel-premiant-100g-p9> [cit. 2013-11-16]
40. <http://www.budejovickybudvar.cz/o-spolecnosti/produkty/jak-se-vari-budvar.html#restrictedContent> [cit. 2013-11-16]

41. <http://eu.art.com/products/p14438842085-sa-i6698794/posters.htm> [cit. 2013-11-16]
42. Vyhláška ministerstva zemědělství č. 335/1997 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro nealkoholické nápoje a koncentráty k přípravě nealkoholických nápojů, ovocná vína, ostatní vína a medovinu, pivo, konzumní líh, lihoviny a ostatní alkoholické nápoje, kvasný ocet a droždí.
43. Zdroj: <http://pivnirecenze.cz/328-stupnovitost-piva> [cit. 2013-11-16]
44. <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=15&typ=1&val=51398&ids=> [cit. 2013-11-16]
45. <http://www.agrocr.cz/cena-mleka-se-propada.php?lang=2> [cit. 2013-11-16]
46. Nařízení (ES) č. 1234/2007 - stanovení společné organizace zemědělských trhů a zvláštní ustanovení pro některé zemědělské produkty.
47. <http://www.dia-potraviny.cz/alternativy-mleka.html> [cit. 2013-11-16]
48. <http://www.ckrumlov.info/img.php?img=3153&LANG=cz> [cit. 2013-11-16]
49. <http://www.mojerama.cz/roslinne-tuky/jak-se-vyrabi-rama> [cit. 2013-11-16]
50. http://www.lidovky.cz/cukrarna-nabizi-kremrole-ci-rezy-z-olomouckych-tvaruzku-peb-/dobra-chut.aspx?c=A120110_143909_dobra-chut_glu [cit. 2013-11-16]
51. MICHALCOVÁ, B.: *Technologie – výroba mléka a mléčných výrobků*. Švehlova střední škola polytechnická Prostějov, Olomouc, 2013.
52. ŠUSTOVÁ, K., SÝKORA, V. *Mlékárenské technologie*. Mendelova univerzita v Brně, Brno, 2013.
53. KOUŘIMSKÁ, L. *Úvod do mlékařství. Laboratorní cvičení*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 2007.
54. JANŠTOVÁ, B. a kol. *Hygiena a technologie mléka a mléčných výrobků – praktická cvičení*. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, Brno, 2009.

Obrázky: 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 11,13, 20, 21, 24

- vlastní zpracování obrázků autory

Poděkování:

Autoři děkují sládkům z pivovaru Litovel a.s. a minipivovaru Moritz s.r.o. za odborné rady při zpracování textu a pořizování obrazového materiálu.