

VÝROBA CUKRU
TEXT PRO UČITELE

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

Olomouc, 2013

Obsah

1. Téma v učebnicích používaných na gymnáziích
2. Teoretické poznatky k problematice
 - 2.1. Historie a současnost cukrovarnictví v České republice
 - 2.2. Rostliny využívané pro výrobu cukru
 - 2.2.1. Cukrová řepa a cukrová třtina
 - 2.2.2. Průměrné složení cukrové řepy
 - 2.3. Výrobní etapy
 - 2.3.1. Mechanická úprava řepy
 - 2.3.2. Získávání difúzní šťávy
 - 2.3.3. Čištění difúzní šťávy
 - 2.3.4. Odpařování lehké šťávy, vznik těžké šťávy a cukroviny
 - 2.3.5. Získávání surového cukru a jeho čištění
 - 2.4. Zpracování bílé cukroviny
3. Náměty na praktická cvičení k tématu
4. Metodika pro hodinu základního typu
5. Metodika pro laboratorní cvičení
6. Použitá literatura a elektronické zdroje

1. Téma v učebnicích používaných na gymnáziích

Podrobněji se problematice výroby cukru věnují autoři starších učebnic [1] a [2]. V novějších a nepoužívanějších učebnicích na gymnáziích již tato problematika není zařazena. Pouze v původně zahraničních učebnicích [3] a [4] je uveden krátký popis procesu doplněný o fotografie cukrové řepy a cukrové třtiny.

Téma je zajímavé po chemické stránce a dají se na něm vysvětlit základní fyzikální a chemické principy.

2. Teoretické poznatky k problematice

2.1. Historie a současnost cukrovarnictví v České republice

Cukr je surovinou, která nás doprovází v běžném životě na každém kroku. Mnozí z nás si hned ráno osladí čaj či kávu kostkou cukru. Pojďme se nyní podívat, jak se cukr vyrábí a kde se kostka cukru vlastně vzala!

Nejprve si udělejme krátkou zastávku u historie cukrovarnictví na území České republiky.

- v roce 1787 byla založena první rafinerie (závod na čištění cukru) v klášteře na Zbraslavi u Prahy, čistil se zde dovážený třtinový cukr
- v roce 1841 vytvořil ředitel rafinerie v Dačicích první kostku cukru, do této doby se v domácnostech používaly tzv. cukrové homole

V 19. století fungovalo na území dnešní ČR přes 150 cukrovarů, v současné době (rok 2014) u nás cukr vyrábí pouze 7 cukrovarů.

2.2. Rostliny využívané pro výrobu cukru

2.2.1. Cukrová řepa a cukrová třtina

Výroba cukru z cukrové třtiny byla známa po celá staletí. V našich krajích však pro pěstování této rostliny nejsou vhodné podmínky (pěstuje se v tropickém a subtropickém pásmu). Z místních plodin je pro výrobu cukru vhodná cukrová řepa. Představme si obě rostliny.

Cukrová řepa
Beta vulgaris



Obr. 1 Cukrová řepa

- dvouletá plodina
- cukr se hromadí v bulvách
- obsah sacharosy 16–20%
- po sklizni se skladuje a zpracovává

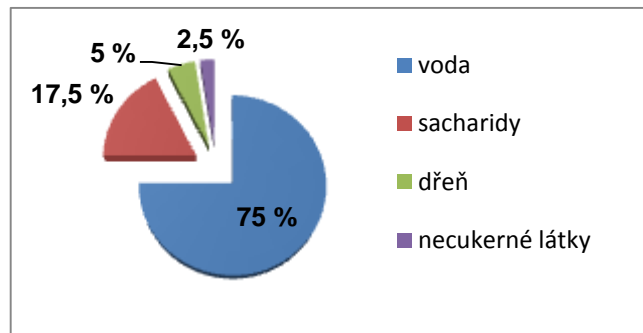
Cukrová třtina
Saccharum officinarum



Obr. 2 Cukrová třtina

- víceletá travina
- cukr se hromadí ve stvolu
- obsah sacharosy 13–17%
- zpracována musí být do 48 hod

Podrobněji se zaměříme na cukrovou řepu, z níž se u nás cukr vyrábí. V bulvách cukrové řepy se nachází samozřejmě kromě cukru i další látky (viz přehled dále). Jejich obsah významně ovlivňuje technologický proces a produkci cukru. Průměrné složení uvádí obrázek 5.



Obr. 3 Průměrné složení cukrové řepy

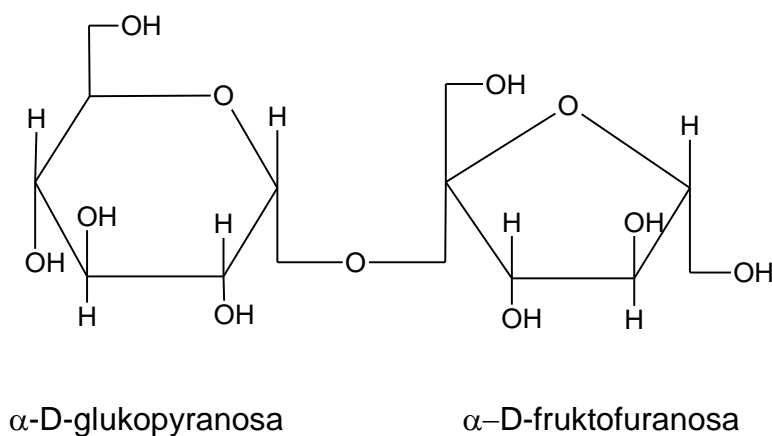
2.2.2. Průměrné složení cukrové řepy

1. Sacharidy

Nejdůležitějším sacharidem a konečným produktem výrobního procesu je SACHAROSA.

Sacharosa patří mezi disacharidy; její molekula je tvořena zbytkem molekuly glukosy a molekuly fruktosy, které jsou navzájem spojeny glykosidickou vazbou (viz obrázek 4). Je to krystalická bílá látka dobře rozpustná ve vodě. Má výraznou

sladkou chuť a používá se jako sladidlo. Patří mezi opticky aktivní látky a neredukující sacharidy.



Obr. 4 Vzorec sacharosy

2. Dřeň

Součástí dřeně je celulosa a hemicelulosa (polysacharidy), pektinové látky¹, bílkoviny a saponiny². Tyto látky jsou nežádoucí a mohou znesnadňovat výrobní proces, způsobují problémy např. při filtraci.

3. Necukerné látky (šťáva obsahující necukerné látky)

Z necukerných látek obsahuje šťáva aminokyseliny, amidy, bílkoviny, organické zásady, enzymy, soli organických kyselin (kyseliny mravenčí, octové, šťavelové, citronové). Rozhodující negativní vliv na krystalizaci cukru mají minerální látky (popeloviny).

3.1. Výrobní etapy

Výrobu cukru můžeme rozdělit do několika etap:

1. Mechanická úprava řepy
2. Získávání difúzní šťávy
3. Čištění difúzní šťávy

¹ pektin – makromolekulární látka, jejímž základem jsou sacharidy, nachází se např. v ovoci, způsobuje rosolovatění ovocných šťáv a zavařenin

² rostlinný glykosid (derivát sacharidů) tvořící pěnivý roztok ve vodě

4. Odpařování lehké šťávy, vznik těžké šťávy a cukroviny
5. Získání surového cukru a jeho čištění
6. Výroba bílého cukru

Přehled fyzikálních a chemických pochodů, které jsou při výrobě cukru využívány, reaktantů a produktů, které vstupují a vystupují v jednotlivých etapách výroby, uvádí tabulka č. 1.

Tab. 1: Přehled fyzikálních a chemických pochodů aplikovaných při výrobě cukru, vstupních a výstupních látek v jednotlivých etapách výroby

Etapa	Fyzikálně-chemické pochody	Vstup látek (suroviny)	Výstup látek (produkty)
Mechanická úprava řepy	<ul style="list-style-type: none"> • rozpustnost 	<ul style="list-style-type: none"> • bulvy cukrové řepy 	<ul style="list-style-type: none"> • řepné řízky
Získávání difúzní šťávy	<ul style="list-style-type: none"> • koagulace bílkovin • difúze 	<ul style="list-style-type: none"> • řepné řízky • horká voda 	<ul style="list-style-type: none"> • difúzní šťáva • vyslazené řepné řízky
Čištění difúzní šťávy	<ul style="list-style-type: none"> • neutralizace difúzní šťávy • srážení necukerných látek • saturace • filtrace sraženin 	<ul style="list-style-type: none"> • difúzní šťáva • Ca(OH)_2 • CO_2 	<ul style="list-style-type: none"> • lehká šťáva • saturační kaly
Odpařování lehké šťávy, vznik těžké šťávy a cukroviny	<ul style="list-style-type: none"> • odpařování • krystalizace 	<ul style="list-style-type: none"> • lehká šťáva 	<ul style="list-style-type: none"> • těžká šťáva • I. cukrovina
Získání surového cukru a jeho čištění	<ul style="list-style-type: none"> • odstředování • odpařování • krystalizace • vykrývání • filtrace • adsorpce 	<ul style="list-style-type: none"> • I. cukrovina • surový cukr • voda • Ca(OH)_2 • adsorbent 	<ul style="list-style-type: none"> • surový cukr • zelený sirob • II. cukrovina • zadinový cukr • melasa • bílá cukrovina

3.1.1. Mechanická úprava řepy

Cíl:

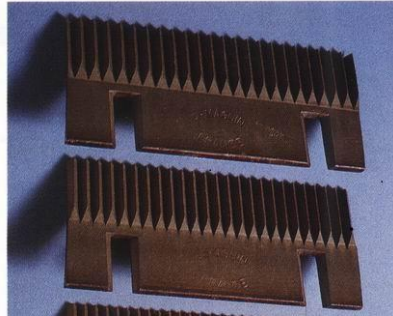
- očištění řepy
- rozřezání řepy na řízky

Při podzimním výletu do přírody můžeme na polích vidět zemědělce sklízějící cukrovou řepu. Na polích se řepa zbaví chrástu (zelených listů) a nahrubo očistí od hlíny. Po dopravení do cukrovaru je řepa důkladně očištěna vodou od zbývající hlíny, kamení, písku a

kořínků pomocí **řepných splavů**³ a **řepných praček**⁴. Voda z řepy odkape na **třasadlu**⁵. Výtah dopraví řepu na automatickou váhu a z ní putuje řepa do **řezačky**⁶, která nařeže bulvu na řízky (obr. 6) s trojúhelníkovým profilem.



Obr. 5 Řepné řízky



Obr. 6 Nože řezačky

Otázka: Proč se řepa porcuje na řízky trojúhelníkového profilu?

Účelem rozřezání bulvy na řízky je zvětšit povrch (styčnou plochu) řepy pro následnou difúzi cukru z buněk pletiva. Trojúhelníkový profil byl vyhodnocen jako nejvhodnější tvar pro optimální vyluhovatelnost cukru.

3.1.2. Získávání difúzní šťávy

Cíl:

- vyluhování cukru (sacharosy) z buněk pletiva řepných řízků
- získání difúzní šťávy

Sacharosa se nachází uvnitř buněk pletiva řepných řízků. Membrána buněk sacharosu volně ven z buňky nepropustí, proto je nutné řízky luhovat horkou vodou. Od 60°C začínají bílkoviny membrány buněk koagulovat a ta se stává tak pro cukr lépe propustnou.

³ řepný splav – betonový kanál, do kterého je napouštěna voda, která unáší řepu k pračce

⁴ řepná pračka – zařízení na odstranění hlíny, kamení a kořínků; proti proudu vody je přiváděna řepa, kameny a další odpad odpadávají ze dna pračky

⁵ třasadlo – kmitající se síto k odstranění vody

⁶ řezačka – zařízení se sadou nožů, rozporcuje řepu na řízky s trojúhelníkovým profilem

Otázka: Co je to KOAGULACE?

Koagulace (shlukování) je postupné uspořádávání jednotlivých částic do jiného prostorového umístění. V našem případě dochází ke koagulaci bílkovin membrány buněk vlivem zvýšené teploty. Vyzkoušet si koagulaci můžete i doma – stačí si usmažit vajíčka k snídani.

Vyluhování řízků se děje v zařízeních zvaných **difuzéry**⁷. Řízky jsou v nich přiváděny proti proudu horké vody. Řízky nově přiváděné do difuzéru jsou promývány nejsladší vodou a na řízky zbavené cukru stéká voda čistá, čímž jsou zajištěny optimální podmínky difúze. Z difuzéru odtéká difúzní šťáva jako nakyslá kapalina tmavé barvy.

Otázka: Co je to DIFÚZE?

Tvrdíme-li, že látka difunduje, pak se její částice v roztoku pohybují z míst o vyšší koncentraci částic do míst s nižší koncentrací částic.

Po vyluhování se řízky označují jako **vyslazené řízky**. Ty se dále zpracovávají - suší, popř. lisují a využívají se jako krmivo nebo v kvasném průmyslu (výroba alkoholu).

3.1.3. Čištění difúzní šťávy

Cíl:

- odstranění necukerných látek z difúzní šťávy
- neutralizace difúzní šťávy
- získání tzv. lehké šťávy

Spolu se sacharosou difunduje z buněk i velké množství necukerných látek (viz složení řepy). Tyto látky jsou nežádoucí a ztěžují výrobní proces (např. krystalizaci cukru, filtraci atd.)

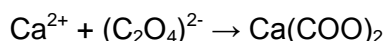
Čištění probíhá ve dvou fázích:

1. Čerění difúzní šťávy
2. Saturace šťávy

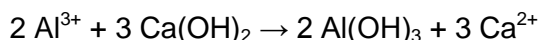
Při **čerění** se k difúzní šťávě vyhřáté na 90°C přivádí postupně 1,5 – 2% vápenné mléko Ca(OH)_2 . Ca^{2+} ionty reagují s necukernými látkami za vzniku nerozpustných vápenatých solí,

⁷ difuzér – velká nádoba s vyhříváním pláštěm, do které jsou z jedné strany přiváděny řepné řízky, ze strany druhé horká voda

kteří lze následně odfiltrovat a šťávu tak vyčistit. Příklad reakce Ca^{2+} iontů s kyselinou šťavelovou uvádí následující rovnice.



Obdobnou roli hrají i ionty OH^- . Neutralizují volné kyseliny a s Al^{3+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} ionty reagují za vzniku nerozpustných hydroxidů, které lze rovněž odfiltrovat.

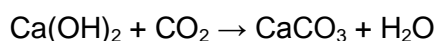


Vápenné mléko je ke šťávě přidáváno i z dalších důvodů. Pro další technologický proces je třeba neutralizovat kyselou reakci difúzní šťávy a v neposlední řadě je vápenným mlékem šťáva desinfikována.

Otázka: Co je to NEUTRALIZACE?

Neutralizace je reakce kyseliny a zásady, při níž vzniká sůl a voda. V našem případě reaguje vápenné mléko (zásada) s kyselinami přirozeně obsaženými v řepě (viz složení řepy).

Dále šťáva pokračuje do **saturačního zařízení**⁸, ve kterém probíhá saturace oxidem uhličitým. Saturace se provádí k odstranění přebytečných Ca^{2+} iontů. Do saturačního zařízení je vháněn oxid uhličitý za vzniku uhličitanu vápenatého, který lze odfiltrovat (na **kalolisech**⁹ či jiných filtrech). Reakci uvádí následující rovnice.



Otázka: Co je to SATURACE?

Saturace, neboli sycení. V našem případě nasycení roztoku oxidem uhličitým, který reaguje s přebytečnými Ca^{2+} ionty v roztoku za vzniku uhličitanu vápenatého.

Výsledkem etapy je tzv. lehká šťáva, zbytky sraženin na filtrech se nazývají saturační kaly.

⁸ saturační zařízení (saturák) – válcovitá nádoba s míchadlem u dna, přívodem šťávy, přívodem oxidu uhličitého a odvodem šťávy. Na vrchu nádoby je komín pro odvod plynů.

⁹ kalolis - filtrační lis určený k tlakové filtraci kapalin, obsahující řadu rámců s napnutými plachetkami. Pracuje diskontinuálně (střídavě). Rámy s plachetkou zanesené kalem jsou periodicky čištěny, zatímco v jiném přístroji probíhá filtrace.

3.1.4. Odpařování lehké šťávy, vznik těžké šťávy a cukroviny

Cíl:

- zahuštění lehké difúzní šťávy ke krystalizaci (získá těžké šťávy)
- získání tzv. cukroviny (směs krystalků cukru a matečného sirobu)

Lehká šťáva má světle žlutou barvu a je téměř zbavena všech nežádoucích látek. V roztoku je rozpuštěna sacharosa (přibližně 12-15%) a již velmi malý podíl necukerných látek. Sacharosu z roztoku izolujeme krystalizací.

Lehkou šťávu je třeba zahustit ke krystalizaci – odpařit přebytečnou vodu. Zahušťování ke krystalizaci se provádí ve vakuových **odparkách**¹⁰. Objem šťávy se zmenší přibližně na čtvrtinu původního objemu a získá se tzv. těžká šťáva (zahuštěná) s obsahem 60% cukru.



Obr. 7 Soustava odparek

Otázka: Co je to ODPAROVÁNÍ? Proč se využívá práce za sníženého tlaku?

Odpařování patří mezi dělicí metody látek. Rychlost odpařování a jeho účinnost závisí na velikosti povrchu odpařovaného roztoku, na rychlosti odtahu vzniklých par a především na teplotě a tlaku. Teplotu varu roztoku můžeme snížit právě za použití vakua (sníženého tlaku). Ušetříme tím energii potřebnou pro zahřívání šťávy.

Těžká šťáva je dále zahušťována ve **varostrojích**¹¹ neboli zničích. Ve varostrojích se šťáva zahřívá a odpařuje se zbytek vody tak dlouho, až začne cukr ve šťávě krystalovat. Krystalizace cukru se dokončí v zařízeních zvaných **krystalizátor**.

Otázka: Co je to KRYSTALIZACE? Za jakých podmínek vykrystaluje cukr ze šťávy?

Krystalizace patří mezi základní chemické operace, pomocí nichž lze oddělit složky směsi.

¹⁰ vakuová odparka - soustava několika sériově zapojených těles vyhříváných párou. První těleso je vyhříváno párou o teplotě 130°C, voda vypařená v prvním tělese se vede do dalšího tělesa jako tzv. brýdová pára atd. Výpary z poslední odparky se ochlazují studenou vodou, čímž vzniká podtlak a tím se snižuje tlak v odparkách.

¹¹ varostroj - nádoba s trubkovou topnou komorou a míchadlem

„Aby mohla sacharosa krystalovat, je třeba vytvořit přesycený cukerný roztok. V technických cukerných roztocích za přítomnosti necukerných látek je rozpustnost sacharosy obvykle vyšší. Přesycený cukerný roztok se připraví např. tím způsobem, že se rychle zchladí nasycený roztok technický. Z roztoku se ihned nevyloučí krystaly cukru a takový roztok pak obsahuje více rozpuštěného cukru, než odpovídá nasycenému roztoku. Tento přebytečný cukr vykryštaluje, přidají-li se k roztoku krystalky cukru (roztok se očkuje).“ [5]

3.1.5. Získávání surového cukru a jeho čištění

Cíl:

- oddělení krystalů cukru z cukroviny
- očištění surového cukru
- zpracování matečného sirobu na další podíl cukru
- příprava bílé cukroviny

Krystalky sacharosy je třeba oddělit od matečného sirobu. K tomuto účelu se využívají **odstředivky**¹². Oddělený cukr má žlutavou barvu a je nazýván surovým cukrem. (V obchodech se zdravou výživou si můžete zakoupit surový cukr). Oddělený matečný roztok se nazývá zelený sirob, který se zpracuje na méně kvalitní (tzv. zadinový) cukr. Odpadním produktem je tzv. melasa, která ještě obsahuje menší podíl cukru a lze ji využít jako krmivo, popř. po zkvašení k výrobě lihu.

Surový řepný cukr se příliš nehodí k přímé spotřebě – jeho krystaly jsou žluté a lepivé. Je třeba jej očistit. Surový cukr se čistí promýváním vodou v odstředivkách, filtrací cukerného roztoku přes bavlněné, polyamidové či kovové tkaniny a porézní materiály z keramiky.

Poslední úpravou je odbarvení cukerného roztoku. K tomuto účelu se využívá metody **adsorpce**. Jako absorbenty jsou využívány ionexy, aktivní uhlí či hlínky. Výsledný cukerný roztok se nazývá bílá cukrovina.

¹² odstředivka (centrifuga) - sestává z dvouplášťové komory, vevnitř je buben se sítím. Do bubnu se napustí cukrovina a buben se roztočí. Vlivem odstředivé síly procházejí kapky sirobu přes síto bubnu a cukr zůstává uvnitř.

Otázka: Co je to ADSORPCE? Na jakém principu absorbenty fungují?

Z fyzikálního hlediska se jedná o poutání látky pomocí Van der Waalsových sil na povrchu vhodného adsorbentu (aktivní uhlí, silikagel). V případě tzv. chemisorpce jsou látky poutány na povrch adsorbentu chemickými vazbami.



Obr. 8 Melasa

3.2. Zpracování bílé cukroviny

Bílá cukrovina se dále zpracovává na krystalový cukr, kostkový cukr a cukr moučku. Dříve se vyráběly i cukrové homole, dnes slouží pouze jako suvenýr.

Doplňující informace pro učitele

Kapitola 1. Historie a současnost cukrovarnictví v České republice

Výroba bílého cukru byla po dlouhou dobu tajena. První technologii zpracoval v roce 1764 francouzský chemik Duhamel de Monceau. Až roce 1863 byla zavedena afinace surového cukru. První kostkový cukr u nás byl vyroben v Dačicích v roce 1841. Patent získal roku 1843 ředitel rafinerie J. Ch. Rada. Čeští cukrovarníci se nemálo zasloužili o rozvoj rafinace cukru a kvalita našich cukrovarnických výrobků byla obecně uznávanou normou.

- vzhledem k vysoké ceně třtinového cukru se cukrovarníci pokoušeli vyrobit cukr z jiných plodin, mimo jiné i z řepy
- v roce 1829 byl založen první průmyslový cukrovar v Kostelním Vydří (okres Jindřichův Hradec)
- v období 1831 – 1945 nastal boom v zakládání cukrovarů u nás, plně fungovalo přes 150 cukrovarů
- po roce 1990 fungovalo již pouze 60 cukrovarů, po roce 2004 zbylo pouhých 10 cukrovarů

7 fungujících cukrovarů (2014):

- Moravskoslezské cukrovary, a. s.
 - Odštěpný závod Opava - Vávrovice
 - Ředitelství a závod Hrušovany nad Jevišovkou
- Společnost Tereos TTD, a. s.
 - Cukrovar Dobrovice
 - Cukrovar České Meziříčí
- Cukrovar Vrbátky, a.s.
- Cukrovar Prosenice
- Litovelská cukrovarna, a.s.

Kapitola 2. Rostliny využívané pro výrobu cukru

Zařazení cukrové řepy do systému rostlin

říše:	Plantae – rostliny
oddělení:	Magnoliophyta – rostliny krytosemenné
třída:	Rodopsida – vyšší dvouděložné rostliny
řád:	Caryophyllales – hvozdíkotvaré
čeleď:	Chenopodiaceae – mečíkovité
rod:	Beta – řepa
druh:	Beta vulgaris – řepa obecná

Zařazení cukrové třtiny do systému rostlin:

říše:	Plantae – rostliny
oddělení:	Magnoliophyta – rostliny krytosemenné
třída:	Liliopsida – rostliny jednoděložné
řád:	Poales – lipnicotvaré
čeleď:	Poaceae – lipnicovité
rod:	Saccharum – třtina
druh:	Saccharum officinarum – třtina cukrová

Podkapitola 3. 3 Čištění difúzní šťávy

Po první saturaci je odfiltrován kal buď na zařízeních zvaných kalolis, nebo na jiných typech filtračních zařízení. Ve šťávě je obsažen i hydrogenuhličitan vápenatý, který se následným vyvařením rozloží na uhličitan, který je možno odfiltrovat. Děj je zapsán pomocí následující rovnice.



Pro maximální snížení vápenatých iontů v difúzní šťávě se provádí druhá saturace oxidem uhličitým. Neodstraní-li se vápenaté soli dokonale, odparka se rychle inkrustuje. Vápenaté soli v cukerných šťávách působí obtíže při vaření cukrovin, zvyšují množství melasy a tím ztráty cukru.

Druhá saturace se provádí při teplotě 95 – 98°C a oxidem uhličitým se saturuje až do dosažení pH 9 – 9,5. Při druhé saturaci vzniká hydrogenuhličitan vápenatý, ten se odstraňuje vyvařování na tzv. **vyvařováku**, kde se šťáva zahřívá na teplotu 100°C.

Podkapitola 3. 4

Při zahušťování ve varostrojích se vytvoří směs krystalů a matečného roztoku (sirobu) tzv. I. cukrovina. Přibližně ¾ cukru vykryštalizuje. Zbytek cukru zůstává v roztoku. Růst krystalů se kontroluje tzv. cukroskopem („lupa“) popř. se využívá automatické kontroly elektrické vodivosti. Vodivost roztoku klesá s rostoucí koncentrací cukru v roztoku.

Podkapitola 3. 5 Zpracování cukroviny

Zpracování cukroviny je mnohem složitější proces, v textu je popsán pouze jednoduše. Ve skutečnosti se proces popsaný v textu několikrát opakuje. Cukrovina se několikrát čistí, svaňuje, nechá se krystalovat a odstřeďuje.

Kapitola 4. Zpracování bílé cukroviny

Výroba krystalového cukru

Bílá cukrovina se odstředí a získaný krystalický cukr se smíchá s nasyceným cukerným roztokem za vzniku tzv. umělé cukroviny. Umělá cukrovina se odstředí, vykryvá parou nebo vodou a získá se konečný produkt – krystalový cukr.

Krystalový cukr je třeba vysušit. K sušení se využívá vzduch ohřátý na 70°C nebo tzv. fluidní metoda. Při fluidní metodě jsou krystalky na roštu zespod profukovány proudem vzduchu, dojde k odstranění vlhkosti, ochlazení krystalků a zároveň odprášení cukru. Vysušený cukr krystal se třídí na sítích dle velikosti zrn, plní se do jutových nebo papírových pytlů.

Otázka: Jaký je rozdíl mezi krystalovým cukrem a krupicovým cukrem?

„Cukr krystal - nejméně 70 % krystalů cukru má velikost 0,4 - 0,2 mm.

Cukr krupice - nejméně 70 % krystalů cukru má velikost 0,16 – 0,8 mm a maximálně 5 % krystalů cukru má velikost nad 1 mm.“[6]

Výroba kostkového cukru

K výrobě kostek se používá kostková moučka, která vznikla ze speciálně upravené cukroviny, nebo netříděný krystalový cukr. Tento materiál se vlhčí vodou a cukerným roztokem, lisuje se na tyčinky, které se vysuší a rozsekají na kostky. Možné je přímé lisování do formy kostek.

Vyrábějí se kostky různých velikostí, kvádry i kostky ve tvaru karetních symbolů, tzv. cukr bridž.

Výroba moučkového cukru

Materiálem pro výrobu moučkového cukru je krystalový cukr s malými zrny nebo zbytky kostkového cukru. Tento cukr se rozdrťí na mlýnech. Mlýnice musí být umístěna v samostatném objektu mimo ostatní části cukrovaru nebo alespoň oddělena železnými vraty. Opatření jsou nutná z důvodu vzniku výbušného cukerného prachu.

Aby se zabránilo tvrdnutí a rozpouštění cukerné moučky při skladování, přidává se k cukru modifikovaný škrob. Zrnka škrobu případnou vlhkost pojmu.

Výroba cukrových homolí

V dřívějších dobách se cukr pro domácí použití vyráběl ve formě homolí. Dnes je již toto bílé zboží vyráběno pouze jako suvenýr pro turisty.

Lité homole se vyráběly tak, že se horká cukrovina nalévala do forem z ocelového plechu, na špičce opatřené otvorem. Forma s cukrovinou se nasadila na hřebík vyčnívající ze dna vozíku, na který se homole skládaly po ztuhnutí cukroviny. Po ztuhnutí se homoly sejmuly ze hřebíků a vložily do homolové odstředivky, ve které se dokonale očistily. Dokonale bílá homole se pak vyrazila z ocelové formy a vysušila v sušárně. Vysušené homole se očistily, ofrézovaly u spodu a zabalily do papíru.

Lisované homole se vyráběly lisováním nepatrně ovlhčené moučky v lisu. Pak se homole sušily a upravily jako homole lité.



Obr. 9 Cukrové homole

3. Náměty na praktická cvičení k tématu

1/ Skládání cukrovarnického filtru

Cukrovarnický filtr se používá při chemických rozborech a analýzách cukrovarnických produktů. Podobá se kornoutku a na rozdíl od filtru používaného běžně v laboratoři má po obou stranách dvojitou vrstvu papíru (ochrana proti protrhnutí).

Úkol: Poskládejte cukrovarnický filtr!

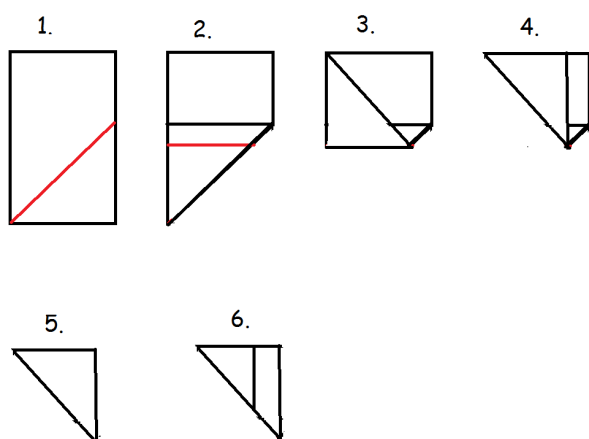
Pomůcky:

filtrační papír, nůžky

Pracovní postup:

1. Z filtračního papíru si odstříhni obdélník. Uchop pravý dolní roh papíru a přehni jej směrem k levému hornímu rohu podle obrázku č. 1
2. Uchop levý dolní roh papíru a přehni k levému hornímu rohu dle obrázku č. 2 a 3.
3. Vzniklý trojúhelník přelož na půl dle obrázku č. 4.
4. Zbývající proužek přelož přes trojúhelník.
5. Z jedné strany vypadá filtr dle obrázku č. 5, po otočení na druhou stranu jako na obrázku číslo 6.

Obrázek pracovního postupu skládání cukrovarnického filtru (červeně jsou vyznačeny přehyby)



2/ Krystaly sacharosy

Z čistých cukerných roztoků krystaluje sacharosa v jednodlonné soustavě. V technické praxi jsou však cukerné roztoky mnohdy znečištěny přítomností necukerných látek a získávají se krystaly velmi rozmanitých tvarů. Krystalizaci můžeme urychlit tzv. očkovaním – přidáním několika krystalků rozpuštěné látky.

Úkol: Porovnejte velikost krystalů a rychlost krystalizace čistého, znečištěného a naočkovaného roztoku sacharosy!

Pomůcky:

3 kádinky, lihový fix, odměrný válec, skleněná tyčinka, destilovaná voda, filtrační nálevka, filtrační kruh, 3 krystalizační misky

Chemikálie:

krystalový cukr, chlorid sodný, uhličitan sodný

Pracovní postup:

1. roztok – čistý

1. Do kádinky odměříme 50 cm³ destilované vody a přidáváme za míchání postupně sacharózu tak dlouho, dokud se v roztoku stále rozpouští.
2. Jestliže se již sacharóza v roztoku nerozpouští – připravili jsme nasycený roztok.
3. Krystalizační misku si označíme fixem a přelijeme do ní roztok.

2. roztok – znečištěný příměsí necukerných látek

1. Do kádinky odměříme 50 cm³ destilované vody, přidáme pár zrněk chloridu sodného a několik zrněk uhličitanu sodného.
2. Do roztoku opět přidáváme sacharózu až do vytvoření nasyceného roztoku.
3. Krystalizační misku si označíme fixem a přelijeme do ní připravený roztok.

3. roztok – naočkovaný

1. Poslední roztok připravíme stejným postupem jako roztok první.
2. Po přelití do označené krystalizační misky do roztoku přidáme pár krystalků sacharózy.

Roztoky postavíme na okno a každý den pozorujeme, změny si průběžně zaznamenáváme.

Možná varianta – připravit 150 cm³ nasyceného roztoku a rozdělit na tři díly.

3/ Určení reakce melasy

Melasa je tmavá sirupovitá hmota, která vzniká jako vedlejší produkt při výrobě cukru. Melasa by měla být alkalická, pH by se mělo pohybovat v rozmezí 7,1 – 8,2.

Úkol: Zjistěte pH melasy pomocí indikátorů

Pomůcky:

porcelánová miska, lžička, destilovaná voda, melasa

Chemikálie:

roztok fenolftaleinu, roztok lakmusu

Pracovní postup:

1. Porcelánovou misku naplňte destilovanou vodou asi 1 cm pod okraj misky.
2. Ve vodě rozmíchejte několik kapek indikátoru fenolftaleinu.
3. Melasu naberte na lžičku a nechte ji stékat se lžičky tenkým proudem do vody.
4. Stejný pokus proveďte i s indikátorem lakmusem.

4/ Stanovení sušiny v melase refraktometricky

Melasa je tmavá sirupovitá hmota, která vzniká jako vedlejší produkt při výrobě cukru. Prodejní melasa by měla mít nejméně 75% sušiny. Obsah sušiny se nazývá sacharizace a vyjadřuje v hmotnostních procentech.

Refraktometrie je optická metoda, založená na měření indexu lomu látek. Index lomu je mírou čistoty a koncentrace roztoku. (Index lomu obecně popisuje šíření světelného paprsku v prostředí).

Úkol: Stanovte refraktometricky sušinu u předloženého vzorku melasy

Pomůcky:

refraktometr, papírové proužky, kádinky, pipeta, skleněná tyčinka, stříčka s vodou, melasa

Pracovní postup:

1. Na váhy postavíme kádinku a váhy vytárujeme. Do kádinky navážíme 5 g melasy.

2. K melase přidáme 5 cm³ destilované vody a skleněnou tyčinkou důkladně rozmícháme.
3. Na hranol refraktometru kápneme kapku roztoku melasy a přiklopíme odklopným hranolem.
4. Pohlédneme do okuláru refraktometru a nastavíme rozhraní světla a stínu na nitkovitý kříž.
5. Odečteme naměřenou hodnotu sacharizace.
6. Po měření odklopíme hranol a vyčistíme jej destilovanou vodou ze stříčky a otřeme papírovými proužky.
7. Měření provedeme alespoň třikrát a jako výslednou hodnotu vezmeme průměrnou hodnotu ze všech tří měření.

Výslednou hodnotu je třeba vynásobit dvěma, vzhledem k tomu, že jsme melasu zředili vodou v poměru 1:1.

5/ Stanovení vody v surovém cukru

Surový cukr má žlutavou barvu, pro další použití v potravinářství se čistí na tzv. bílé zboží.

Úkol: Stanovte vodu v surovém cukru sušením

Pomůcky:

porcelánová miska, exsikátor, surový cukr

Pracovní postup:

1. Čistou a suchou porcelánovou misku si zvážíme na vahách a údaj o hmotnosti si zapíšeme.
2. Do zvážené misky odvážíme na vahách 10 g dobře promíchaného vzorku cukru.
3. Sušárnu vyhřejeme na 105°C a vložíme do ní misku se vzorkem.
4. Sušíme asi 90 minut nebo do konstantní hmotnosti.
5. Po ukončení sušení horkou misku se vzorkem přeneseme do exsikátoru a necháme ji zchladnout.
6. Po vychladnutí misku se vzorkem opět zvážíme a hodnotu si zaznamenáme.

Výsledky:

Obsah vody vypočteme následujícím postupem:

$$(m_1 + m_2) - m_3 = \text{obsah vody}$$

m_1 hmotnost vysoušecí misky

m_2 hmotnost cukru (10 g)

m_3 hmotnost misky s cukrem po vysušení

Výsledek vynásobíme desetkrát a získáme tím hmotnost vody (%) ve 100 g vzorku.

6/ Příprava cukru z cukrové řepy

Úkol: Připravte cukr z cukrové řepy na základě postupů používaných v cukrovarnictví

Pomůcky:

cukrová řepa, struhadlo, termoska (objem 1 000 cm³), vařič, 2x kádinka 400 cm³, nálevka pro horkou filtraci, pH papírky, skleněná tyčinka, Büchnerova nálevka, odsávací baňka, odpařovací miska, filtrační papír

Chemikálie:

0,25% roztok vápenného mléka Ca(OH)₂

Postup práce:

1. Řepu důkladně očistíme a okrájíme slupku.
2. Část nastrouháme na struhadle – zvolte větší dírky.
3. Odvážíme 100 g řízků a vložíme do termosky.
4. Na vařiči ohřejeme v kádince destilovanou vodu (200 cm³) a postupně přidáváme k řízkům v termosce během třepání.
5. Intenzivně třepeme 30 minut.
6. Po 30 minutách roztok z termosky zfiltrujeme (popř. odlijeme přes ventil termosky).
7. K vyluhovanému roztoku přidáváme 0,25% roztok vápenného mléka, mícháme a průběžně kontrolujeme pH pomocí univerzálních papírků. Srážení provádíme do pH 11.
8. Roztok zahřejeme na vařiči téměř k varu, vzniklá sraženina se sbalí a roztok se vyčeří.
9. Sraženinu odsajeme pomocí Büchnerovy nálevky.

10. Světle žlutý roztok zahustíme na vodní lázni ke krystalizaci.
11. Zahuštěný roztok naočkujeme přidavkem několika zrníček krystalového cukru a ochladíme.
12. Krystalky cukru odsajeme na Büchnerově nálevce a vysušíme mezi listy filtračního papíru, zvážíme výtěžek.

4. Metodika pro hodinu základního typu

Zařazení tématu do výuky:

- A. Biochemie ⇒ sacharidy ⇒ sacharóza ⇒ výroba cukru
- B. Obecná chemie (laboratorní cvičení) ⇒ základní metody oddělování složek směsí
- C. Seminář z chemie ⇒ opakování základních laboratorních metod

Na téma lze pohlížet z dvojího pohledu. Buď se předpokládá, že žák má přehled o základních fyzikálně-chemických pochodech a jejich principech nebo lze téma využít právě k vysvětlení jednotlivých základních metod v jejich praktické aplikaci.

Téma I	Ročník
Výroba cukru	3. - 4. ročník
Vstupní předpoklady	
<p><i>Žák by se měl orientovat v následující problematice:</i></p> <p>Přírodní látky. Sacharidy. Základní fyzikálně-chemické pochody – rozpustnost, srážení, neutralizace, krystalizace, adsorpce.</p>	
Předpokládané výsledky výuky	
<p><i>Žák:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • jmenuje rostliny vhodné pro výrobu cukru • má přehled o látkách obsažených, spolu s cukrem, v cukrové řepě • vysvětlí princip a význam jednotlivých fyzikálně-chemických pochodů využívaných při výrobě cukru 	
Metody výuky	Učební pomůcky
<ul style="list-style-type: none"> • rozhovor • heuristický rozhovor • <i>práce ve skupině (třídě)</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • prezentace k tématu v MS PowerPoint • učební text • pracovní list pro žáka • různé druhy cukru, melasa • cukrová řepa (podzim) • třtinový cukr

Pomocí rozhovoru shrne učitel poznatky žáků z běžného života o výrobě cukru. Formou heuristického rozhovoru řešení s žáky použití jednotlivých fyzikálně-chemických postupů

při výrobních etapách (oddělení vysráženého produktu atd.). Na závěr hodiny navrhuje dát žákům sensoricky porovnat řepný cukr, třtinový cukr a melasu.

5. Metodika pro laboratorní cvičení

Úloha I		Ročník
Skládání cukrovarnického filtru		3. - 4. ročník
Vstupní předpoklady		
Žák by se měl orientovat v následující problematice: Filtrace.		
Předpokládané výsledky výuky		
Žák: <ul style="list-style-type: none"> poskládá filtrační papír, který má po obou stranách dvojitou vrstvu papíru (ochrana proti protrhnutí) 		
Pomůcky	Chemikálie	
<ul style="list-style-type: none"> filtrační papír nůžky 		
Metody výuky		
<ul style="list-style-type: none"> samostatná práce 		
Poznámky		
<ul style="list-style-type: none"> poskládaný filtrační papír využijeme pro další úlohy (např. příprava cukru) 		
Bezpečnostní pokyny		
<ul style="list-style-type: none"> po dobu cvičení by měli žáci používat ochranné brýle dbáme bezpečnosti při práci s nůžkami 		

Úloha II	Ročník
Krystaly sacharosy	3. - 4. ročník
Vstupní předpoklady	
<p>Žák by se měl orientovat v následující problematice:</p> <p>Krystalizace. Nasycený roztok.</p>	
Předpokládané výsledky výuky	
<p>Žák:</p> <ul style="list-style-type: none"> • připraví nasycený roztok sacharózy • porovná tvar krystalů sacharózy z různých roztoků 	
Pomůcky	Chemikálie
<ul style="list-style-type: none"> • 3 kádinky • lihový fix • odměrný válec • skleněná tyčinka • destilovaná voda • 3 krystalizační misky 	<ul style="list-style-type: none"> • krystalový cukr • chlorid sodný • uhličitan sodný (X_i – dráždivý)
Metody výuky	
<ul style="list-style-type: none"> • práce ve skupině (ve dvojicích) 	
Poznámky	
<ul style="list-style-type: none"> • jedná se tzv. dlouhodobý pokus 	
Bezpečnostní pokyny	
<ul style="list-style-type: none"> • po dobu cvičení by měli žáci používat ochranné brýle 	

Úloha III	Ročník
Určení reakce melasy	3. - 4. ročník
Vstupní předpoklady	
<p>Žák by se měl orientovat v následující problematice:</p> <p>pH.</p> <p>Acidobazické indikátory.</p>	
Předpokládané výsledky výuky	
<p>Žák:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zhodnotí pH melasy za pomoci acidobazického indikátoru 	
Pomůcky	Chemikálie
<ul style="list-style-type: none"> • porcelánová miska • lžička • destilovaná voda • melasa 	<ul style="list-style-type: none"> • roztok fenolftaleinu (F – vysoce hořlavé) • roztok lakmusu <p>Příprava roztoku fenolftaleinu: 0,1 g fenolftaleinu rozpustíme v 10 cm³ ethanolu.</p> <p>Příprava roztoku lakmusu: 0,1 g lakmusu rozpustíme v 10 cm³ vody.</p>
Metody výuky	
<ul style="list-style-type: none"> • práce ve skupině (ve dvojicích) 	
Poznámky	
<ul style="list-style-type: none"> • doporučujeme použít k pokusu surovou melasu přímo z cukrovaru, popř. krmnou 	
Bezpečnostní pokyny	
<ul style="list-style-type: none"> • po dobu cvičení by měli žáci používat ochranné brýle 	

Úloha IV		Ročník
Stanovte refraktometricky sušinu u předloženého vzorku melasy		3. - 4. ročník
Vstupní předpoklady		
<p>Žák by se měl orientovat v následující problematice:</p> <p>Refraktometrie. Opticky aktivní látky.</p>		
Předpokládané výsledky výuky		
<p>Žák:</p> <ul style="list-style-type: none"> • odváží přesné množství melasy • pracuje správně s refraktometrem • odečte hodnotu sacharizace na stupnici • určí podíl sušiny v melase 		
Pomůcky	Chemikálie	
<ul style="list-style-type: none"> • refraktometr • papírové proužky • kádinky • pipeta • skleněná tyčinka • stříčka s vodou • melasa 		
Metody výuky		
<ul style="list-style-type: none"> • práce ve skupině (ve dvojicích) 		
Poznámky		
<ul style="list-style-type: none"> • doporučujeme použít k pokusu surovou melasu přímo z cukrovaru, popř. krmnou • hranol refraktometru je třeba dobře očistit 		
Bezpečnostní pokyny		
<ul style="list-style-type: none"> • po dobu cvičení by měli žáci používat ochranné brýle 		

Úloha V	Ročník
Stanovení vody v surovém cukru	3. - 4. ročník
Vstupní předpoklady	
<p>Žák by se měl orientovat v následující problematice:</p> <p>Vysoušení pevných látek.</p>	
Předpokládané výsledky výuky	
<p>Žák:</p> <ul style="list-style-type: none"> • odváží přesné množství vzorku cukru • určí konstantní hmotnost vysoušeného cukru • z úbytku hmotnosti cukru vypočte procentový obsah vody v surovém cukru 	
Pomůcky	Chemikálie
<ul style="list-style-type: none"> • porcelánová miska • exsikátor • surový cukr • sušárna 	
Metody výuky	
<ul style="list-style-type: none"> • práce ve skupině (ve dvojicích) 	
Poznámky	
<ul style="list-style-type: none"> • sušárnu vyhřejeme před začátkem cvičení • úlohu je třeba zařadit na úvod cvičení vzhledem k dlouhodobějšímu vysoušení 	
Bezpečnostní pokyny	
<ul style="list-style-type: none"> • po dobu cvičení by měli žáci používat ochranné brýle • dbáme bezpečnosti při práci s vyhřátou sušárnou (nebezpečí popálení) 	

Úloha VI	Ročník
Příprava cukru z cukrové řepy	3. - 4. ročník
Vstupní předpoklady	
<p>Žák by se měl orientovat v následující problematice:</p> <p>Základní fyzikálně-chemické pochody – rozpustnost, srážení, neutralizace, krystalizace, adsorpce.</p>	
Předpokládané výsledky výuky	
<p>Žák:</p> <ul style="list-style-type: none"> • naváže přesné množství řepných řízků • přidávkem horké vody extrahuje látky z řepných řízků • oddělí difúzní šťávu od řepných řízků • sráží difúzní šťávu vápenným mlékem za současné kontroly pH roztoku • odsává sraženinu pomocí Büchnerovy nálevky • zahustí roztok ke krystalizaci 	
Pomůcky	Chemikálie
<ul style="list-style-type: none"> • cukrová řepa • struhadlo • termoska (objem 1 000 cm³) • vaříč • 2x kádinka 400 cm³ • nálevka pro horkou filtraci • pH papírky • skleněná tyčinka • Büchnerova nálevka • odsávací baňka • odpařovací miska • filtrační papír 	<ul style="list-style-type: none"> • 0,25% roztok vápenného mléka Ca(OH)₂
Metody výuky	
<ul style="list-style-type: none"> • práce ve skupině (ve dvojicích) 	
Poznámky	
<ul style="list-style-type: none"> • cukrovou řepu lze získat na podzim při sklizni na polích • vzhledem k tomu, že se nepodaří dokonale odstranit balastní látky z difúzního roztoku, nejsou výtěžky cukru příliš vysoké 	

Bezpečnostní pokyny

- po dobu cvičení by měli žáci používat ochranné brýle a rukavice
- dbáme opatrnosti při manipulaci s horkou vodou a při práci s roztokem vápenného mléka

6. Použitá literatura a elektronické zdroje

- 1) KOPŘIVA, J.: *Chemie pro III. ročník gymnázií, 1.díl*. Praha: SPN, 1979.
- 2) KOVÁČ, Š. a kol.: *Chemická výroba pro IV. ročník gymnázia (experimentální učební text)*. Praha: SNTL, 1982.
- 3) EISNER, W. a kol.: *Chemie pro střední školy 1b*. Praha: Scientia, 1997.
- 4) AMANN, W., EISNER, W. a kol.: *Chemie pro střední školy 2b*. Praha: Scientia, 2000.
- 5) PELIKÁN, M., HŘIVNA, L., HUMPOLA, J.: *Technologie sacharidů*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno 1999.
- 6) Cukrovary a lihovary TTD, [online 2011-04-27]. Dostupné z [www <http://www.cukrovaryttt.cz/caste-otazky/caste-otazky/>](http://www.cukrovaryttt.cz/caste-otazky/caste-otazky/)
- 7) NEISER, J.: *Základy chemických výrob: Vysokoškolská učebnice pro studenty pedagogických a přírodovědeckých fakult studijního oboru 76-12-8 učitelství všeobecně vzdělávacích předmětů*. Praha 1988.
- 8) KRAUS, J.: *Nový akademický slovník cizích slov: kolektiv autorů pod vedením Jiřího Krause*. Academia, Praha 2007.
- 9) ANDRLÍK, K., PETRŮ, F.: *Základy chemických výrob*. SPN, Praha 1965.
- 10) Moravskoslezské cukrovary a.s., [online 2011-4-27]. Dostupné z [www <http://www.agrana.cz>](http://www.agrana.cz)
- 11) Cukrovar Vrbátky, a.s., [online 2011-4-27]. Dostupné z [www <http://www.cukrovarvrbatky.cz>](http://www.cukrovarvrbatky.cz)
- 12) Hanácká potravinářská společnost, a.s., [online 2011-4-27]. Dostupné z [www <http://www.hps.cz>](http://www.hps.cz)

Zdroje obrázků:

- Obrázek 1: Cukrová řepa [online 2011-12-2]. Dostupné z www <[www <www.tvujdum.cz>](http://www.tvujdum.cz)>
- Obrázek 2: Cukrová třtina [online 2011-2-5]. Dostupné z www <[www <www.spriinc.org>](http://www.spriinc.org)>
- Obrázek 4: Vzorec sacharosy [online 2011-2-5]. Dostupné z www <<http://www.nejlevnejsidoplnky.cz/nejlevnejsidoplnky/5-Zajimavosti/6-Sacharidy>>
- Obrázek 5: Řepné řízky [online 2011-2-5]. Dostupné z www <<http://projektysipvz.gytool.cz/ProjektySIPVZ/Default.aspx?uid=376>>
- Obrázek 6: Nože řezačky [online 2011-4-21]. Dostupné z www <<http://www.fsid.cvut.cz/cz/u218/peoples/hoffman/PREDMETY/VLP/Foto/Foto.htm>>
- Obrázek 7: Soustava odparek [online 2011-4-15]. Dostupné z www <<http://www.fsid.cvut.cz/cz/u218/peoples/hoffman/PREDMETY/VLP/Foto/Foto.htm>>
- Obrázek 8: Melasa [online 2011-4-21]. Dostupné z www <<http://www.nazeleno.cz/bio/zdrava-vyziva-2/bily-cukr-trtinovy-cukr-nebo-prirodni-sladidla.aspx>>
- Obrázek 9: Cukrové homole [online 2011-3-26]. Dostupné z www <<http://johnmadjackfuller.homestead.com/Sugarloaf.htm>>

