

Vývoj technologie výroby cukru v cukrovaru Hrušovany n. J. od roku 1989 do současnosti

Jaroslava Vaculíková

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie a mikrobiologie potravin
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Jaroslava VACULÍKOVÁ
Osobní číslo: T08084
Studijní program: B 2901 Chemie a technologie potravin
Studijní obor: Technologie a řízení v gastronomii

Téma práce: Vývoj technologie výroby cukru v cukrovaru
Hrušovany nad Jevišovkou od roku 1989 do
současnosti

Zásady pro vypracování:

1. Historie výroby cukru.
2. Cukrovka.
3. Technologie výroby cukru.
4. Srovnání výroby v roce 1989 a 2011

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] BRETSCHNEIDER, R. Technologie cukru, SNTL, Praha 1980.

[2] HOLUB, J. Technologie pro 3. ročník SPŠPT obor výroba cukru a cukrovinek, SNTL, Praha 1979.

[3] HOLUB, J. Technologie pro 4. ročník SPŠPT obor výroba cukru a cukrovinek, SNTL, Praha 1981.

[4] KADLEC, P. a kol. Technologie potravin I., VŠCHT, Praha 2002.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Václav Brachtl
Bzenec

Datum zadání bakalářské práce:

11. února 2011

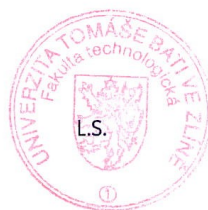
Termín odevzdání bakalářské práce:

30. května 2011

Ve Zlíně dne 12. dubna 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Jan Hrabě, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Vaculíková Jaroslava

Obor: Technologie a řízení v gastronomii

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 25.5.2011



¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) *Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.*

(3) *Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.*

²⁾ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:*

(3) *Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).*

³⁾ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:*

(1) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.*

(2) *Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.*

(3) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

ABSTRAKT

Záměrem této práce bylo srovnání technologie výroby cukru na základě odborné praxe, kterou jsem vykonávala během kampaně roku 1988 v cukrovaru Hrušovany nad Jevišovkou a odborné exkurze, kterou jsem absolvovala v letošním roce. Zaměřila jsem se na rozdíly v technologii výroby cukru v tomto časovém rozmezí.

Cílem mé práce je kompletně popsat technologii cukrovaru od příjmu řepy, těžení surové šťávy, epurace, výrobu těžké šťávy, její zpracování na varně až po finální výrobky a jejich skladování a popsat nové směry v technologii výroby cukru, které mají vliv především na ekonomiku výroby cukru, což se odráží v konečné ceně a tím i postavení cukrovaru na trhu.

Klíčová slova:

technologie výroby cukru, cukrová řepa, cukr, lehká šťáva, epurace, těžká šťáva, saturace, sirob, varna, rafinerie

ABSTRACT

The intention of this essay (nebo project nebo work) is the comparison of the sugar manufacturing technologies on the basis of practical training experience which I practised within the 1988 campaign in the sugar house Hrušovany nad Jevišovkou and the field trip which I passed out this year.

I focused on the differences in the sugar manufacturing technologies in that space of time. The target of my work is to describe completely the technology of the sugar house : since the entry of the sugar beet, extraction of the raw juice, EPURACE (nenašla jsem angl.ekvivalent, výraz jsem nenašla ani ve Wikipedii), the production of the thick juice, its processing in the digester house, up to final products and their stock-keeping and to describe new tendencies in the sugar manufacturing technology which have the influence above all on the sugar production economy, what reflects in the final price and thereby also in the sugar house status on the market.

Keywords:

sugar manufacturing technology, sugar beet, sugar, thin juice, EPURACE, thick juice, saturation, sirup, digester house, refinery.

Děkuji Ing. Václavu Brachtlovi, vedoucímu mé bakalářské práce, za jeho cenné rady a materiály, které mi poskytl během práce. Zároveň děkuji celému kolektivu pracovníků cukrovaru v Hrušovanech nad Jevišovkou za poskytnuté materiály a informace k vytvoření dobrých podmínek pro vypracování mé práce, jmenovitě Ing. Pavlu Slavičkovi, Ph.D., Pavlu Kadidlovi, Pavlu Sikorovi a Ing. Kratochvílovi. A nakonec děkuji svým přátelům za jejich morální podporu.

Motto:

*„Podněty, povzbuzující nás k učení a poznání, jsou ve věcech samých, kterým se učíme
a které poznáváme.“*

(Cicero Marcus Tullius)

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, 25. 05. 2011

.....
Podpis studenta

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 HISTORIE VÝROBY CUKRU	13
1.1 HISTORIE CUKROVARNICTVÍ.....	13
1.1.1 Historie cukrovaru Hrušovany nad Jevišovkou.....	15
2 CUKROVKA	18
2.1 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA CUKROVKY	18
2.2 VZNIK CUKRU V ŘEPĚ A JEHO ROZLOŽENÍ V KOŘENÍ	20
2.3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ KOŘENE CUKROVKY	21
2.3.1 Sacharóza	22
2.3.1.1 Fyzikální vlastnosti sacharózy	23
2.3.1.2 Chemické vlastnosti sacharózy	25
2.3.2 Řepná dřevina.....	28
2.3.3 Necukry řepné šťávy	29
2.3.3.1 Organické bezdusíkaté necukry	30
2.3.3.2 Organické dusíkaté necukry.....	32
2.3.3.3 Anorganické necukry (soli).....	35
2.4 JAKOSTNÍ PODMÍNKY	35
3 TECHNOLOGIE VÝROBY CUKRU	36
3.1 ZÁKLADNÍ CUKROVARNICKÉ VELIČINY A JEDNOTKY	36
3.1.1 Chemické reakce v cukrovarnické výrobě	38
3.1.2 Laboratoř cukrovaru	38
3.2 SUROVÁRNA.....	39
3.2.1 Přejímka a ukládání řepy v cukrovaru.....	39
3.2.2 Doprava a čištění řepy	41
3.2.3 Praní řepy	43
3.2.3.1 Řepné pračky.....	43
3.2.3.2 Doprava řepy k řezačkám	44
3.2.4 Výroba sladkých řízků.....	44
3.2.5 Těžení šťávy	45
3.2.5.1 Extraktory	46
3.2.5.2 Vyslazené řízky, jejich lisování a sušení	47
3.2.5.3 Odstraňování drtě ze surové šťávy a řízkolisové vody.....	48
3.2.6 Epurace a filtrace.....	48
3.2.6.1 Předčeření	49
3.2.6.2 Dočeření.....	50
3.2.6.3 1. saturace	50
3.2.6.4 Separace kalu po 1. saturaci.....	51

3.3	VÁPENKA A HAŠENKA	56
3.4	RAFINACE CUKRU	59
3.4.1	Afinace	60
3.4.2	Příprava kléru, filtrace a odbarvování	60
3.4.3	Sušení a chlazení cukru	61
3.4.4	Skladování cukru	62
4	SROVNÁNÍ VÝROBY V LETECH 1989 A 2011.....	64
4.1	ZÁSADNÍ ZMĚNY V TECHNOLOGII VÝROBY CUKRU V CUKROVARU HRUŠOVANY NAD JEVIŠOVKOU	64
4.1.1	Přejímka řepy	64
4.1.2	Surovárna	65
4.1.3	Rafinerie	66
4.1.4	Vápenka	66
4.1.5	Modernizace z ekonomických důvodů	66
4.2	PRODUKTY CUKROVARU	66
4.2.1	Druhy cukru podle zákona o potravinách.....	68
4.2.1.1	Legislativa	69
4.2.2	Produkční kvóty EU	69
4.3	INFORMAČNÍ TECHNOLOGIE	70
4.3.1	Ekonomicko-technické informační systémy	70
4.3.1.1	Ekonomické informace	70
4.3.1.2	Informace s cílem řídit jakost výrobků	71
4.3.2	Informace pro provozní techniky, manažery cukrovarů a další odborné pracovníky	71
4.3.2.1	Řídící, expertní a informační systémy	71
4.4	VLIV VÝROBY ŘEPNÉHO CUKRU NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	71
4.5	VÝZKUM A VÝVOJ V CUKROVARU HRUŠOVANY NAD JEVIŠOVKOU.....	72
4.6	VÝVOJ NĚKTERÝCH PARAMETRŮ KOMODITY CUKR – CUKROVÁ ŘEPA V ČR OD ROKU 1989 DO ROKU 2010	73
	ZÁVĚR	74
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	76
	SEZNAM OBRÁZKŮ	83
	SEZNAM PŘÍLOH.....	84

ÚVOD

Princip výroby cukru z řepy spočívá v dlouhé řadě za sebou navazujících procesů. Za pomoci mechanických a hydraulických operací se nejprve kořen cukrovky zbaví nečistot, rostlinných a minerálních příměsí. Vypraná řepa se rozřeže na tenké proužky, tzv. sladké řízky, které se extrahují teplou vodou. Při těžení šťávy přechází cukr z řepných buněk do vyluhovací vody, kde se uplatňuje volná extrakce a difuze látek řepné šťávy tepelně denaturovanou buněčnou stěnou. Získaný extrakt tzv. surová šťáva obsahuje kromě žádané sacharózy řadu dalších složek o různé velikosti částic, od hydratovaných iontů až po koloidně dispergované látky. Tyto látky se odstraňují čištěním, neboli epurací za pomoci vápenného mléka a oxidu uhličitého. Účinkem vápna, vápenatých a hydroxylových iontů dochází k postupnému vysrážení koloidně dispergovaných látek do vápenaté sraženiny. Přebytek vápna ze šťávy se odstraňuje saturací oxidem uhličitým za tvorby sraženiny uhličitanu vápenatého, která slouží jako výborný adsorpční a filtrační prostředek. Během čištění šťáv se uplatňují vedle chemických reakcí i fyzikálně chemické procesy, jako je absorpce (rozpuštění) oxidu uhličitého ve šťávě, srážení a krystalizace uhličitanu vápenatého a absorpce vysrážených látek na povrchu krystalického uhličitanu vápenatého. Sraženina je odseparována v několika stupních za použití dekantace a filtrace. Vyčištěná šťáva se zahušťuje na odparkách. Opakovaným odpařováním dochází ke krystalizaci za sníženého tlaku, vzniká heterogenní směs krystalů cukru a matečného sirobu, tzv. cukrovina, která se následně zpracovává v krystalizátorech, kde při postupném ochlazování cukroviny sacharóza dále krystalizuje. Krystaly a matečný sirob z vykrytalizované cukroviny se oddělují za pomoci odstředivé síly ve filtračních odstředivkách. Cukr, získaný obvykle po první krystalizaci, obsahuje v povrchové vrstvě krystalů zbytky matečného sirobu, které je nutno odstranit rafinací. Její základní operací je afinace, Při afinace je cukr nejprve ovlhčen mísicím sirobem, tento sirob se v odstředivce odstředí a krystaly se opláchnou vodou nebo čistým cukerným roztokem. Očištěný cukr se rozpouští ve vodě, případně se odbarvuje a svařuje na bílý cukr odpařovací krystalizací. Po několika stupních svařování a krystalizace se dostaneme k finálnímu bílému cukru. Následují dokončovací operace – sušení, třídění, balení a skladování cukru. Kompletní technologické schéma výroby cukru představuje složitý systém, jehož dobrá funkce

závisí na správné činnosti jednotlivých stanic a na jejich vzájemném sladění, které je potřebné k dosažení maximálního celkového efektu.

Předkládaná práce se snaží charakterizovat vývoj technologie výroby cukru v cukrovaru Hrušovany nad Jevišovkou od roku 1989 do současnosti. Pro pochopení procesu změn je do určité míry potřeba znát historii cukrovarnictví a cukrovky na našem území.

V roce 1989 zajišťovalo produkci výroby cukru 52 cukrovarů o průměrné denní kapacitě 1362 tun. Vlivem špatné ochrany trhu a velmi podprůměrné produktivity podpořené nedostatečnými výsledky producentů cukrové řepy postupně opouštěly odvětví. Situace je donutila k racionalizaci a zefektivňování produkce, případně ke vstupu do nadnárodních řetězců firem z Evropské Unie. Tento proces racionalizace byl podpořen tvrdým opatřením vlády, kterým roku 1993 byly zrušeny exportní subvence ve výši 3303 Kč/t . V letech 1998-2011 došlo k velkému poklesu počtu cukrovarů. V současné době se na našem území vyrábí cukr v sedmi cukrovarech.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE VÝROBY CUKRU

Od dávnověku hledal člověk látky, které by zlepšily chuť jeho potravy. Mezi tyto látky patřily zcela jistě takové, které udávají pokrmům sladkou chuť. Nestarším sladidlem vůbec byl včelí med [1].

Zatím co třtinový cukr byl znám a používán již od dávných dob, výroba i užívání řepného cukru je záležitostí posledních tří století [2].

1.1 Historie cukrovarnictví

První zemí, kde se začal vyrábět cukr (sacharóza) ze třtiny, byla Indie; z indického slova sarkara, tj. cukr, je odvozen i dnešní název sacharózy. Z Indie se rozšířila výroba cukerných sirobů z cukrové třtiny do východního Středomoří, hlavně do Egypta, Sýrie a na Krétu, v 8. století zásluhou Maurů do jižního Španělska a na Sicílii. Ve třináctém století, v době křížáckých výprav, se cukr stal známým po celé Evropě. Jeho hlavním dovozcem do Evropy byly Benátky. Do té doby se v oblasti na sever od Alp sladilo pouze medem a v malém množství sirobem z cukrového javoru. Po objevení Ameriky byla do nového světa převezena i cukrová třtina. Cukr dovážený do Evropy byl velmi drahý [1].

První záznamy o skupině rostlin, která byla nazývána Beta, byly nalezeny v řecké literatuře z let kolem 420 před naším letopočtem. Tyto rostliny byly popsány jako „zahradní rostliny“ s tmavými a světlými odrůdami. Postupně se rozšířily do Francie a Španělska. Původně byly využívány její listy podobným způsobem jako je v současné době připravován špenát. Později se velmi populární zeleninou staly její bulvy, především červené odrůdy. V té době se však nikdo nezajímal o látku, která těmto bulvám propůjčovala sladkou chuť [2].

Spotřeba cukru vzrůstala a bylo třeba hledat nové zdroje. V roce 1605 objevil Francouz Olivier de Serres sacharózu v kořeni rostliny Beta vulgaris Linné a z ní potom byla vyšlechtěna dnešní cukrovka. První cukr z kořene této rostliny však vyrobil až v roce 1747 berlínský lékárník Marggraf. To je vlastně začátek technologického výzkumu výroby řepného cukru. V roce 1802 Achard založil první cukrovar Cunern v pruském Slezsku (tj. na území dnešního Polska). V Čechách byla

od roku 1787 rafinérie třtinového cukru na Zbraslavi. Tam se také již v roce 1795 konaly první pokusy s výrobou cukru z řepy. Výrobu pomáhal zavádět Achard.

Pro rozvoj výroby cukru byl rozhodující rok 1806, kdy po vyhlášení Napoleonova „kontinentálního systému“ začínají vznikat v Evropě cukrovary. Napoleon ještě dekretem z roku 1811 nařídil, aby byla pro pěstování řepy vyhrazena půda a poskytován úvěr těm průmyslovým závodům, kterým se podaří za dobrých podmínek vyrábět řepný cukr. Od r. 1812 byly zakládány ve Francii experimentální školy cukrovarnické chemie. O tom, že byla Francie v čele řepného cukrovarnictví, svědčí řada francouzských názvů technologických zařízení, které se užívají dodnes [1].

V Čechách vyráběl z řepy cukr a kávové náhražky již v r. 1810. V letech 1811 až 1815 bylo na území Čech a Moravy asi 23 výroben cukru. Po porážce Napoleona u Lipska r. 1814 tyto drobné výrobny zanikly. Hlavní rozvoj cukrovarnického průmyslu začíná až ve 2. polovině 19. století. Byl podmíněn zaváděním vyšších forem hospodaření, zaváděním parního stroje do cukrovarů a je spjat s přechodem od feudalismu ke kapitalismu. Zpočátku zakládala cukrovary hlavně šlechta, později i měšťané s pomocí cizího kapitálu. Akciové rolnické cukrovary začaly vznikat až po roce 1860 [1].

V českých zemích byly první cukrovary založeny v r. 1829. Do r. 1840 vzniklo celkem 76 cukrovarů. Největší množství závodů však vzniklo po roce 1850. V té době pracovalo na území naší republiky 290 cukrovarů [1].

Byly to právě české země, které stály v čele pokroku jak po stránce technologické, tak i po stránce strojní. V Židlochovicích uvedl Robert do provozu první difuzi, Jelínek s Lexou zavedli násobné odpařování šťávy a odběry brýdových par z odparky. Jelínek, Hanuš, Karlík a Staněk propracovali způsoby epurace šťávy. Je zajímavé, že již v té době se konaly pokusy o mechanizaci výrobního procesu. V roce 1838 zkušel Reichenbach zařízení pracující na principu horizontální mechanické difúze. V roce 1870 konal Vyšata v Modřanech pokusy s jednověžovou mechanickou difuzí. Později zkušel totéž Fišer v Líbeznicích. V té době byla výroba cukrovarských strojů na vrcholu svého rozmachu. Z celkového počtu 1 200 cukrovarů zpracovávajících řepu na světě jich plných 800 stavěly naše strojírenské závody (Škoda, ČKD, První Brněnská atd.) [1].

V 1. polovině 20. století se stabilizují poměry na trzích tzv. bruselskou konvencí z roku 1903. Koncentruje se výroba, klesá počet cukrovarů, ale zároveň se modernizují zbylé závody a výroba cukru vzrůstá. V roce 1929 začala vleklá krize, která trvala až do začátku druhé světové války a rozhodujícím způsobem ovlivnila výrobu cukru u nás. V letech největšího rozmachu se u nás vyrábělo asi 7 až 8% evropské produkce [1]. Po válce bylo 101 cukrovarů znárodněno. Počet činných cukrovarů postupně klesal: v roce 1960 pracovalo 80, v roce 1980 pak 58 cukrovarů. Po roce 1990 proběhla privatizace průmyslu, řada cukrovarů, především všechny surovárny a autonomní rafinerie, postupně zanikly [3].

Cukrovarnickou kampaň 2009/10 v ČR zahájilo 7 cukrovarů (2 v Čechách, 5 na Moravě). Zahraniční vlastníci jsou zastoupeni ve dvou cukrovarnických společnostech se 4 závody, ostatní 3 cukrovary vlastní tuzemské soukromé subjekty. Cukrovary se zahraniční kapitálovou účastí mají na celkovém dosaženém výkonu zpracování řepy všech cukrovarů podíl téměř 83%. Současně s tím se snižovala i plocha pěstované cukrovky z ca 150 tis. ha do privatizace na nyníšších 53 tis. ha [4].

1.1.1 Historie cukrovaru Hrušovany nad Jevišovkou

Historie cukrovarnictví v Hrušovanech je úzce spjata se šlechtici, kteří vlastnili zdejší velkostatek. Majitelé hrušovanského velkostatku hrabě Khuen-Bellasi s chotí Emanuelou uvedli do provozu r. 1851 cukrovar. Výroba kostek byla zahájena v roce 1904 [5].

Další vývoj byl příznivě ovlivněn vznikem akciové společnosti mezi firmou Kurchner-Bachler a Co., hrabě Khun-Bellasi a Vídeňskou baronkou v roce 1911. Akciová společnost měla název “Moravský cukerní průmysl a.s., cukrovar Hrušovany nad Jevišovkou.“ V roce 1919 zakoupila všechny akcie Středomoravská cukrovarská a zemědělská společnost a potom v r. 1934 sem vstoupila a.s. pro průmysl cukrovarnický v Hodoníně. V roce 1948 se stal národním podnikem a poté v r. 1951 odštěpným závodem Jihomoravských cukrovarů. V rámci JMC byl postaven v letech 1968 – 1970 nový cukrovar Hrušovany nad Jev. s kapacitou 4000 t řepy/den. Cukrovar postavil polský dodavatel. Starý cukrovar byl zrušen 1969, výroba byla přesunuta do nového závodu a v roce 1970 zahájena první kampaň. 1. 5.

1992 byla založena akciová společnost Cukrovar Hrušovany nad Jevišovkou. V roce 1994 vstoupil do cukrovaru zahraniční kapitál, kdy akcie koupila firma Agrana International AG, Wien. V roce 1995 bylo provedeno navýšení základního jmění a z tohoto vkladu postaveno silo na 20 000 tun cukru. V následujícím roce se začalo s rozsáhlými investicemi v technologii. Agrana International postupně nakupovala akcie, v roce 1998 vlastnila již 88,7 % akcií. V roce 1998 bylo provedeno snížení základního jmění vzhledem k vysoké ztrátě v předchozím roce. V roce 1999 bylo provedeno navýšení základního jmění, Agrana International vlastnila cca 95 % akcií. Na valné hromadě dne 30. 6. byl schválen projekt sloučení Cukrovaru Hrušovany nad Jevišovkou, a.s. s Cukrovarem Uničov, a.s. a 1. Slezskou, a.s. Opava. V tomto roce jako první cukrovar v ČR zavedl na trh ucelenou řadu výrobků pod názvem „Korunní cukr“, která je postupně rozšiřována dalšími produkty na bázi cukru [5]. 1. 1. 2000 oficiálně vznikla nová sloučená společnost Cukrovar Hrušovany nad Jevišovkou, a.s. závody Uničov a Opava. 1. 1. 2001 došlo ke změně názvu společnosti na „Moravskoslezské cukrovary, a.s.“ s odštěpnými závody Opava a Uničov. V roce 2003 prošla společnost úspěšnou certifikací dle ČSN EN ISO 9001:2001. Roku 2004 dochází k definitivnímu zrušení cukrovaru Uničov [6].

Cukrovarnickou kampaň 2010 zahájili v Hrušovanech jako první. Vzhledem k časové náročnosti výroby biocukru, resp. zpracování biořepy, spolu s produkcí cukru z běžné cukrovky zahájil tento cukrovar kampaň již v 37. týdnu, konkrétně 17. 9. 2010 [7].

V průběhu kampaně 2009/10 cukrovar poprvé zpracoval biořepu v množství 23 tis. t a vyrobil z ní 2,9 tis. t certifikovaného cukru. Zpracováním vznikly také krmiva - krmné biořízky a biomelasa [4].

1.2 Historie a tradice pěstování cukrovky

Cukrovka je jednou z nejmladších kulturních rostlin. Pěstování cukrovky pro produkci cukru bylo započato v českých zemích v roce 1831, kdy vznikl náš cukrovarnický průmysl. Cukrovka je první plodinou, která byla u nás empiricky šlechtěna na panských velkostatech [8]. Řepa byl dlouhou dobu obecný název pro

kořenové a bulevnaté rostliny. Jako potravina nazývala u nás na významu především v dobách nouze nebo v krajích chudších, jinak ceněna příliš nebyla. Teprve od druhé poloviny 18. Století se k nám dostává ze sousedního Německa tzv. řepa burgundská, zvaná také tlustá, vhodná jako krmivo pro dobytek. Zájem o výrobu cukru z domácích surovin vyvolala Napoleonova kontinentální blokáda vyhlášená 1806, znemožňující dovoz koloniálního třtinového cukru. Rychlý vzestup cen cukru v Evropě a v Rakousko-Uhersku podnítil snahy o výrobu z náhradních surovin, především z řepy, ale také z javoru. K prvním pokusům o výrobu sirubu z řepy u nás došlo na sklonku 18. století ve zbraslavské rafinerii třtinového cukru, ale první řepný cukr byl vyroben v Čechách až v roce 1810 a na Moravě teprve roku 1829. Po uvolnění kontinentální blokády tyto snahy u nás i v Německu ochably a k oživení řepného cukrovarnictví došlo až na počátku 30. let. Název cukrovka pro řepu cukernatou vhodnou pro tovární zpracování se u nás vžil postupně až v druhé polovině 19. století. V lidové mluvě ještě dlouho přetrvávalo pojmenování původní: buryna, burgyně, kravská řepa ale i kvaka nebo mangul apod. [8].

České země patří již téměř 200 let mezi přední evropské výrobce cukrové řepy a cukru. Od poloviny 19. století se zde bez přerušení vyrábí kvalitní cukr pro domácí spotřebu i pro vývoz do celého světa [9].

2 CUKROVKA

Cukrovka vytváří řepný cukr (sacharózu), a proto je důležitou surovinou pro cukrovarnický průmysl. Cukr je pak důležitým zdrojem výživy, předmětem vývozu a surovinou pro další obory potravinářského průmyslu a pro průmysl chemický.

Na 100g rafinády je třeba asi 800g kořene cukrovky (tj. asi 1 600 řep), 180 – 280 m² půdy a 450 – 700 g normálního nebo 180 – 280 g segmentovaného semene [8].

Cukrová řepa má mnohostranný význam. Nalézá využití nejen v průmyslu cukrovarnickém, ale i v průmyslu zpracovávajícím produkty cukrovarnické výroby, příkladem je líh z melasy. Chrást, řízky a melasa jsou vhodným krmivem. V dnešní době je velmi aktuální zpracování cukrovky na bioetanol a bioplyn. Je jednou z nejvýnosnějších plodin, produkuje velké množství živin a sušiny [10].

2.1 Botanická charakteristika cukrovky

Cukrovka (*Beta vulgaris*) je dvouletá rostlina z čeledi merlíkovitých. Dnešní kulturní řepa – cukrovka vznikla z planě rostoucích přímořských řep a jiných druhů řep divokých.

V prvním roce cukrovka vytváří soubor listů (chrást) a vlastní zdužnatělý kořen – bulvu. Bulva má tři části:

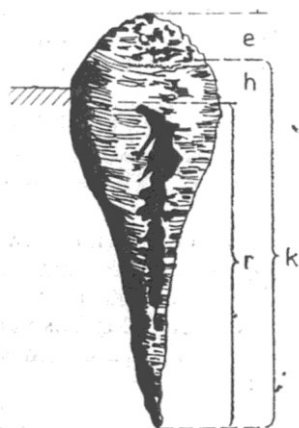
a) hlavu (epikotyl), nesou listy a vegetační pupeny, tzv. očka; řepná hlava je vlastně zkrácenou osou; v prvním roce z ní vyrůstá růžice listů, v druhém roce se prodlužuje v květonosnou lodyhu;

b) krk (hypokotyl), který je rovněž ztlustlým článkem stonku (předděložním) a tvoří přechod mezi hlavou a kořenem;

c) vlastní kořen (radix), z něhož vyrůstají postranní vlásečnicové kořínky [11].

Hypokotyl a radix tvoří podstatnou část bulvy, která se běžně nazývá kořen (správně bulva). Kořen cukrovky má typický vřetenový tvar ze stran poněkud zploštělý, se dvěma protilehlými podélnými rýhami, často rozvětvenými. Z nich vyrůstá nejvíce jemných kořínků (zvláště u cukernatých sort). Kořen se zužuje v kůlový kořínek průměru jen několika milimetrů ten proniká do půdy 1,5 – 2m

hluboko a jeho hlavním úkolem je čerpat vláhu. Kořenový systém cukrovky je značně rozvětven, ale při vytržení bulvy ze země se většina jemných kořínků přetrhá [11].

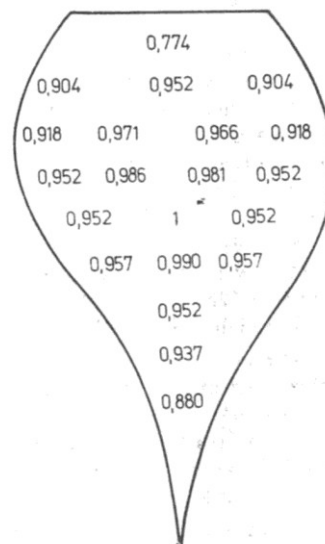


Obr. 1. Morfologická charakteristika

bulvy cukrovky

e – epikotyl (hlava), h – hypokotyl (krk),

r – radix (vlastní kořen), k – kořen



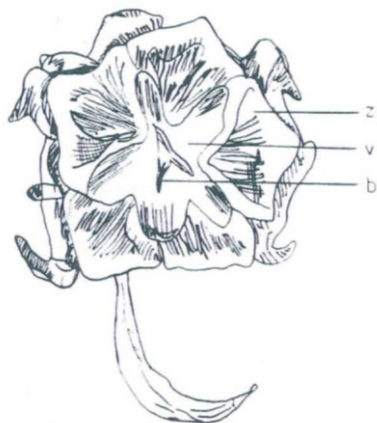
Obr. 2. Rozložení sacharózy

v kořenu cukrovky

Bulva cukrovky roste buď celá v zemi, nebo hlava a větší část krku vystupují nad povrch země. Jemné kořínky čerpají živiny a vláhu z ornice až z okruhu 1m. Cukrovka má 9 – 14 kruhů cévních svazků. Tři čtvrtiny řepných pletiv tvoří zásobní parenchym, složený z velkých mnohoúhelníkových až kulovitých buněk s četnými mezibuněčnými prostory [10].

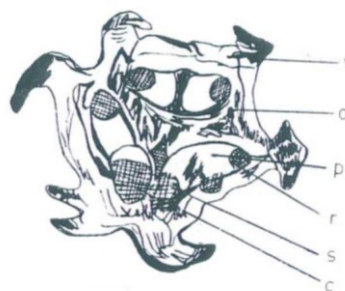
Čepel listu cukrovky je široká a může být i zvlněná, řapík listu je poměrně dlouhý. Zdravá řepa má v době sklizně kolem 30 listů, z nichž nejstarší (okrajové) listy postupně odumírají. Sacharóza se tvoří pouze v listech, a to procesem zvaným fotosyntéza. Tepelnou energii ($2\,825\text{ kJ mol}^{-1}$) k tomu potřebnou dodává sluneční světlo. Monosacharidy, které jsou výsledkem fotosyntézy, se účinkem enzymů mění již v listech cukrovky na sacharózu a sacharóza odchází vodivým pletivem do bulvy. Bulva, zejména v pozdějších fázích vývinu, nemá schopnost syntetizovat sacharózu

z monosacharidů (1 – 3,5 %), v kořenu cukrovky je jich velmi málo (0,1 %). Listové choroby i olamování chrástu mají tedy vliv nejen na růst cukrovky, ale zejména na tvorbu cukru [11, 12]. Plodem cukrovky je nažka, která je uzavřena ve ztvrdlém okvětí. Většinou je uzavřeno více nažek (v průměru 3 až 4) do útvaru zvaného klubičko (obrázky) [11].



Obr. 3. Řepné klubičko

z – ztvrdlé okvětí, v – víčko,
b – zbytek zaschlé blizny

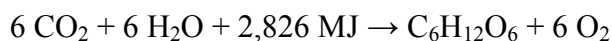


Obr. 4. Průřez řepným klubičkem

v- víčko, o – okvětí, p – perisperm, r - kořínek,
s – osemení, c - děloha

2.2 Vznik cukru v řepě a jeho rozložení v kořeni

Rozhodujícím ukazatelem kvality cukrovky je obsah sacharózy v kořeni. V cukrovce, tak jako ve všech rostlinách vznikají sacharidy, pochodem zvaným fotosyntéza. Fotosyntéza je složitý proces, jehož mechanismus není dosud uspokojivě vysvětlen. Dá se vyjádřit sumární rovnicí:



V průběhu reakce je nutná tepelná energie ve výši 2,826 MJ. Tato energie je dodávána slunečním zářením a právě proto může fotosyntéza probíhat pouze ve dne. Vedle tepelné energie je v průběhu fotosyntézy nutný chlorofyl. Působí jednak katalyticky, jednak plní úlohu světelného filtru, který pohlcuje červené paprsky. Je obsažen v buňkách listů [1].

Prvním prokazatelným produktem fotosyntézy v cukrovce je D-glukosa, a to v listech. V nervech listů se účinkem enzymů přesmykuje na D-fruktózu. Oba monosacharidy se opět působením enzymů spojí na sacharózu – cukr. Ta se dopravuje cévními svazky do parenchymatických buněk bulvy, kde se ukládá. V listech cukrovky nalézáme ještě větší množství monosacharidů, kdežto v kořeni již jen velmi málo (asi 0,1 %) [1].

Opakem fotosyntézy je dýchání cukrovky. Probíhá neustále ve dne i v noci a uvolňuje se při něm tepelná energie. Účastní se ho i buňky neobsahující chlorofyl. Dýchání lze vyjádřit rovnicí:



U řep poraněných, nezralých a při vyšších teplotách je dýchání intenzivnější. Proto je výhodnější skladovat cukrovku při nižších teplotách. Při špatném uložení cukrovky a nedostatečném přístupu vzduchu nastává anaerobní, tzv. intramolekulární dýchání. Dá se vyjádřit rovnicí:



Vyvíjí se při něm menší množství energie a vzniká etanol. Zvětšují se ztráty sacharózy a řepa se kazí [1]. (obrázek)

2.3 Chemické složení kořene cukrovky

Cukrovka obsahuje 24 až 26 % sušiny a 74 až 76 % vody, přičemž v sušině je 5 % nerozpustných látek a 95 % látek rozpustných ve vodě.

Z technologického hlediska se cukrovka dělí nejčastěji na:

- a) dřeň, které je 8 % a skládá se z 5 % sušiny a 3 5 vody,
- b) řepnou šťávu, které je 92 %.

Jako nejnázornější bývá uváděn Silinův přehled složení cukrovky. Na 100 kg cukrovky připadá toto množství jednotlivých složek:

Cukrovka (100 %) → 75 % voda

↓

25 % sušina → 17,5 % sacharóza

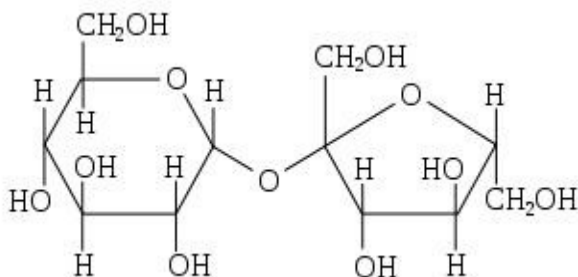
↓

2,5 % necukry šťávy → 0,9 % organické bezdusíkaté necukry
 → 1,1 % organické dusíkaté necukry
 → 0,5 % anorganické necukry (soli) [1].

2.3.1 Sacharóza

Sacharóza se vyskytuje v přírodě převážně v rostlinách, a to v jejich nejrůznějších částech, v lodyhách (cukrová třtina, čirok cukrový), kořenech (cukrovka, mrkev), plodech (ovoce), někdy i v listech, květech a semenech. V některých rostlinách se nachází ve značném množství. Průměrný obsah sacharózy v některých rostlinách: ananas 11 %, švestky 10 %, melouny 8 %, jablka až 6 %, cukrová třtina 17%, cukrovka od 15 % do 20 %, čirok cukrový 10 až 18 % [1].

Sacharóza se průmyslově vyrábí z cukrovky a cukrové třtiny. Vyrobená rafináda představuje již téměř čistou sacharózu, dosahuje čistoty chemikálií pro analytické účely. Úplně čistá sacharóza se připraví srážením nasyceného vodného roztoku rafinády 96 % etanolem. Chemicky je sacharóza α -D-glukopyranosyl- β -D-fruktofuranosid:



Obr. 5. Sacharóza

Sacharóza je disacharid sumárního vzorce $C_{12}H_{22}O_{11}$. Její relativní molekulová hmotnost je 342,30. Obsahuje 42,11 % C, 6,43 % H₂ a 51,46 % O₂ [1].

2.3.1.1 Fyzikální vlastnosti sacharózy

Krystalizace. Sacharóza krystaluje v jednodílné soustavě, předozadní osa svírá úhel větší než 90° . Velikost krystalu závisí na poměru parametrů a velikosti úhlu β . Vyvinutý krystal sacharózy má 12 ploch, z toho 7 obvyklých a ostatní vzácnější. V praxi můžeme rozeznávat několik typů krystalů podle poměru délek hran. Na tvar má vliv hlavně:

- způsob krystalizace (v klidu, v pohybu)
- pH roztoku
- přítomnost většího množství necukrů.

Základní typy krystalu jsou:

- krychlový
- tyčinkovitý (až jehličkovitý)
- destičkový (až lístkový)
- hranolový.

Krystaly nevedí elektrický proud a neotáčejí rovinu polarizovaného světla [1].

Amorfní cukr získáváme rychlým odpařením z rozstříkovaného cukerného roztoku nebo rychlým zahřátím tuhé sacharózy na teplotu tání a rychlým ochlazením. Je to průsvitná sklovitá hmota, která otáčí rovinu polarizovaného světla. Předpokládáme, že jde o tuhý roztok. Amorfní sacharóza je hydrofobická, časem ztrácí průsvitnost a přechází v krystalickou formu [1].

Hustota. Závisí na konstantní teplotě a tlaku na strukturu krystalu. Údaje se různí podle toho, zda sacharóza krystaluje z vody, etanolu nebo metanolu [1].

Objemová hmotnost je hmotnost objemové jednotky cukerných krystalů. Závisí na velikosti a tvaru krystalů a na množství pórů ve hmotě. Má význam pro balicí techniku, pro skladování cukru v silech a dopravu volně sypaného cukru [1].

Teplota tání není zcela přesná, závisí na čistotě krystalů, na jejich velikosti a na rychlosti zahřátí [1].

Rozpustnost sacharózy. Rozpustnost ve vodě je značná a zvětšuje se s teplotou. Při 0°C se rozpouští 64,18 %, při 20°C 66,78 % a při 100°C již 82,97 %. Velký

vliv na rozpustnost sacharózy má přítomnost necukrů v roztoku. V nečistém roztoku je za stejné teploty rozpuštěno mnohem více sacharózy, než se rozpustí v čisté vodě. Z nečistého roztoku sacharóza hůře krystalizuje. Důležitý je vztah mezi koncentrací a hustotou cukerného roztoku, který v praxi umožňuje koncentraci cukerných roztoků. Tato závislost není lineární, a proto se používají tabulky [1].

Sacharóza tvoří velmi snadno přesycené roztoky, které jsou značně viskózní. V nečistých roztocích lze dosáhnout mnohem vyššího přesycení a necukry ještě dále zvyšují viskozitu. V cukerných roztocích se lépe rozpouštějí některé sloučeniny ve vodě těžko rozpustné nebo nerozpustné např. CaO, CaSO₄, CaCO₃, Ca₃(PO₄)₂, MgCO₃ atd. V jiných rozpouštědlech se sacharóza rozpouští daleko méně než ve vodě. V nepolárních rozpouštědlech (uhlovodíky, chloroform) se nerozpouští vůbec, nerozpustná je i v bezvodném etanolu. Teprve při zředění etanolu vodou její rozpustnost stoupá [1].

Teplota varu cukerných roztoků se zvyšuje s jejich koncentrací a s klesající čistotou. Teplota varu 60 % roztoku čisté sacharózy je 103°C. Při delším vaření cukerných roztoků na vzduchu se sacharóza rozkládá. Proto se šťávy musí odpařovat buď za sníženého tlaku, nebo musí být při vyšším tlaku doba odpařování velmi krátká [1].

Index lomu cukerných roztoků stoupá s jejich koncentrací. Index lomu vody je při 20 °C 1,333. Index lomu cukerného roztoku o sacharizaci 10 °Bx je 1,352, při 50 °Bx již 1,420, při 60 °Bx 1,442, při 66 °Bx 1,464. Na základě toho byla vytvořena stupnice refraktometru, podle níž se stanovuje tzv. zdánlivá sušina cukerných roztoků [1].

Rozpouštěcí teplo je -13,4 kJ kg⁻¹. Je záporné, roztok se tedy při rozpouštění ochlazuje.

Spalné teplo. Sacharóza se používá jako standartní látka pro stanovení vodní hodnoty kalorimetru. Pro tento účel se uvádí hodnota 16,549 kJ g⁻¹. Obecně užívané hodnoty jsou v rozmezí 16,490 – 16,561 MJ kg⁻¹ [1].

Měrné teplo. Pro krystalickou sacharózu je $1,258 \text{ kJ g}^{-1} \text{ K}^{-1}$, pro amorfni sacharózu $1,432 \text{ kJ g}^{-1} \text{ K}^{-1}$. U roztoků je závislé na koncentraci (se stoupající koncentrací klesá) a na teplotě (s rostoucí teplotou se zvyšuje) [1].

Optická aktivita $[\alpha]_{\text{D}}^{20} = + 66,55$. Se zvyšováním koncentrace se otáčivost poněkud zvětšuje. Také teplota má poměrně malý vliv. Stálé optické aktivity se využívá pro stanovení množství cukru v roztoku polarimetrem [1].

Tvrdost sacharózy závisí na směru působení síly. Vyjadřuje se ve Vickersových jednotkách. Pro jednotlivé plochy krystalu se pohybuje v rozmezí od 43 do 68 [1].

Viskozita cukerného roztoku je podrobně proměřena. Při $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$

má 20 % roztok viskozitu $0,0019 \text{ Pa s}$,

40 % roztok viskozitu $0,0062 \text{ Pa s}$,

60 % roztok viskozitu $0,0565 \text{ Pa s}$.

Sladkost sacharózy se určuje organoleptickým srovnáním s ostatními cukry. Klesá s rostoucí teplotou. Při sladkosti sacharózy = 100 je sladkost:

	při 18 až 21 $^{\circ}\text{C}$	při 40 $^{\circ}\text{C}$
D-fruktosy	128,5	100,0
L-sorbosy	63,8	61,2
D-galaktosy	48,8	43,9
D-glukosy	57,3	55,9
Maltosy	33,6	33,3

[1].

2.3.1.2 Chemické vlastnosti sacharózy

Hydrolyza sacharózy. Významnou vlastností sacharózy je, že se snadno štěpí na své složky, D-glukosu a D-fruktózu. Přitom se mění smysl optické otáčivosti. Roztok čisté sacharózy, má polarizaci $+ 100 \text{ }^{\circ}\text{V}$. (Stupně Venzke udávají přibližně hmotnostní procenta sacharózy v roztoku.) Novější cukrovarnické polarimetry mají

stupnici kalibrovanou v mezinárodních sacharometrických stupních (°S). Pro přepočet platí $100\text{ °S} = 99,9\text{ °V}$ [1].

Hydrolýzu sacharózy nazýváme inverze a vzniklou směs *invertní cukr*.

K inverzi sacharózy dochází:

- a) dlouhým vařením neutrálních roztoků sacharózy ve vodě,
- b) vařením se zředěnými kyselinami,
- c) působením některých kyselých solí,
- d) účinkem mikroorganismů (enzymů) [1].

Inverze je závislá na teplotě a pH. Se stoupající teplotou a klesajícím pH se inverze zvyšuje. Závisí také na použité kyselině. Inverzní mohutnost se vyjadřuje tzv. inverzní konstantou. Inverzi se musí během technologického procesu výroby zabránit, neboť kromě přímých ztrát sacharózy způsobuje zhoršení jakosti cukerných šťáv. V podmínkách technologického procesu cukrovarů se invertní cukr dále rozkládá na kyseliny a barevné látky. V praxi se zamezuje inverzi tím, že všechny cukerné roztoky se udržují při pH větším než 7. K rozkladu sacharózy dochází také účinkem hydroxidů. Tento rozklad se zvyšuje se stoupající teplotou a tím více, čím větší je odchylka pH od neutrální reakce. Konečným produktem rozkladu sacharózy hydroxidy je směs organických látek, např. kyselina mravenčí, octová a mléčná. Nejmenší rozklad je v rozmezí pH 7,5 – 8,5. Alkalita v tomto rozmezí je nejvýhodnější pro technologický proces i při dlouhém působení vysokých teplot, kterým je sacharóza při výrobě vystavena [1].

Tvorba sacharátů. Sacharóza se ve vodném roztoku chová jako velmi slabá kyselina. Její disociační konstanta se blíží disociační konstantě vody ($1,14 \cdot 10^{-13}$ při 20 °C). Protože má v molekule velký počet OH^- , tvoří s látkami alkalické povahy snadno sacharáty. Tím se působením sacharózy snižuje pH zředěných roztoků alkálií. Sacharáty draselné a sodné jsou látky tmavě zbarvené, silně viskózní a velmi špatně krystalizující. Patří mezi melasotvorné látky. Sacharáty vápenaté vznikají reakcí sacharózy s CaO. Známe monosacharát, disacharát a trisacharát vápenatý ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \cdot \text{CaO}$, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \cdot 2\text{CaO}$, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \cdot 3\text{CaO}$). Jednotlivé typy vznikají podle koncentrace a teploty cukerného roztoku. Monosacharát a disacharát jsou rozpustné a snadno se rozkládají. Trisacharát je těžko rozpustný, krystalický a

filtrovatelný, obtížně se rozkládá. Sacharáty vápenaté mají význam při čerání difuzní šťávy. Při vysoké alkalitě na začátku satureování vznikají v I. Saturaci sloučeniny sacharózy s CaO a CaCO₃. Nazýváme je *cukrokarbonáty vápenaté*. Sacharát olovnatý působí při určité alkalitě jako zdroj snižování polarizace v cukrovarnické analytice [1].

V molekule sacharózy je obsaženo mnoho skupin HO⁻, které snadno vytváří s řadou látek (např. Fe(OH)³, NaCl + H₂O, KCl + H₂O) komplexní sloučeniny, které se dají izolovat v pevném stavu. Tato vlastnost sacharózy má význam pro vazbu necukrů do mřížky rostoucího krystalu i pro teorii vzniku melasy [1].

Oxidace sacharózy. Kyselinou dusičnou se sacharóza oxiduje až na kyselinu šťavelovou. Tuhá sacharóza se oxiduje vzdušným kyslíkem. Sacharóza v roztoku se oxiduje vzdušným kyslíkem pomalu. Tmavnutí cukerných šťáv na vzduchu nastává působením kyslíku na jiné látky než na sacharózu [1].

Výbušnost cukerného prachu. Hoření sacharózy, tj. její energetická oxidace vzdušným kyslíkem, může za určitých podmínek proběhnout tak prudce, že dojde k výbuchu. Je to exotermní reakce a plyny, které při ní vznikají, mají větší objem než spotřebovaný kyslík. Tato vlastnost způsobuje nebezpečí explozí v cukerných mlýnech, u třídíčů cukru, při dopravě cukru i odsávání cukerného prachu [1].

Rozklad neoxidujícími kyselinami. Koncentrované neoxidující kyseliny (H₂SO₄, H₃PO₃) rozkládají sacharózu za vzniku huminových látek, glukosy, kyseliny mravenčí aj. Na vzniku huminových látek je založena α -naftolová reakce. S α -naftolem a koncentrovanou H₂SO₄ dává sacharóza růžové až tmavofialové zbarvení podle její koncentrace v roztoku. Sacharóza nemá volný poloacetalový hydroxyl, neredukuje proto Fehlingův roztok. Je to neredukující cukr [1].

Vznik karamelových barviv. Zahřívání má na sacharózu nebo její roztoky destruktivní vliv, který je úměrný době působení, teplotě, je závislý na koncentraci cukru i na přítomnosti necukrů. Projevuje se změnou barvy a poklesem polarizace. Již při 80 °C po delší době sacharóza žloutne. Při teplotě nad 120 °C se destrukce zvyšuje. Vznikají těkavé i netěkavé zplodiny, které kondenzují a vytvářejí složitou směs barevných anhydridů, nazývaných souhrnně „karamelová barviva“. Karamelizace je velmi složitý proces, který nebyl dosud uspokojivě vysvětlen.

Vařením za sníženého tlaku se karamelových barviv tvoří méně. Přítomnost necukrů naopak podporuje jejich vznik. Karamelová barviva se těžko odstraňují odbarvovacími prostředky [1].

Roztoky sacharózy nepodléhají etanolovému kvašení, avšak po inverzi jsou obě její složky zkvasitelné. Ke zkvašování jejich roztoků můžeme použít pouze kvasinky obsahující invertasu [1].

2.3.2 Řepná dřev

Pod názvem dřev rozumíme ty složky řepy, které se působením přesně určeného množství vřelé vody za určitou dobu nerozpustí. Konvenční metody pro zjišťování obsahu dřev nejsou pevně určeny. Všechny složky řepy s výjimkou celulosy jsou více nebo méně ve vodě rozpustné [1].

Obsah dřev v cukrovce kolísá. Je tvořena zbytky buněčných blan, protoplazmy, mezibuněčné hmoty a nerozpustných solí. Dřev zadržuje také koloidně vázanou vodu. Na obsahu dřev závisí výroba vyloužených řízků. Hlavní složky dřev jsou (vyjádřeno v % sušiny dřev):

celulosa	24 %,
hemicelulosa	22 %,
pektinové látky	48 %.

Dřev také obsahuje malé množství bílkovin, saponin a anorganické (většinou vápenaté) soli [1].

Celulosa je nerozpustná a zpevňuje buněčné stěny. U starších řep je provázána ligninem.

Hemicelulosy jsou složitější polysacharidy (arabany, galaktany), které jsou za normálních podmínek nerozpustné. Přecházejí do roztoku jen za horka v kyselém prostředí. Za určitých podmínek mohou však přecházet do šťávy i při normálním provozu a zhoršovat její jakost. Jsou vždy doprovázeny pektinovými látkami [1].

Pektinové látky tvoří téměř jednu třetinu všech necukrů řepy. Mezibuněčné lamely, které mají spojovací funkci, jsou výhradně z pektinu. Část pektinových látek obsahuje i mezibuněčné lamely, které mají spojovací funkci. Názvem pektinové látky se

souhrnně označují všechny látky, které ve větší nebo menší míře obsahují kyselinu galakturonovou. Jsou to:

Protopektin je tvořen složkami ve vodě nerozpustnými, které dávají hydrolyzou pektin.

Pektin je částečně methylovaná kyselina polygalakturonová, ve vodě je rozpustný. Tvoří soli nazývané *pektináty*.

Kyselina pektinová je nemethylovaná kyselina polygalakturonová (smí obsahovat nejvíce 0,8 % methylových skupin). Tvoří soli, nazývané *pektáty*.

Pektinové látky se při difuzi rozpouštějí většinou na koloidní roztoky. Rozpustnost závisí na době rozpouštění, teplotě a pH. Rozpouštění pektinových látek má vliv na jakost další práce při výrobě sacharózy [1].

2.3.3 Necukry řepné šťávy

Pro zpracování řepy je důležité chování necukrů během epuračního pochodu. Podle tohoto hlediska dělíme necukry na dvě skupiny:

a) *Necukry neškodné* se srážejí při čerání a saturaci a odstraňují se v saturačním kalu. Do této skupiny patří většinou organické bezdusíkaté necukry. Z dusíkatých bílkovin, polovina amidů a amoniak vzniklý jejich rozkladem působením Ca(OH)_2 .

b) *Necukry škodlivé* se při epuraci neodstraní, procházejí celým technologickým postupem a hromadí se v melase. Svou viskozitou nedovolují sacharóze vykristalizovat v roztoku. Jsou to tzv. látky melasotvorné [1].

Z anorganických látek patří mezi škodlivé necukry kationty K^+ , Na^+ a Ca^{2+} . Z aniontů je to hlavně Cl^- a SO_4^{2-} , které se hromadí v melase. Ostatní minerální látky se odstraní při epuraci [1].

Z organických látek jsou to hlavně látky dusíkaté. Nazýváme je souhrnným názvem *škodlivý dusík*. Patří sem z větší části aminokyseliny, betain, purinové báze a polovina amidů [1].

Mezi škodlivé necukry můžeme počítat některé látky, které původně nejsou v cukrovce obsaženy a vznikají během výroby. Jde hlavně o zplodiny rozkladu invertního cukru vápnem za horka, tj. směs kyselin dávajících vesměs rozpustné

vápenaté soli, a dále sem patří vznikající barviva, o kterých byla zmínka dříve. Množství a složení necukrů se tedy mění také podle toho, jak probíhá technologický postup při zpracování řepy [1].

2.3.3.1 Organické bezdusíkaté necukry

a) *Kyseliny způsobují kyselost řepné, a tím i difuzní šťávy.* Její pH je 4,5 až 5.

Monokarbonové kyseliny: mravenčí, octová, propionová, máselná, valerová i některé kyseliny s vyšším počtem uhlíků než pět. Ve zdravých řepách je jich malé množství, v alterovaných řepách je jich naopak více. Soudí se, že některé z nich, zvláště kyseliny octová a mravenčí, vznikají teprve druhotným rozkladem složitějších organických látek.

Dikarbonové kyseliny: šťavelová, malonová, jantarová, glutarová, adipová. Z nich nejvíce je v řepě obsažena kyselina šťavelová, vázaná na alkálie ve formě rozpustných šťavelanů.

Trikarbonové kyseliny: trikarballylová a akonitová.

Hydroxykyseliny: glykolová, glyoxalová, mléčná, jablečná, vinná, citronová a oxycitronová kyselina.

Organické kyseliny jsou ve šťávě přítomny ve formě solí. V difuzní šťávě jsou jako neutrální soli a hydrogensoli, ve šťávách po saturaci jako soli neutrální nebo alkalicky reagující. Důležitá je optická aktivita některých těchto látek a chemické a fyzikální vlastnosti jejich vápenatých solí.

Kyseliny obsažené ve šťávě dělíme do čtyř skupin:

- a) kyseliny vyskytující se v relativně velkém množství (citronová, šťavelová),
- b) kyseliny vyskytující se v relativně středním množství (kyseliny jablečná, jantarová, adipová, máselná, malonová),
- c) kyseliny vyskytující se v relativně malém množství (vinná, trikarballylová),
- d) kyseliny vyskytující se ve stopách (kyseliny mléčná, mravenčí, octová).

b) Sacharidy mimo sacharózu

Invertní cukr – ve zdravé cukrovce je ho 0,05 – 0,15 %, v nemocné a nahnilé řepě 0,2 – 0,5 % i více. Jeho množství se postupně zvětšuje skladováním. Difuzní šťáva ho obsahuje 0,05 – 0,1 %. Ovlivňuje polarimetrické stanovení cukru. Při čištění šťáv se rozloží na barevné látky kyselého charakteru, které poskytují rozpustné vápenaté soli.

Rafinosa – vyskytuje se v malém množství ve všech částech řepy. Prochází během výrobního postupu až do melasy, kde je jí někdy obsaženo i přes 2 %. Má vliv na tvar cukerných krystalů.

Z dalších sacharidů byli v cukrovce dokázány ketosa, arabinosa, ribosa, maltosa a inosity (hexacyklohexany).

c) Tuky

Tuky jsou v cukrovce obsaženy v množství asi 0,1 – 0,3 %, někdy i více. Většinou jde o triglyceridy kyselin palmitové, stearové a erukové, rozpustné v etheru. Doprovázejí je lecitiny a fytosteroly rozpustné v etanolu. Většina tuků zůstává při difuzi v řízkách. Pokud přejdou do difuzní šťávy, odstraní se při epuraci.

d) Saponiny

Jsou to složité glykosidy, ve kterých se cukerná složka váže na kyselinu pryskyřičnou. Jsou nerozpustné ve vodě a v etheru, rozpouští se v etanolu. Silně snižují povrchové napětí vody, a tím způsobují její pění. V řepě je jich asi 0,3 % z toho asi 0,1 % přechází do šťávy ve formě hořečnaté soli. Jejich alkalické soli tvoří ve vodě koloidní a silně pěnící roztoky. Odstraňují se při epuraci.

e) Barviva

Cukrovka neobsahuje žádná vlastní barviva, obsahuje však látky, ze kterých mohou barviva vznikat. Jejich tvorbě se snažíme co nejvíce zabránit, protože způsobují zabarvení hotového výrobku. Přesné složení těchto barevných směsí se dosud nepodařilo zjistit, označujeme je pouze souhrnnými názvy. Barviva, která vznikají během technologického procesu, můžeme rozdělit do tří skupin:

a) karamelová barviva,

b) melaniny a komplexy polyfenolů s železem,

c) melanoidy.

Karamelová barviva vznikají tepelným rozkladem sacharózy.

Melaniny a komplexy polyfenolů s železem. Jako ve většině rostlin jsou i v řepě obsaženy enzymy fenoloxidas, které způsobují tmavnutí rozdrčené rostlinné tkáně a rostlinných šťáv na vzduchu. Převádějí látky s fenolickými hydroxyly na tmavá barviva, nazývaná souhrnně melaniny. Řepné řízky a řepná Šťáva se na vzduchu zabarvují nejprve načervenalé a potom šedočerně. Mezi tyto enzymy patří tyrosinasa, která nejprve oxiduje tyrosin na dihydroxyfenylalanin a ten potom dále na melanin. Tyrosinasa působí pouze do té doby, než je zahřáta, teplem její účinnost ustává. Tvorba barviv však ukončena není. Orthodifenoly tmavnou na vzduchu. Zvláště snadno oxidují v alkalickém roztoku při vysokých teplotách a za přítomnosti iontů železa, kdy dochází k rychlému černání. Tyto látky přispívají k tmavnutí šťávy. Kromě toho může být zabarvování způsobeno tvorbou charakteristických komplexů orthodifenolů s ionty železa. Zabaruje se hlavně roztok pyrokatechinu (vzniká s tyrosinu) působením iontů trojmocného železa. Maximální zabarvení nastává přibližně okolo pH 8 při poměru molekul pyrokatechinu a železa 3 : 1 a za přístupu vzduchu.

Melanoidy se tvoří z redukujících sacharidů a látek obsahujících aminoskupiny, zvláště z aminokyselin. Tato reakce, zvaná Mailardova, má velký význam pro potravinářskou chemii. Nebyla dosud zcela objasněna, je závislá především na podmínkách sváření cukrovin. V konečném stadiu vznikají velmi tmavé vysokomolekulární látky, které jsou ve vodě nerozpustné nebo těžko rozpustné, popřípadě tvoří koloidní roztoky. Jejich složení nebylo dosud uspokojivě vysvětleno. Většinou je vznik barviv podporován přítomností kyslíku. Působením siřičitanů a hydrogensiřičitanů se naopak intenzita zabarvení snižuje [1].

2.3.3.2 *Organické dusíkaté necukry*

Tyto látky tvoří největší skupinu organických necukrů, a protože při difúzi přecházejí z větší části do šťávy, mají velký technologický význam. Patří sem:

a) Aminokyseliny

V cukrovce je obsažena většina známých aminokyselin, které se obvykle nacházejí v rostlinách. V cukrové třtině je jich mnohem méně. Ve větším množství jsou v cukrovce obsaženy kyselina glutamová, asparagová, γ -aminomáselná, leucin, izoleucin, glycin, valin a alanin, ostatní jsou přítomny jen v malém množství nebo ve stopách.

Kyselina glutamová a asparagová dávají vápenaté soli rozpustné ve vodě. Jejich reakce v roztoku je silně alkalická a ion Ca^{2+} , který je v nich obsažen, nelze z roztoku srazit jako CaCO_3 . Tím způsobují zavápnění šťáv.

b) Amidy

Z amidů jsou v cukrovce obsaženy hlavně asparagin, glutamin a oxamová kyselina. Působením $\text{Ca}(\text{OH})_2$ za horka se amidy štěpí na aminiak a Ca^{2+} sůl příslušné kyseliny.

c) Bílkoviny

V cukrovce jsou jednak v proteiny, tj. bílkoviny jednoduché nebo nativní, které se hydrolyzou štěpí na jednoduché aminokyseliny, jednak proteidy, tj. bílkoviny složené, kde je na bílkoviny vázána nebílkovinná složka. Ve šťávě jsou ve formě koloidních roztoků spolu s rozkladnými produkty bílkovin, jako jsou albumosy, peptony, polypeptidy, dopeptidy, popř. až aminokyseliny a nukleinové kyseliny vzniklé štěpením nukleinů z buněčného jádra. Albumosy se vysolují, peptony nikoli, a proto zůstávají ve šťávě po saturaci.

d) Rostlinné báze

v cukrovce jsou obsaženy tyto:

Betain: CH_2COOH

|

$\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{OH}$

Je to nejdůležitější dusíkatá báze cukrovky, v řepě je ho asi 0,1 – 0,2 %, v nezralých řepách i více. Je krystalický, dobře rozpustný a snadno difunduje.

Zahřátím s vápnem se nemění ani při 100 °C. Jeho soli jsou snadno rozpustné. Proto se hromadí v melase, kde je ho asi 5 – 6 %.

Cholin: $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$

|

$\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{OH}$

V cukrovce je esterově vázán na glycero-fosforečnou kyselinu a vyšší mastné kyseliny. Látkám tohoto složení říkáme obecně *lecithiny*. Cholin vzniká z lecithinů pravděpodobně již při difúzi. Je to sirupovitá nekystalující látka, dobře rozpustná ve vodě. Oxidací dává betain.

Purinové deriváty vznikají rozkladem nukleinových látek. Jsou to xantin, guanin a adenin. V cukrovce je jich velmi málo.

Deriváty močoviny

Mezi deriváty močoviny patří guanidin a arginin, které se tvoří hydrolyzou nukleinových kyselin. V cukrovce jsou v nepatrném množství. Tvoří v melase, asi 10 % veškerého dusíku.

e) Enzymy

Patří mezi dusíkaté látky cukrovky. Jsou v postatě vysokomolekulární bílkoviny, které představují katalyzátory živého světa. Již v mladé cukrovce byly dokázány oxidasy) tyrosinasa a enzymy působící při dýchání), katalasy a zymasa. Dále cukrovka obsahuje fosforylasy, dehydrogenasy, reduktázy a hydrolasy. Předpokládá se také přítomnost proteas a lipas. Působení enzymů je příčinou změn řepy cukrovky při dlouhodobém skladování. Při vyšších teplotách činnost enzymů ustává.

f) Vitaminy

V bulvě cukrovky je vitaminů málo, větší množství se nachází v chrástu. Nejvíce obsahuje cukrovka vitaminu C, asi 19 mg v 1 kg řepy. Dále následuje kyselina nikotinová – 2,4 mg, vápenatá sůl pantothenové kyseliny – 1,9 mg, pyridoxin (B₆) – 1,3 mg, aneurin (B₁) – 1,0 mg, laktoflavin (B₂) – 1,0 mg. V cukrovce je přítomno i malé množství kyseliny folové. Pokusy o výrobu vitaminů z cukrovky nevedly zatím k využitelným výsledkům.

g) Aromatické látky

Patří sem vanilin, acetamid a alkoholy pyrolové řady [1].

2.3.3.3 Anorganické necukry (soli)

Tyto látky cukrovka přijímá z půdy vlasovými kořínky. Jejich množství v řepě je různé podle vegetačních podmínek a stupně zralosti. Nejvíce jsou zastoupeny K_2O , Na_2O , P_2O_5 , CaO , MgO a SO_4^{2-} . Stopy dalších necukrů byly dokázány spektrální analýzou. Jejich obsah a jejich druh v řepě má velký význam pro technologický postup výroby. Výrazně ovlivňuje zejména množství vyrobené melasy [1].

2.4 Jakostní podmínky

Při dodávkách cukrovky k průmyslovému zpracování na cukr se v současné době postupuje podle ČSN 46 2110 Cukrovka, pokud tyto podmínky nejsou upraveny hospodářskými smlouvami mezi pěstitelem a příslušnou cukrovarnickou společností. Při uzavírání hospodářských smluv mezi pěstitelem a cukrovarnickou společností jsou ve většině případů kvalitativní parametry konkrétně zpřesněny [13].

Snahou, všech cukrovarů je nakupovat cukrovku v co nejvyšší jakosti. Jedná se hlavně o znak minerálních nečistot, kde většinou nejsou rozlišovány podíly minerálních nečistot v jednotlivých skupinách. Celkové povolené množství nečistot je snižováno až na hranici 15 % [13].

3 TECHNOLOGIE VÝROBY CUKRU

Technologie cukrovarnického průmyslu slouží k průmyslové výrobě přírodních sladidel z cukrové řepy (*Beta vulgaris*) a cukrové třtiny (*Saccharum*). Přírodními sladidly a výrobky se pak pro účely komoditní právní úpravy rozumí:

- přírodními sladidly ve vodě rozpustné sladce chutnající látky na bázi přírodních sacharidů, zejména sacharózy, dextrózy, fruktózy, laktózy,
- cukrem sacharóza upravená zejména do krystalů, moučky, kostek, homolí, popřípadě doplněná přídatnými látkami nebo látkami určenými k aromatizaci,
- tekutými výrobky z cukru výrobky na bázi vodných roztoků sacharózy.

Základním technologickým požadavkem je, že cukr nesmí být podroben modření.

Vzhledem ke krátké době sklizně a omezené skladovatelnosti je cukrovarnictví průmyslem kampaňovým a jeho činnost je soustředěna do období 2,5 měsíců. Zpracování řepy má být provedeno pokud možno co nejrychleji s vyloučením dlouhého skladování. Denní ztráta cukernatosti při skladování je 0,035 % [14].

3.1 Základní cukrovarnické veličiny a jednotky

V průběhu technologického procesu výroby cukru se setkáváme s různými látkami, u kterých musíme definovat jejich vlastnosti a složení [1].

K základním pojmům cukrovarnické analytiky patří:

a) Sacharizace (S) %

Sacharizace, obsah sušiny, S (%), určuje se u cukerných roztoků nepřímo refraktometricky na základě měření indexu lomu, jedná se o zdánlivou sušinu. Je to množství všech látek (sacharóza + necukry) ve 100 g roztoku, vyjádřené v gramech.

Zdánlivá sušina – k jejímu stanovení využíváme některých fyzikálních vlastností necukrů a sacharózy. Od skutečné sušiny se liší. Sacharizaci vyjadřujeme v hmotnostních procentech.

Obsah sušiny u pevných látek (řízky, cukr) se stanovuje gravimetricky na základě sušení do konstantní hmotnosti.

b) Polarizace (P) %

Polarizace, obsah polarizačního cukru, P (%), je obsah sacharózy v látce, vyjádřené v hmotnostních procentech. Určuje se polarimetricky na základě změny optické otáčivosti cukerného roztoku. Při vlastním polarimetrickém stanovení, je nutné odstranit všechny ostatní opticky aktivní látky, které stanovení obsahu sacharózy ruší. Proto se provádí čiření vzorku hlinitými nebo olovnatými solemi.

c) Obsah necukrů (N) %

Necukry jsou všechny látky obsažené v sušině mimo sacharózu. Vypočítají se z rozdílu mezi zdánlivou sušinou (S) a obsahem sacharózy (P). Vypočítá se:

$$N = S - P \quad [\%]$$

Podle složení dělíme necukry na anorganické a organická. Anorganické necukry nazýváme popel (A). Organické necukry se podílejí na viskozitě sirobů, tvoří asi dvě třetiny všech necukrů a značíme je ON.

d) Čistota (dříve kvocient čistoty, Q) %

Je jednou z nejdůležitějších veličin pro posuzování a porovnávání jakosti jednotlivých meziproduktů a výrobků během technologického postupu.

Vyjadřuje obsah sacharózy v sušině. Vypočítá se:

$$Q = P / S \cdot 100 \quad [\%]$$

e) Obsah popela (A) %

Stanovujeme nepřímo konduktometricky na základě vodivosti z normálních roztoků nebo z roztoků, jejichž koncentrace byla určena dohodou. Vypočítá se:

$$ON = N - A \quad [\%]$$

f) Alkalita (B)

Udává množství zásaditě reagujících látek (převážně solí slabých kyselin) stanovené titrací odměrným roztokem kyseliny na indikátor fenolftalein. Při stanovení alkality saturovaných šťáv se používá roztok o koncentraci 0,1N, u alkality čerene šťávy roztok 1N kyseliny. Vyjadřuje se v % CaO.

g) Barva (C)

Barva se stanovuje fotokolorimetry. Má význam především v rafinerii, pro srovnání intenzity barvy různých látek vztahujeme barvu na obsah sušiny. Vyjadřujeme ji ve Stammerových stupních (°).

h) Tvrdost (Zavápnění, H)

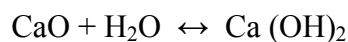
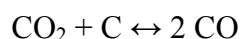
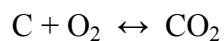
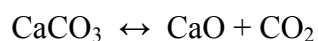
Tvrdost je množství solí Ca^{2+} obsažených v cukerných šťávách nebo klérech, vyjádřené v % CaO. Stanovuje se komplexometricky.

i) Acidita

Kyselost difuzní šťávy (jediná kyselá reagující látka v průběhu technologické výroby) vyjadřujeme množstvím CaO v %, potřebným k její neutralizaci [1].

3.1.1 Chemické reakce v cukrovarnické výrobě

- rozklad (inverze, hydrolýza) cukru,
- vznik kyseliny mléčné,
- vápenka a hašenka:



- výroba oxidu siřičitého,
- srážení solí při předčeření,
- I. A II. saturace [15].

3.1.2 Laboratoř cukrovaru

Cíle práce v laboratoři:

- přejímka surovin včetně řepy
- mezioperační kontrola (chemická, mikrobiologická), HACCP,

ISO (9000, 9001, 22000), BRC, IFS

- výroková kontrola (chemická, mikrobiologická, granulometrie)
- rozborů odpadních vod

Náplň práce pracovníků laboratoře:

- odběr vzorků,
- provádění rozborů a jejich externí zajišťování,
- evidence naměřených dat, další evidence
- zajištění dostatečného vybavení laboratoře (nádobí, přístroje)
- příprava zkušebních roztoků [15].

3.2 Surovárna

3.2.1 Přejímka a ukládání řepy v cukrovaru

Cílem přejímky je zajistit od pěstitelů výkup cukrovky ke zpracování podle dohodnutých pravidel. Řepa se přejímá podle cukernatosti, na základě zjištěné čisté hmotnosti a cukernatosti pro každou dodávku řepy. Vzhledem k tomu, že kvalitu cukrovky z hlediska techno-logického zpracování charakterizuje vedle obsahu cukru i přítomnost dalších látek, které ovlivňují výslednou výtěžnost bílého cukru, přejímá se cukrovka ve vybraných závodech podle výtěžnosti rafinády z ha [13].

Moderní vysokokapacitní cukrovary využívají při přejímce cukrovky automatický sběr dat, jehož předností je vysoký výkon, včasná informovanost dodavatelů, snížení nákladů, ulehčení práce, objektivita a přesnost [13].

Manipulaci s řepou, tj. skládání z povozů, separaci nečistot a dopravu je možno provádět suchým nebo mokřím (kombinovaným) způsobem. Jako progresivní se doporučuje suchý způsob. Mokřím (kombinovaný) způsob, který v našich cukrovarech převažuje, má řadu nevýhod:

- 1) jedná se o náročnou manipulaci s řepou, při které dochází k mechanickému poškození řepy
- 2) nečistoty bývají odstraněny nedostatečně

- 3) v poraněných bulvách dochází k vyluhování sacharózy
- 4) mokrá zemina spolu s chrástem a plevelem se slepuje a tím brání přirozenému větrání
- 5) cukrovka se rychle zahřívá, přítomná vlhkost způsobuje rozvoj mikrobiální činnosti [13].

Mokrý způsob – řepa se vykládá splachováním Elfou, dopravuje se plavícím kanálem, ve kterém je umístěn lapač kamenů, odtud jde řepa přímo do cukrovaru nebo po odloučení vody na ukládku. Ukládka je betonové složiště, kam se řepa ukládá pomocí ukládacího stroje, který popojíždí po kolejové dráze a má uložené rameno s dopravním pásem. Takto uloženou řepu je nutno aktivně větrat [13].

Suchý způsob – řepa z povozů je složena pomocí sklápěcích můstků a výklopníků, sype se do příkopu, která má stěny vyložené gumou, která chrání proti mechanickému poškození řepy. Ze spodní části příkopu se řepa dopravuje pásovým dopravníkem k suchému odlučovači zeminy, kde se odstraní až 50 % nečistot. Pomocí ukládacího stroje je řepa složena na betonové složiště. Způsob je výhodný pro lehké, písčité půdy [13].

Vlastním prostorem ukládky jsou povrchové mělké splavy, obdélníkové betonové plochy se sklonem ke středu ukládky asi 4 %. Uprostřed splavu je plavící kanál (kyneta, Riedinger), široký 30 – 50 cm, hluboký 60 – 100 cm. Vyskladňování řepy z ukládky se provádí pomocí splachovacích hubic Fölsche, které jsou rozmístěny podél ukládky. Řepa se tak splachuje vodním proudem do plavícího kanálu, kterým se plaví přímo ke zpracování. Dostřik proudu vody je 35 až 40 m, spotřeba plavící vody je 400-800 % ř. Odstranění balastu na separační stanici je důležité z hlediska dlouhodobé skladovatelnosti řepy na ukládce. Při trvale vysokém znečištění řepy dodávané do cukrovaru a nedostatečné funkci klasických separačních zařízení na odloučení balastu se doporučuje ukládat předepranou řepu. Po výstupu z pračky je řepa oplachována a dezinfikována v rotujícím bubnu vápenným mlékem o koncentraci 6 % CaO nebo chemickým fungicidním prostředkem, např. Fundazolem. Předepraná řepa se ukládá na akumulaci část skládky, kde je aktivně větrána a chemicky ošetřována [13].

Umělé větrání zajišťují ventilátory, které vhánějí vzduch do prostoru ukládky pomocí vzduchovodů, umístěných příčně k podélné ose ukládky nad jejím povrchem. Provětrávaná část ukládky je vybavena zařízením pro dálkové měření teplot – tyto údaje lze sledovat v centrálním velínu a podle nich regulovat intenzitu větrání. Účinnou formou aktivní ochrany přeprané řepy je kombinace nuceného větrání s ošetřením chemickými prostředky. Hlavní skládkové mikroorganismy: plísně *Penicilium expansum*, *Botrytis cinerea*, *Alternaria tenuis*, *Cladosporium turbarum*, *Mucor hiemalis* [13].

3.2.2 Doprava a čištění řepy

Doprava řepy z ukládky se zajišťuje suchou nebo mokrou cestou. Při suchém způsobu pomocí pásových dopravníků, při mokrému způsobu v plavících kynetách a žlabech vodou. Rychlost proudu řepy s vodou v plavícím kanálu nesmí klesnout (s ohledem na přítomnost písku, kamenů, hlíny pod 0,65 m/s, kdy dochází k usazování těchto přímisenin na dno kynety. Pro dobré plavení je nutno dosáhnout rychlosti proudu vody a řepy 1,6 až 1,9 m/s.

K regulaci plavení se používá mechanických pulzujících hradítek nebo turniketů. V hlubokých kynetách jsou umístěny první lapače kamenů a písku, které pracují na principu sedimentace těžších příměsí při snížení rychlosti proudění. Usazený balast je z kynety vynášen vyhrnovací lopatou, umístěnou na otočném kole. Na úseku plavících a pracích vod se výhradně pracuje s uzavřeným okruhem vod [13].

Řepa s vodou se z hluboké kynety zvedá do ocelového žlabu, umístěného na konstrukci ve výšce 5-6 m nad zemí. V tomto žlabu jsou umístěny další lapače kamenů a lapače chrástu, což umožňuje plynulý odvoz balastu, který po odseparování padá do připravených dopravních prostředků nebo do betonových boxů. Ke zvedání řepy se nejvíce používají řepná čerpadla. V čerpadle dochází ke značnému poškození řep. Je nutné dodržovat poměr řepa : voda (1:5-6). Vzhledem ke značnému znečištění řepy minerálními i rostlinnými příměsemi je nutno instalovat v dopravních cestách 2-3 lapače kamenů a lapače chrástu, umístěné za sebou. Všechna lapače kamenů pracují na principu sedimentace těžších příměsí při snížené rychlosti proudění. Rozšíření dopravního žlabu v místě lapače snižuje tuto rychlost [13].

Lapač kamenů Raude je válcová nádoba, dole kónicky zúžená. Voda s řepou vstupuje do lapače tangenciálně, uprostřed lapače je umístěno míchadlo, které tuto tangenciální cirkulaci podporuje. Kameny klesají do spodní části lapače, kde se shromažďují a periodicky vy-pouštějí. Aby nedocházelo i k sedimentaci řep, je do spodní části lapače zavedena tlaková voda (150-200 kPa), která plovoucí řepy nadzvedává a umožňuje, aby dále odtékaly kyne-tou. Nejčastější závadou je ucpávání lapače pískem a kameny při nepravidelném odstranění balastu [13].

Lapače kamenů Sokolov tvoří horizontálně umístěný buben, který se otáčí v rozšířeném dnu kynety. Buben je ponořen z jedné třetiny do vody. Řepa s vodou protéká tímto bubnem a při snížení rychlosti proudění dochází k usazování kamenů a písku. Plášť bubnu je z děrovaného plechu, na vnější i vnitřní straně bubnu jsou přivařeny ocelové plechy o výšce 70 mm ve tvaru závitnice. Tyto závitnice zajišťují dopravu zachyceného balastu protiproudě proti směru plavení k vyhrnovací hlavě lapače. Vyhrnovací hlava je umístěna na otáčejícím se bubnu a je opatřena 2-4 vynášecími kapsami, které vyhrnují nečistoty na výsypku [13].

Lapač chrástu se skládá z ocelové konstrukce nad kynetou, na které jsou umístěna kola s řetězy nebo válce s gumovými pásy. Na řetězech či gumových pásích jsou upevněny soustavy hrabic, které zabírají celou šířku kynety. Hrabice se dopravují proti dopravované směsi řepy s vodou a zachycují plovoucí nečistoty, vynášejí je z vody a po oklepu hrabic o zarážku padají tyto rostlinné příměsi do výsypky a na připravený dopravní prostředek. K zachycení rostlinného balastu nestačí jeden lapač chrástu, je nutno, aby byly umístěny alespoň 2-3 lapače za sebou. Lapač chrástu musí být umístěn v rovné části plavícího žlabu, pokud možno v zakrytém prostoru, který by chránil před namrzáním hrabic v době mrazů. Pro udržení stálé hladiny vody v prostoru lapače chrástu je instalován v plavícím žlabu stabilizátor hladiny. Jsou to dvě výkyvná křídla, která se otevírají a zavírají tlakem vody před nimi a udržují rovnováhu pomocí závaží. Pro zvýšení účinnosti se před lapačem vhání do plavícího žlabu tlakový vzduch, který zvedá plovoucí příměsi na hladině. Účinnost lapače se pohybuje kolem 50 % [13].

Po separaci kamenů a chrástu následuje oddělení špinavé plavící vody [11].

3.2.3 Praní řepy

Účinným praním se řepa zbavuje všech nečistot, a to přímo ovlivňuje:

- kontaminace řepy v extraktoru
- opotřebení nožů na řezačkách, a tím i kvalitu řepných řízků a kvalitu surové šťávy

mechanické opotřebení extraktorů a řízkolisů abrazí [13].

3.2.3.1 Řepné pračky

Všechny řepné pračky pracují protiproudě, tzn., že čistá voda se přivádí na vypranou řepu. Voda používaná k praní má mít teplotu 5-15 °C, maximálně 20 °C, má být neutrální a co nejméně kontaminovaná. V pračce dochází k praní řepy od ulpělé hlíny a dodatečné separaci kamenů a písku. Rozeznáváme tři typy praček:

Hřeblová pračka – je 10-12 m dlouhý otevřený žlab, který je rozdělen přepážkou na část prací a dopírací. Ve žlabu je horizontálně umístěna hřídel s míchacími, přehazovacími a vyhrnovacími rameny, poháněná elektromotorem a převodovkou. Ve spodní části pračky jsou lapače kamenů a písku s talířovými víky, jejichž uzávěry jsou ovládány hydraulicky. Dobrý prací účinek se dosáhne při malém množství vody v korytě pračky, takže se řepy o sebe třou.

Trysková vibrační pračka – řepa se dopravuje po dvou vibračních sítích nebo po kotoučovém odlučovači a je oplachována vodou z trysek, umístěním v několika řadách nad síty. Pro dokonalé oprání je nutný její rotační posun. Spotřeba vody je zde nízká a doba průchodu pračkou krátká. Vzhledem ke krátké době praní jsou zde i nízké ztráty cukru. Sprchování vody v pračce bývá často kombinováno s dávkováním dezinfekční látky.

Bubnová pračka – má tvar horizontálního bubnu o průměru až 3,8 m a délce 11 m, umístěného na rolnách, které jej nesou a pohánějí. Používá se především v závodech se suchým příjmem řepy. Řepy vstupuje do první části pračky, což je předepírací buben. Zde je intenzivně promíchávána systémem lopatek a dopravována do druhé části bubnu vnitřní spirálou [13].

V řadě moderních cukrovarů se řepa pere ve dvou nebo třech pračkách různého typu, instalovaných za sebou. Nedílnou součástí linky na příjem a praní řepy je *separace řepných úlomků a kořínků*. Jejich zpracováním se zvýší výtěžnost z řepy o 0,35-0,70 % ř., což je pro ekonomiku značně důležité. Princip separace spočívá v tom, že kořínky spolu s rostlinným balastem padají na střed šikmého pásového dopravníku nebo na široký otáčející se válec, který funguje jako *dělič kořínků*. Nezpracovaný podíl chrástu, plevele a rostlinných příměsí je unášen dopravníkem, resp. Povrchem válce nahoru, zde přepadá do výsypky, odváží se a používá ke krmení. Zpracovatelný podíl, což jsou řepné úlomky a kořínky se po šikmém gumovém pásu kutálejí dolů a padají na dopravník, který je unáší přímo do zásobníku nad řezačkami [13].

3.2.3.2 Doprava řepy k řezačkám

Aby se účinně předešlo možné kontaminaci extraktoru při těžení šťávy, je nutno vypranou řepu za pračkou dezinfikovat. K dezinfekci se používá suspenze chlóróvého vápna, roztok chlornanu sodného nebo Jodonal A. Po oddělení prací vody za pračkou se řepa dopravuje šikmým pásovým dopravníkem nebo kapsovým výtahem do zásobníku nad řezačky. Před zásobníkem je zařazen *elektromagnetický lapač ferromagnetických nečistot*.

3.2.4 Výroba sladkých řízků

Ze zásobníku padá řepa do jednotlivých *řezaček*, kde se rozřeže na tzv. *sladké řízky*. Ty se dopravují pásovým dopravníkem k automatické pásové váze a dále do extraktoru. V cukrovarech se používají především dva typy řezaček:

- *deskové řezačky* – s horizontální řezací deskou, závěsné s postranním pohonem, s průměrem řezací desky min. 2000 mm,
- *bubnové řezačky* – s rotujícím bubnem s noži.

Nejrozšířenějším typem jsou deskové řezačky. Řepa ze zásobníku padá do násypného koše řezačky, tzv. *luby*. *Lub řezačky* má být naplněn asi do výšky 2-3 m. Vrstva řepy v násypce zabezpečuje stálý tlak na řezací desku [13].

U moderních vysokokapacitních cukrovarů se používají k řezání řepy bubnové rezačky, v jejichž pevném stojanu se otáčí buben s nožovými vložkami. Řepy padají do bubnu nad násypkou, jsou přitlačovány k nožům a rozřezány. Jejich předností je vysoký výkon, možnost použití běžných nožů, snadná výměna vložek, účinné zařízení na separaci cizích těles a účinné čistící zařízení nožů. Rezačkové nože mají různé profily, jsou buď *frézované (královopolské)* ze speciální oceli nebo *lisované z ocelového plechu*. U nás se nejvíce používají *lisované Gollerovy nože* s trojúhelníkovým profilem (řízky stříškovitého tvaru), a to buď nože celé, nebo půlené. Nože, stejně jako nožové vložky, rozlišujeme *liché a sudé* a takto střídavě jsou uspořádány v řezací desce [13].

3.2.5 Těžení šťávy

Cílem těžení šťávy je získávání cukru z řepy ve formě surové šťávy o nejvyšší čistotě při minimální spotřebě vody a energie a při nejmenších ztrátách polarizačního cukru. Šťáva se těží ze sladkých řízků tak, že se řepné buňky řízků nejprve tepelně umrtví ve spařovacím mísidle a pak se extrahují v extraktoru vodou při teplotě 70-75 °C nebo se řízky vedou přímo do extraktoru, v jehož vstupní části dojde zahřátím na teplotu 75 °C k umrtvení buněk. Do surové šťávy přechází vedle 97-99 % sacharózy, obsažené v řízkách též určité množství dalších látek, obecně zvaných *necukry*, kvůli nimž je nutno surovou šťávu podrobit následně čištění (epuraci). Extrahované (vyslazené řízky se dále lisují na vyšší sušinu v řízkolisech a jsou jedním z vedlejších výrobků cukrovaru: buď se expedují, nebo se suší [13].

Zůstatek cukru v lisovaných řízkách představuje ztráty polarizačního cukru – jedná se o tzv. známé ztráty při extrakci. Další položkou ztrát cukru při extrakci jsou ztráty neznámé (neurčené), které vznikají především rozkladem sacharózy hlavně mikrobiální činností. Tyto ztráty se snažíme minimalizovat dezinfekcí řepy a dezinfekcí okruhu těžení šťávy – tj. extraktoru a cest řízkolisové vody [13].

Při těžení šťávy probíhají v mechanických extraktorech dva hlavní pochody:

- extrakce látek řepné šťávy z otevřených buněk,
- difuze látek z uzavřených buněk umrtvenou buněčnou stěnou.

K umrtvení buněčné protoplazmy dochází zahřáním na teplotu nad 60 °C. Extrakcí se získá asi 1/3 cukru ze šťávy, zbývající 2/3 cukru se získají difuzí. Při extrakci přechází z řepné šťávy i z dřene kromě sacharózy ještě další rozpustné látky (pektiny, bílkoviny, popeloviny), jejichž přechod do roztoku závisí na teplotě, pH a čase. Pektinové látky, které přejdou do šťávy, se obtížně odstraňují a způsobují vážné potíže při filtraci, krystalizaci a přechází až do melasy [14].

Z technologického hlediska je nutné vést extrakci tak, aby přechod pektinových látek do roztoku byl minimální. Bílkoviny přecházejí při extrakci do šťávy ve značném množství (asi jedna třetina všech bílkovin). Z hlediska kvality získané šťávy nám na rozdíl od pektinových látek nevadí, neboť ve šťávě koagulují a spolehlivě se odstraní [13].

3.2.5.1 *Extraktory*

Jsou mechanizované a plně automatizované kontinuální zařízení s protiproudým tokem řízku a extrakční kapaliny. Šťáva se těží tak, že se řepné řízky nejprve prohřejí ve spařovacím mísidle a pak se extrahují ve vlastním extraktoru vodou při teplotě 70-75 °C nebo se řízky vedou přímo do extraktoru, v jehož vstupní části dojde zahřátím na teplotu 75 °C k tepelné denaturaci buněčné stěny. Nejčastěji se vyskytují *extraktory věžové, žlabová a bubnové* [16].

Hlavním cílem extraktoru je dosáhnout stabilizaci hmotnostních toků a teplot. Od hmotnostních průtoků sladkých řízku se odvozuje *přítok extrakční vody*, která se skládá z vrácené řízkolisové vody a čerstvé přídavné vody. Základním pravidlem řízení je dodržovat poměr průtoku sladkých řízku a extrakční vody, přičemž je nutno zpracovat veškerou vrácenou řízkolisovou vodu. Měření a regulace teploty v extraktoru zabezpečuje dodržení teplotního režimu v jednotlivých místech extraktoru, teplota se snímá odporovými teploměry. Automaticky je rovněž zajištěna úprava pH v jednotlivých místech extraktoru.

Technologické požadavky na extraktory:

- a. vyslazení řízku na 0,2 - 0,4 % cukru při sušině 8 % což představuje tzv. známé ztráty při extrakci,
- b. doporučuje se pracovat s odtahem 105 – 115 % n. ř.,

- c. doba průchodu řízků extraktorem 90 – 110 min.,
- d. požadavek co nejrychlejšího prohřátí na teplotu nad 60 °C na začátku extraktoru, účinkem teploty se rovněž potlačuje rozklad sacharózy mikrobiologickou nebo enzymatickou cestou, nejlépe je splněno u extraktorů se souproudným spařováním řízků,
- e. nízká spotřeba mechanické a tepelné energie – tepelné hospodářství je výhodné u extraktorů se zabudovaným tepelným výměníkem na ohřev řízků horkou šťávou, spotřeba energie je největší u věžových extraktorů,
- f. vysoká kvalita surové šťávy, nízký obsah drtě,
- g. minimální mechanické poškození vyslazených řízků [16].

3.2.5.1.1 Mikrobiologická kontaminace při extrakci

Výši neznámých ztrát ovlivňuje rozhodujícím způsobem činnost mikroorganismů. Primárním zdrojem mikrobiálního znečištění je půda ulpělá na cukrovce. Další kontaminace je vnášena nedostatečně odloučenou plavicí vodou a dále přídatnou vodou, především vrácenou řízkolisovou vodou. Surová šťáva představuje pro činnost mikroorganismů ideální prostředí a to jak z hlediska složení (sacharóza, pektiny, organické kyseliny, aminokyseliny aj.), hodnoty pH (kolem 6,0 je pro růst bakterií vyhovující) i teploty. Při teplotách 15-45 °C se rozmnožují *mezofilní mikroorganismy*, které se uplatňují především u šťávného konce extraktoru. *Termofilní mikroorganismy*, jejichž teplotní rozmezí růstu je mezi 45-70 °C, mají dobré podmínky pro svou činnost uprostřed extraktoru a na jeho vodním konci [16].

Indikátorem kontaminace je pokles pH šťávy pod 5,5 způsobený tvorbou kyseliny mléčné. Jako desinfekční prostředek se používá formaldehyd, chlorové vápno, preparáty na bázi aktivního chloru a jodu [16].

3.2.5.2 Vyslazené řízky, jejich lisování a sušení

Vyslazené řízky představují důležitý odpad při zpracování cukrovky. Jsou cenným krmivem, které je možno zkrmovat přímo nebo konzervované silážováním. Sušené řízky s přidavkem melasy slouží k výrobě peletovaných krmiv [13].

První operací konzervace vyslazených řízků je mechanické odstranění vody *lisováním*. Sušina vyslazených řízků, které opouštějí extraktor, se pohybuje okolo 8%. Lisováním se získají řízky o sušině 15-25 %. Teplota při lisování má být 50-55 °C. U pH je to dodržování hodnoty 5,8-6,0. Mezi obsahem sušiny lisovaných řízků S (%) a hodnotou pH platí vztah: $S = - 3,83 * \text{pH} + 44,3$

Z něhož vyplývá, že s nižším pH se dosáhne lepšího lisování řízků.

Řízkolisy podle konstrukčního uspořádání rozdělujeme na:

- *jednovřetenové* vertikální nebo horizontální,
- *vícevrstevné* Stord nebo ZVU.

Pro účinné lisování je rozhodující též dokonalé odvodnění (odcezení) dopravních cest vyslazených řízků před řízkoliséem, včetně násypky lisu [13].

3.2.5.3 *Odstraňování drtě ze surové šťávy a řízkolisové vody*

Pevné částčky řepné drtě, kterou jsou obsaženy v surové šťávě, je nutno před dalším zpracováním odstranit. Působí totiž potíže již při zahřívání surové šťávy, neboť se usazují na topných stěnách zahříváčů. Při vysoké teplotě nad 80 °C a vysoké alkalitě (pH 11) při předčeření a čereření dochází k peptizaci pektinových látek obsažených v řepné drti.

K odstraňování drtě slouží *odlučovače (lapače) drtě*. Odlučovače pracují na principu stíraného síta, scezování nebo filtrace [13].

3.2.6 *Epurace a filtrace*

Surová šťáva, která opouští extraktor, má sacharizaci $S = 15$ %, čistotu $Q = 85-90$ % a slabě kyselou reakci pH 6,0-6,3. Vedle sacharózy obsahuje řadu dalších rozpuštěných látek, které je nutno odstranit. Jedná se především o koloidně dispergované látky, bílkoviny, saponin, polysacharidy, barevné látky aj. Hnědočerné až černé zbarvení surové šťávy způsobuje především přítomnost melaninů a komplexních sloučenin s ionty Fe. Melaniny vznikají ve sladkých řízcích a v surové šťávě enzymovou i neenzymovou oxidací polyfenolů. Koloidně dispergované látky vytváří s vápnem slizovité komplexy, které jsou příčinou špatné filtrovatelnosti.

Důležitou roli v technologii hraje dále vznik a přeměna redukujících látek a rozklad aminů [16].

Vzhledem k tomu, že přímé získání cukru ze surové šťávy je technicky velmi obtížné, podrobuje se surová šťáva *čištění*, neboli *epuraci*. Hlavním cílem epurace je:

- a) odstranit maximální podíl rozpuštěných necukrů,
- b) odstranit pevné látky přítomné ve šťávě,
- c) neutralizovat a dezinfikovat surovou šťávu,
- d) minimalizovat rozklad sacharózy,
- e) získat šťávy s vysokou tepelnou odolností (malá změna barvy a nízký pokles pH při odpařování).

Obecně se ustálil postup čištění surové šťávy pomocí vápenného mléka a oxidu uhličitého. Přebytek vápna z roztoku se odstraňuje saturací oxidem uhličitým za tvorby sraženiny uhličitanu vápenatého, která slouží jako dobrý adsorbční a filtrační prostředek. Epurace se skládá z následujících operací: předčeření, dočeření, 1. saturace, separace kalu, 2. saturace, filtrace a úprava lehké šťávy před odparkou[16].

3.2.6.1 Předčeření

Předčeření ve velké míře ovlivňuje celý proces čištění šťáv. Dochází zde k:

- vysrážení nerozpustných a těžko rozpustných vápenatých solí,
- dehydrataci silně hydratovaných koloidů,
- odstranění koloidně dispergovaných látek – bílkovin, pektinových a barevných látek ve formě snadno sedimentující a filtrující sraženiny.

Přídavek vápna na předčeření je 0,25 – 0,40 % CaO n. ř. Nejlepších výsledků je dosahováno při *progresivním předčeření*, které do cukrovarnictví zavedli Vašátko a Dědek. Při postupné alkalizaci surové šťávy vápenným mlékem dochází ke koagulaci bílkovin a vzniká hrubozrnná sraženina, která je základem pro dobře filtrovatelný kal. pH se postupně zvyšuje až k hodnotě pH 11. Doba zdržení šťávy v předčeřiči závisí na teplotě. U studeného způsobu při 30 °C je to 25 min., u

poloteplého při 50-60 °C 10-15 min., u horkého způsobu při 85 °C pak 5-7 min. [16].

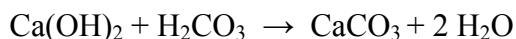
3.2.6.2 Dočeření

Po vysrážení koloidně dispergovaných látek i necukrů, k němuž dojde při předčeření, následuje dočeření s větším přídatkem vápna. Při pH a teplotě nad 85 °C dochází k reakcím, při nichž se rozkládají především amidy aminokyselin, invertní cukr a oxalogenní látky. Tyto rozkladné reakce vyžadují určitou dobu, aby proběhly co nejúplněji a získaly se šťávy termostabilní, jejichž jakost se působením tepla již dále nezhoršuje. Přídatok vápna na dočeření je 1,0 – 1,6 % CaO n. ř., teplota 85-90 °C, doba 10-15 min. Z hlediska získání světlých šťáv je výhodnější vhnět do šťávy během čeření vzduch [16].

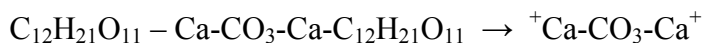
K odměřování dávek vápenného mléka na předčeření a dočeření, ev. Do dalších míst epurace se používají odměrky různých typů. Většina odměrek dávkuje vápenné mléko objemově, přesnější však jsou odměrky, které dávkují vápenné mléko podle hustoty [16].

3.2.6.3 1. saturace

1. saturace je doplňkovým fyzikálně chemickým čištěním. Jejím hlavním cílem je vysrážet krystalický uhličitán vápenatý, na jehož povrchu se pak adsorbují barevné látky, povrchově aktivní látky a další necukry. Krystalický uhličitán vápenatý rovněž urychluje filtraci šťávy. Základní srážecí reakcí je reakce mezi hydroxidem vápenatým a kyselinou uhličitou



Při saturaci se do sraženiny dále strhuje volné vápno a dochází ke vzniku sacharátů a cukrokarbonátů. *Cuklokarbonáty* jsou komplexní sloučeniny obsahující sacharózu, vápno a uhličitán vápenatý a tvoří objemovou sraženinu, která se v konečné fázi saturace rozkládá a vznikají kladně nabitě částice CaCO₃, které působí jako účinný adsorbent během saturace



kladně nabitá částice

Vedle základní chemické reakce mezi hydroxidem vápenatým a kyselinou uhličitou probíhají při saturaci další fyzikálně chemické procesy:

- rozpouštění plynného CO_2 v kapalně fázi, absorpce CO_2 ,
- rozpouštění tuhého $\text{Ca}(\text{OH})_2$,
- krystalizace CaCO_3 .

Pro správný průběh saturace je nutné zajistit dokonalé promíchání kapalně a plynně fáze a co nejvyšší využití CO_2 . Rychlost absorpce CO_2 je přímo úměrná koncentračnímu spádu koncentrací CO_2 v plynně a kapalně fázi a měrné ploše mezifázového rozhraní, což je součet povrchových ploch bublin saturačního plynu přiváděného do roztoku. Probíhá při teplotě 80-82 °C. Řízení alkality šťávy v průběhu 1. Saturace zajišťují provozní pH metry. Alkalita šťávy po 1. saturaci dosahuje 0,08-0,10 g CaO /100 ml a tomu odpovídá pH 11. Je-li *alkalita vyšší*, jedná se o *neodsaturovanou šťávu*, je-li *alkalita nižší*, jedná se o *přesaturovanou šťávu* [16].

3.2.6.4 *Separace kalu po 1. saturaci*

Oddělování kalu ze šťávy po 1. saturaci se provádí sedimentací a filtrací. Rozeznáváme dva způsoby práce:

- *dvoustupňová filtrace* – kal se nejprve zahušťuje v dekantérech nebo zahušťovacích filtrech, zahuštěný kal se pak filtruje na membránových komorových filtrech, mechanizovaných lisech nebo vakuových rotačních filtrech,
- *jednostupňová filtrace* – veškerý objem kalné šťávy po 1. saturaci se filtruje na membránových komorových filtrech nebo mechanizovaných kalolisech.

Dekantéry – kalná šťáva se v dekantéru rozdělí na čistý dekantát, který představuje asi 80 % objemu původní šťávy a na zahuštěný podíl, představující zbylých 20 %. Celková doba prodlevu v dekantéru je od 40 do 70 min. Zahuštěný podíl z dekantéru se vede dále na druhý stupeň filtrace, část zahuštěného podílu se vrací na předčeření. Ke zlepšení sedimentačních vlastností šťávy se používají *flokulační činidla* [16].

Použití zahušťovacích filtrů pro první stupeň separace kalu z 1. saturované šťávy přináší ve srovnání s dekantéry výhody. Dekantace i filtrace probíhá v jednom zařízení, takže se získá na jedné straně dokonale čirý filtrát a na straně druhé zahuštěný kalový podíl.

- *Zahušťovací filtry* – mají vyšší výkonost, separace kalu je efektivnější a doba zdržení šťávy ve filtru kratší, takže nedochází ke zhoršení kvality šťávy a ke vzniku barevných látek. V jednotlivých sekcích filtru probíhá postupně filtrace, shoení koláče a zpětný oplach. Střídání těchto fází pracovního cyklu zajišťuje rozdělovací hlava, která je spojena se všemi sekcemi filtru. Její funkce jsou programovatelné.
- *Mechanizované kalolisy a membránové komorové filtry*
- *Vakuový rotační filtr*

Saturační kal – jedná se o významný cukrovarnický odpad (6-8 % n. ř.) Využívá se jako hnojivo k úpravě kyselé reakce půd, hnojivo pro zahrádkáře a krmivo [16].

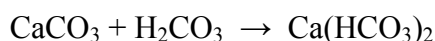
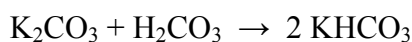
3.2.6.5 2. saturace

Jejím hlavním úkolem je snížení obsahu vápenatých solí na minimum a zvýšení čistoty šťávy. Šťáva se chemicky čistí, což je důležité pro následující provoz odparky, aby nedocházelo ke tvorbě inkrustací. Čirá šťáva po 1. saturaci se zahřívá na teplotu 95-98 °C, přidává se k ní poslední část vápeného mléka a saturuje se na optimální alkalitu, která odpovídá minimálnímu obsahu vápenatých solí ve šťávě [16].

Chemické reakce 2. saturace:

- 1) Srážecí reakce $(\text{CO}_3)^{2-} + \text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{CaCO}_3$ probíhá nejúplněji při optimálním pH 9-9,5 2. saturace.
- 2) Reakce kyseliny uhličitě s alkalickými hydroxidy za vzniku uhličitanů, při níž dochází k poklesu alkality $2 \text{KOH} + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$.
- 3) Reakce alkalických uhličitanů s rozpustnými vápenatými solemi, zejména organických kyselin $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{CaA}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2 \text{KA}$. Tato reakce je pro průběh 2. saturace nejdůležitější, vede k maximálnímu vysrážení vápenatých solí.

- 4) Při další saturaci CO₂ (přesaturování na pH < 9) vznikají hydrogenuhličitany, které jsou rozpustnější ve vodě než uhličitany a to má za následek zvýšené zavápnění šťáv, což je pro průběh 2. saturace nepříznivé a nežádoucí



Teplota 95-98 °C je nejlepší ochranou před vznikem hydrogenuhličitanů, které jsou nestabilní a varem se rozkládají $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$.

Za 2. saturací je v epurační lince zařazena nádrž s intenzivním míchadlem, kde se šťáva zdrží asi 10 min a kde se dokončí rozklad hydrogenuhličitanů [16].

3.2.6.6 Filtrace šťávy po 2. saturaci

K filtraci se používají zahušťovací filtry, nízkotlaké listové filtry – cedřáky, diskové filtry nebo naplavovací filtry. Kal po 2. saturaci se v epurační lince vrací zpět na předčeření, kde slouží jako krystalizační zárodky pro koagulaci koloidně dispergovaných látek. Zfiltrovaná šťáva se nazývá *lehkou šťávou*, kterou je možno dále sířit k potlačení nežádoucího zbarvení a změkčovat na ionexech za účelem omezení tvorby vápenatých inkrustací na topných stěnách odparky. *Lehká šťáva má sacharizaci 15-17 % hm., čistotu 90-93 % hm., pH 9,0-9,5 a světle žlutou barvu* [16].

3.2.7 Zahřívání a odpařování šťáv

Výroba cukru se vyznačuje vysokou spotřebou páry a elektrické energie. Pára, vyrobená v kotelně cukrovaru, se využívá k výrobě elektrické energie ve vlastních protitlakových parních turbínách a dále se používá v technologii k odpařování v odparce s následným využitím brýdových par pro technologické náhřevy. Získané teplo se tak v průměru čtyř až pětinasobně využívá. K zahřívání šťáv v tepelných výměnících (zahříváčích) se využívá tepla brýdových par nebo horkých kondenzátů. Nejčastěji se používají trubkové výměníky, moderní jsou výměníky deskové [16].

Odparka cukrovaru má dva hlavní úkoly:

- 1) Zahustit lehkou šťávu o sacharizaci 15 % na těžkou šťávu o sacharizaci 60-75%.
- 2) Zásobit provoz cukrovaru potřebnou topnou párou na účelové ohřevy.

Kombinací těchto úkolů v jednom zařízení a několikanásobným využitím páry se dosáhne toho, že na zahuštění šťávy se spotřebuje relativně malé množství páry. Jednotlivé odpařovačky, z nichž se odparky sestavují, jsou většinou válcová tělesa s trubkovou topnou komorou, kde šťáva při odpařování cirkuluje a dochází k odpařování v tenké filmové vrstvě. První těleso odparky je vytápěno vratnou nebo redukovanou párou, ostatní tělesa jsou vytápěna brýdovými parami (výparem) z předcházejícího tělesa. Přebytek brýdových par se spotřebovává na různých místech v technologii. Jedná se o tzv. *účelové odběry páry*, např. na ohřev extraktoru. Při odpařování šťáv dochází k rozkladu sacharózy, k poklesu alkality v důsledku rozkladu amidů a invertního cukru a k nárůstu koncentrace barevných látek. Průvodním jevem zahřívání a odpařování je vznik inkrustací. Jedním z úspěšných preventivních opatření je použití proti inkrustačním přípravků na bázi polyakrylových derivátů, které způsobují, že vytvořené inkrustace jsou tenké, měkké a dobře odstranitelné [16].

Těžká šťáva - má sacharizaci 60-65 %, čistotu 90-93 %, je mírně alkalická, má hnědou barvu a jemný zákal. Aby se z těžké šťávy získal kvalitní šťavní krystal, doporučuje se těžkou šťávu sířit a filtrovat na tlakových listových filtrech nebo naplavovacích filtrech [16].

3.2.8 Vaření a odstředování cukrovin

Cukrovarská varna má typické uspořádání. Je umístěna v několika podlažích tak, aby se co nejlépe využilo samospádu při přemísťování cukroviny. V nejvyšším patře jsou zásobní nádrže na šťávu a siroby a zniče. V podlaží pod zniči jsou umístěna míchadla (refrižeranty, chladiče), pod nimi jsou odstředivky. Zniče mají být na dostatečně prostorném, dobře osvětleném místě. Stávají v jedné nebo dvou řadách. K zařízení varny počítáme zniče a přestupníky a kondenzačními skříňkami, zásobní nádrže, míchadla a barometrickou kondenzaci. K zařízení samozřejmě patří parní potrubí, potrubí na šťávu a siroby, vodu, cukroviny a na odsávané výpary [1].

3.2.8.1 Svařování cukrovin

Svařování se provádí za sníženého tlaku, kdy dochází k odpařování vody a ke krystalizaci sacharózy z přesycených roztoků. Získává se tak *cukrovina*, což je krystalizát, heterogenní směs krystalů a matečného sirobu. Může probíhat

v periodických nebo kontinuálních zrnících. Průběh svařování v periodickém zrníči má šest fází:

1. Příprava – odstranění zbytků cukroviny z předcházejícího varu propařením, evakuace zrníče, úprava sirobů na teplotu 85 °C a sacharizaci 70-75 %, natažení sirobů na základ varu.
2. Zahušťování – při stoupající teplotě ze 70 na 85 °C, zvyšuje se koeficient přesycení na hodnotu K_p 1,15-1,20.
3. Zrnění – provádí se očkovaním mikroočkem nebo zásypem cukerné moučky. Mikroočko je suspenze krystalů sacharózy o velikosti 1-10 μ v alkoholu, připravená mletím krystalového cukru nebo srážením cukerného roztoku alkoholem.
4. Úprava zrna, stabilizace – přechod z fáze tvorby zrna do fáze růstu krystalů n nestabilní oblasti, K_p se sníží na 1,08-1,12 přitahem těžké šťávy nebo sirobu, zabrání se tím tvorbě krystalů a upraví se vzdálenost mezi krystaly.
5. Naváření – probíhá při K_p 1,10. Sacharóza krystaluje z matečného sirobu a roste na zárodcích krystalů, matečný sirob se vyčerpává, opakovaně se přitahují další dávky sirobu až je dosažena horní hladina cukroviny v zrníči.
6. Vysoušení – zahuštění cukroviny po posledním přitahu sirobu na konečnou sacharizaci cukroviny 93-95 % [16].

Vzhledem k tomu, že zrnění a následující úprava zrna patří k nejnáročnějším a nejcitlivějším operacím celého svařování, je daleko výhodnější pracovat s očkovacím zádělem. *Očkovací záděl* se připravuje mísením meziproductového nebo zadinového cukru (cukr z poslední krystalizace) s těžkou šťávou nebo se sirobem, záděl se natáhne do zrníče jako základ varu, takže může hned navazovat naváření varu. Tento způsob je výhodná jak z technologického, tak i z ekonomického hlediska, neboť se projeví ve zlepšení granulometrie uvařeného krystalu, v úspoře páry při zkrácené době varu a zjednodušení schématu práce na varně [16].

Svařování cukrovin je automatizovaný proces, založený na regulaci vstupní veličiny pro měření koeficientu přesycení (jako hlavní veličiny) a obsahu krystalů, resp. Výšky hladiny (jako veličiny pomocné), podle nichž lze řídit průběh svařování. K měření koeficientu přesycení se nejčastěji využívá měrné elektrické vodivosti nebo

viskozity, resp. konzistence cukroviny. Konduktometrický způsob je výhodný pro svařování cukrovin o čistotě nižší než 95 %, viskozimetrický způsob je univerzálnější a používá se při svařování všech druhů cukrovin [16].

Kontinuální svařování cukrovin probíhá v ležatých nebo věžových zrnících, rozdělených do několika sekcí. Do první sekce se přivádí očkovací cukrovina a do dalších sekcí pak přitahy svařované těžké šťávy nebo sirobů, řízené podle průběhu elektrické vodivosti nebo rheologických vlastností. Výsledná cukrovina se odtahuje z poslední sekce zrníče [16].

3.2.8.2 Ošetřování cukrovin v krystalizátorech

Cukrovina vypuštěná ze zrníčů je v krystalizátorech homogenizována s mísícím sirobem a za stálého míchání dále krystaluje při postupném ochlazení. Doba ošetření cukroviny v krystalizátorech závisí na čistotě zpracované cukroviny. U první cukroviny trvá 2-6 h, u posledních (zadinových) cukrovin, kdy krystalizace probíhá nejpomaleji v důsledku vysoké koncentrace přítomných necukrů, trvá 24-70 h [16].

Zpracování zadinových cukrovin probíhá v kontinuálních vyžrávacích linkách, skládajících se z kaskády chlazených horizontálních nebo vertikálních krystalizátorů. Cukrovina se ředí teplou vodou nebo sirobem, za účelem snížení viskozity matečného sirobu a vytvoření příznivějších podmínek pro krystalizaci sacharózy. Přesycení matečného sirobu musí být stále dodržováno v metastabilní oblasti. K podstatnému zvýšení výtěžnosti krystalů z cukrovin vede zařazení *kontinuálních vakuových mísidel*. Mísením uvařené cukroviny s vratným sirobem v uzavřených mísidlech, kde je udržován tlak 9-14 kPa, se docílí dalšího vycukernění sirobů a zvýšení obsahu krystalů v cukrovině [16].

3.2.8.3 Odstřed'ování cukrovin

Uvařená cukrovina je polotekutá, hustá hmota, směs krystalů sacharózy a matečného sirobu. K oddělování cukerných krystalů od matečného sirobu slouží filtrační *odstředivky periodické* nebo *kontinuální* [17].

3.3 Vápenka a hašenka

Vápno a saturační plyn se vyrábějí rozkladem vápence v zařízení, zvaném vápenka. Je to šachtová pec, v níž se pevné materiály (koks, vápenec a vápno) pohybují shora

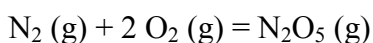
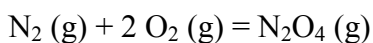
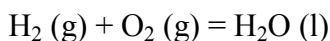
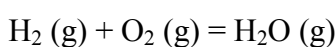
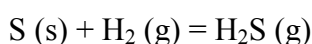
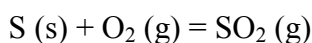
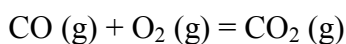
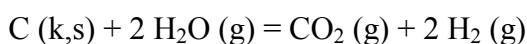
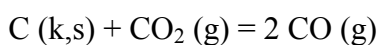
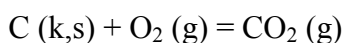
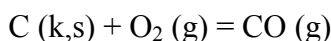
dolů a plynné látky (vzduch a saturační plyn) zdola nahoru. Potřebné teplo se získává spalováním paliva, především koksu, zemního plynu nebo topného oleje [13].

Hlavní složky vápence jsou uhličitan vápenatý (kalcit) CaCO_3 , uhličitan hořečnatý MgCO_3 vázaný v dolomitu ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), oxid křemičitý SiO_2 a křemičitany, zejména železitý Fe, hlinitý Al a manganatý Mn, aj. Koks obsahuje hlavně uhlík C, dále síru S, vodík H, kyslík O, anorganické látky nazývané popel, a vodu. Složky vápence a koksu podléhají při pálení vápna chemickým a fyzikálním přeměnám, přičemž části reakcí se zúčastňuje vzduch, přiváděný do pece [13].

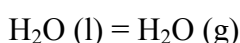
Chemické reakce při rozkladu vápence:



Chemické reakce při spalování koksu:



Odpařování vody:



Během zahřívání koksu dochází také k destilaci těkavé hořlaviny. Nejdůležitější reakce při pálení vápence jsou termická disociace CaCO_3 , spalování uhlíku na CO a

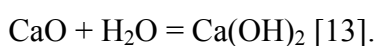
CO₂, redukce CO₂ uhlíkem a oxidace CO na CO₂. Tvorba CO je nežádoucí. K podružným reakcím patří spalování síry, vodíku a dusíku koksu na příslušné oxidy, tvorba vodíku a sirovodíku a vznik křemičitanů z CaO, MgO a SiO₂ [13].

Ke spalování dochází dokonale až při teplotě 1000-1100°C. Rychlost vypalování je empiricky závislá na teplotě. Vápenka se plní 7 až 14 dní před zahájením kampaně. Nejprve se utěsní volný prostor pod vápenkou. Na něj se navrství hoblovačky a potom dříví, v dalších vrstvách uhlí a koks. Na ně se potom ukládá směs koksu a vápence. Vápenka se zapaluje nejméně 3 dny před začátkem kampaně. 24 hodin po zapálení se rozebere základ a vápenka se poprvé stahuje. Potom se pravidelně 2-3 hodiny nebo nepřetržitě odebírá pálené vápno, zároveň se vápenka doplňuje. Vápenka má tři pásma:

- v horní části je pásmo přehřívací (700-800°C)
- asi uprostřed vápenky je žárové pásmo (1000-1500°C)
- směrem dolů se vápno chladí a mělo by vycházet chladné [1].

Saturační plyn odtahovaný z vápenky má teplotu 50 až 500 °C a obsahuje velké množství prachu. Čistění se provádí v lavěrech, kde se sprchuje chladnou vodou a tím se sníží teplota na 30°C. Lavér je stojatá válcová nádoba s vestavbami talířovými, kaskádovými nebo hrníčkovými. Saturační plyn se přivádí spodem a voda protiproudě ve formě kapek stéká dolů [1, 13].

Vápenné mléko se vyrábí z páleného vápna hašením řídkými výslady nebo vodou v kontinuálně pracujícím ležatém bubnovém aparátu zvaném hasidlo. Jeho konstrukci navrhl Mik. Mik je ležatý válec opatřený na vnějším obvodu nejméně dvěma hladkými věnci, na kterých se otáčí po nejméně dvou párech kladek. Otáčení bubnu je zajištěno přes nejméně jeden ozubený věnec na vnější stěně bubnu. Na výrobu vápenného mléka je potřeba podle velikosti přídavku vápna a koncentrace vápenného mléka obvykle nejvýše asi 8% ř. vody. Molekuly CaO se hydratují za vzniku hydroxidu vápenatého Ca(OH)₂:



Hašení vápna je velmi exotermní reakce. Vápenné mléko vytékající z hasidla má teplotu obvykle vyšší než 90°C. Vápno se hasí takovým množstvím vody nebo výsladů, aby se hustota vápenného mléka pohybovala mezi 1140 až 1180 kg/m³, čili

aby se koncentrace oxidu vápenatého v něm pohybovala mezi asi 17 až 21 % hm. Čisté vápenné mléko je suspenze hydratovaného oxidu vápenatého v roztoku hydroxidu vápenatého. Pro technologické účely má význam prakticky jen aktivní vápno, tj. část veškerého oxidu vápenatého (vápna) ve vápenném mléku ve smyslu schématu:

aktivní vápno = celkové vápno – (vápno vázané v CaCO_3 + nehasitelné vápno) [13].

Surové vápenné mléko obsahuje nerozpuštěné nečistoty, jichž se musí zbavit, aby se omezilo opotřebování čerpadla k dopravě vápenného mléka, zanášení potrubí a aparátů epurační stanice a aby se předešlo poruchám při dávkování vápenného mléka. K odstranění těchto nečistot je proto nutné volit několik druhů separátorů. Hrubé kusy se oddělují již sítím na konci bubny. K další separaci hrubých nečistot dochází v rozdužovadlech. K oddělení jemnějších částic se rozšířily síťové odlučovače, nejčastěji Kořánovy konstrukce, vibrační a spádová síta, a hydrocyklony. Účinnost separátorů nečistot se pohybuje od 70 do 98 %. Rozdužovadlo pracuje účinností asi 80 %, hydrocyklon obvykle 95 až 98 % [13].

3.4 Rafinace cukru

Rafinace značí dokonalé vyčištění, zlepšení kvality. Jde o soubor manipulačních pochodů, při kterých se přeměňuje surový cukr v bílý [13].

Rafinérská výroba se postupně zjednodušuje tak, jak se také zužuje sortiment výrobků. Nejčinnější rafinérský výrobek v minulosti – litou homoli zná dnes většina spotřebitelů již jen z obrázků [11].

Při přepracování surového cukru je třeba odstranit necukry, především barevné látky obsažené v krystalech a v povrchovém sirobu. Postupuje se tak, že surovina se namísí na umělou cukrovinu, v odstředivkách se vyrafinuje (opláchne se povrchový sirob) a vzniklá afináda se rozpustí na klér. Po mechanické filtraci a odbarvení různými způsoby se sváří na první rafinádní cukrovinu. Cukr získaný z této cukroviny se proběluje v odstředivkách hustým cukerným roztokem či vodou, vysuší se, vytřídí a je uložen do příslušných obalů, respektive skladů. Odtok z rafinádní cukroviny se zpracovává na druhý klér a ten pak po egalizaci, filtraci a ohřátí na druhou rafinádní cukrovinu. Cukr z ní se opět expeduje po výše popsanych operacích

a odtok se zpracovává na žlutou cukrovinu (A), případně ještě na třetí rafinální cukrovinu. Cukr A se přidává k zánosu, z odtoku A se sváří cukrovina B, cukr B se přidává do druhého kléru a z odtoku B se vaří poslední, zadinová (C) cukrovina. Odtok – melasa představuje finální výrobek cukrovaru, cukr C se přepracovává na třetí klér, nebo se přidává do druhého [13].

3.4.1 Afinace

Úkolem rafinace je vyrobit bílý cukr žádaného druhu, složení a ve vhodném balení. Základní operací rafinace je *afinace surového cukru*, při níž se odstraní zbytky matečného sirobu, ulpělého na povrchu krystalů surového cukru. Aby byla afinace možná, je nutno nejprve surový cukr rozmístit s mísícím sirobem v afinačním mísidle *na umělou cukrovinu, záděl*. Tím dojde k ovlhčení krystalů, naředění barevných látek a popelovin a k jejich rozptýlení v mísícím sirobu. Jako mísící sirob se používá cukerný roztok, který je kvalitnější, jak z hlediska čistoty, tak i z hlediska obsahu barevných látek a popelovin než zbytky matečného sirobu ulpělého na krystalech surového cukru. Čistota mísícího sirobu je vyšší než 85% a sacharizace 75%, množství mísícího sirobu použité k přípravě zádělu je asi 30% na surový cukr, výsledná sacharizace zádělu je 90%. Teplota mísícího sirobu 80 – 90 °C usnadní zpracování surového cukru i s vyšším podílem prachového zrna, výsledná teplota zádělu je 40 °C. Záděl se odstřeďuje na afinačních odstředivkách s dělením sirobů. Po odmetání matečného sirobu, *zeleného afinačního sirobu* (čistota 82-85 %) se provádí vlastní afinace, tj. vykrývání (oplachování) cukru v odstředivce vodou nebo čistým cukerným roztokem. Sirob odmetený při afinaci se nazývá *bílý afinační sirob* a má obvykle vyšší čistotu, 85-88%. Spotřeba vody na afinaci je 3-5 % na hmotnost cukru. Cukr, který se takto získává, se nazývá *afináda*, má čistotu 99,5 % a její výtěžek je okolo 80 %. Rozpuštěním afinády ve vodě, lehké šťávě nebo sirobu se získá *klér* (S=65%), který se alkalizuje vápenným mlékem, filtruje na naplavovacích filtrech a případně odbarvuje pomocí aktivního uhlí nebo odbarvovacích ionexů [16].

3.4.2 Příprava kléru, filtrace a odbarvování

Afináda se rozpouští na klér v různých médiích. Podle toho rozlišujeme kléry čisté (voda), sirobové a smíšené (voda a sirob). Potřebu vody snadno vypočteme z rozpustnosti pro danou teplotu a čistotu. Výsledná sacharizace se obvykle pohybuje

podle následného filtračního zařízení. Rozpouštěcí pánve jsou různých konstrukcí, nejčastěji horizontální žlabové nebo vertikální válcové. V posledních letech jsou vytlačovány rozpouštěcími kontinuálními odstředivkami. Před mechanickou filtrací musí být v rozpouštěcí pánvi scezovací síto, které zachycuje hrubé nečistoty z kléru (z dopravních prostředků, skladišť apod.). Vzhledem k relativně malým množstvím nečistot v klérech bylo třeba kalolisů a u filtrů, které nejsou samočisticí přidávat pomocné filtrační materiály. Dříve a v některých zemích i do dneška se přidávaly křemelina nebo perlit. V současné době se užívá kal ze saturace, který plně vyhovuje. U síťových filtrů se obvykle pomocné filtrační prostředky nepřidávají. Všechny operace musí probíhat za zvýšené teploty z důvodů snižování viskozity, zvyšování filtrační a rozpouštěcí rychlosti, atd. Není vhodné přesahovat teploty 90 °C, neboť pak dochází k exponenciálnímu nárůstu barevných látek termickým rozkladem sacharózy. Samozřejmě, že důležitou veličinou je hodnota pH kléru (mezi 7,0-8,0), která má rovněž velký vliv na rozklad sacharózy. Odbarvování kléru lze provádět různými metodami – fyzikálně chemickými (adsorpce aktivním uhlím, karborafinem, ionexy aj.), chemickými (síření SO₂, blankytem, defekosaturací). Rozsah a způsob odbarvování je dán převážně požadavky na kvalitu cukru a ekonomiku provozu. Moderní odstředivky s vysokou separační schopností v řadě případů plně nahradily některé z odbarvovacích postupů [13].

3.4.3 Sušení a chlazení cukru

Při sušení dochází k přestupu vlhkosti mezi krystalem a okolním vzduchem. Na povrchu krystalu je velmi tenká povrchová vrstva nasyceného cukerného roztoku, ze které se při poklesu relativní vlhkosti okolního vzduchu uvolňuje voda. Tím se původně nasycený roztok přesytí, a to vede k dodatečné krystalizaci sacharózy na povrchu krystalů. Tento děj probíhá velice pomalu, urychlit se dá zvýšením teploty a intenzivním přestupem vlhkosti do vzduchu. Tím se zvyšuje stupeň přesycení na rozhraní roztok – vzduch, co může vést až k tvorbě *vrstvy amorfní sacharózy* a uzavření vlhkosti pod touto vrstvou. K sušení cukru se používají různé *typy sušáren* – *bubnové, talířové, turbínové a fluidní*. Podle uspořádání hmotnostních toků sušeného cukru a sušícího média pracují sušárny se souproudým, protiproudým nebo křížovým tokem. Průběh sušení je nutno volit tak, aby relativní vlhkost vystupujícího vzduchu nepřekročila 80 %, konečná vlhkost cukru má být 0,05 %. Teplý cukr za

sušárnou ztrácí dokrystalizací část vázané vody, a proto je vhodná dlouhá dopravní trasa od sušárny k chladiči a silu, kde se cukr dlouhodobě skladuje. V chladiči je cukr intenzivně profukován chladným vzduchem, takže kromě ochlazení cukru na 20 °C dochází i k žádoucímu úletu prachových částic. Konstrukční uspořádání chladičů je stejné jako u sušáren, často jsou chladiče navrhovány jako součást sušárny [16].

Čerstvě usušený cukr obsahuje vázanou vlhkost, která se pozvolna z cukru uvolňuje. Z toho důvodu se provádí tzv. *stabilizace cukru* – při níž dochází k postupné dokrystalizaci sacharózy ze zbytkové povrchové vrstvičky sirobu a ustavení rovnováhy mezi povrchovou vlhkostí cukru a okolním prostředím. Uvolněnou vodu je nutno odvést suchým provětrávaným prostorem. Řídícím dějem při stabilizaci cukru je *vnitřní difuze molekul vody k povrchu* amorfnní vrstvy sacharózy. Stabilizace cukru probíhá buď za normální teploty v provětrávaném síle za 5-6 dní nebo při teplotě 45-55 °C za dobu 24-48 hodin [16].

3.4.4 Skladování cukru

S ohledem na sezónní výrobu cukru a zajištění rovnoměrného zásobování spotřebitelského i průmyslového trhu je nutno poměrně velké množství cukru celoročně skladovat. V současné době se převážná část krystalu skladuje bezobalově ve vysokokapacitních sílech (10 000 – 20 000 tun), část produkce se skladuje v tradičních obalech – pytlích. K zajištění podmínek bezpečného dlouhodobého skladování je nutno stanovit *závislost vlhkosti cukru na vlhkosti vzduchu* pro danou teplotu – sorpční izotermu. Na základě tohoto zjištění se pak určují skladovací podmínky a nastavují parametry klimatizace skladu a úprava vzduchu na teplotu 20-22 °C a relativní vlhkost 50-60 %. Skladovaný cukr musí mít vlhkost 0,03-0,05 %, obsah popela max. do 0,02 %, obsah redukujících látek max. do 0,1 % a musí být dokonale odprášený [16].

Existují 4 druhy sil na skladování cukru:

1. neprovětrávané silo s netopeným pláštěm,
2. provětrávané silo s netopeným pláštěm,
3. neprovětrávané silo s topným pláštěm,
4. provětrávané silo s topným pláštěm.

Výška uskladněného cukru může být maximálně 40m. Výrobci sil se snaží o co největší automatizaci, o usnadnění práce při do-vyprazdňování sil od zbytků cukru apod. [13].

4 SROVNÁNÍ VÝROBY V LETECH 1989 A 2011

1. 5. 1992 byla založena akciová společnost Cukrovar Hrušovany nad Jevišovkou. V roce 1994 vstoupil do cukrovaru zahraniční kapitál, kdy akcie koupila firma Agrana International AG, Wien. V roce 1995 bylo provedeno navýšení základního jmění a z tohoto vkladu bylo postaveno silo na 20 000 tun cukru. V následujícím roce se začalo s rozsáhlými investicemi v technologii [6].

4.1 Zásadní změny v technologii výroby cukru v cukrovaru

Hrušovany nad Jevišovkou

V rámci snížení provozních nákladů a zvýšení kvality konečného produktu došlo na některých úsecích cukrovaru k modernizaci zařízení nebo ke změnám v technologii.

4.1.1 Přejímka řepy

V minulosti se cukrovka přejímala pouze podle hmotnosti, v současnosti se přejímá podle cukernatosti, na základě zjištění čisté hmotnosti a cukernatosti pro každou dodávku řepy. *Surovinová laboratoř Rüpro*, na vstupu do cukrovaru (pro příjem řepy) má dnes moderní automatický sběr dat, který přináší přednosti:

- 1) Vysoký výkon – automatický systém umožňuje zvládnout větší počet povozů a jejich vyšší frekvenci oběhu při kratší době přejímky,
- 2) Včasná informovanost dodavatelům – dodavatel žádá a potřebuje rychlou a správnou informaci o dodané řepě, pokud možno již při odjezdu vozidla z cukrovaru. Jedná se především o hodnoty stupně znečištění minerálními a rostlinnými příměsemi, způsob okleštění chrástu a seřezání řep. Dostane-li dodavatel tuto informaci včas, může ji operativně předat osádce sklízecích strojů, která provede příslušná opatření,
- 3) Objektivita a přesnost – automatický systém nepřipouští lidské omyly a zásahy, do obchodních vztahů mezi dodavatelem cukrovky a cukrovarem vnáší objektivitu a přesnost,

- 4) Snížení nákladů, ulehčení práce – automatický systém odstraňuje problémy s pracovními silami, zaměstnanci jsou uvolněni od náročného ručního sběru dat, který je náchylný k chybám.[13]

Laboratoř Rüpro je na karty (každý řidič má tuto kartu) a odběrné zařízení bere vzorky namátkou z různých míst auta. Ukládka řepy na betonové ploše vedle laboratoře slouží pouze jako nezbytná rezerva v množství 5 000 – 8 000 tun řepy, a to pro případ poruchy v cukrovaru nebo zpoždění dodávek. Během kampaně dochází k její postupné obměně.

Po odběru vzorků auto přejíždí na tzv. *pevný bod* cukrovaru autoelfu. Zde je řepa složena

k přímému zpracování a plavicím kanálem postupuje k čerpadlům, kde dochází ke zvedání řepy. Dnes se používají výkonná čerpadla tzv. kanady, která jsou na frekvenční měnič, čímž se částečně snižuje poškození řepy [13].

4.1.2 Surovárna

Řezačky – používají se nové bubnové řezačky Maguin, v jejichž pevném stojanu se otáčí buben s nožovými vložkami. Řepy padají do bubnu násypkou, jsou přitlačovány k nožům a rozřezány. Mezi přednosti těchto řezaček patří: vysoký výkon, možnost použití běžných nožů, snadná výměna vložek, účinné zařízení na separaci cizích těles a účinné čistící zařízení nožů.[13] Nože jsou lité ocelové a mají automatický ofuk.

Řízkolisy – řízky se v současnosti lisují na sušinu 25 %, což přináší značnou úsporu vody.

Filtrace – byli zavedeny nové filtry Grain Pont svíčkového typu na filtraci I. Saturevané šťávy.

Odparka – dnes se používá pětičlenná, čímž klesla spotřeba vody, kdy 1kg páry odpaří 5kg vody. Koncové členy odparky jsou filmové tělesa,

Zahříváče – došlo k instalaci deskového zahříváče, který je topený kondenzátem.

Dále proběhla rekonstrukce řepného výtahu a úprava odstředivkové stanice [18].

4.1.3 Rafinerie

- vaří se přímo z těžké šťávy jemnější druhy cukru,
- zkrátí se doba varu,
- ve všech částech jsou používána míchadla,
- na zazrňování se používá tzv. *konfus*, což je jemně uvařený krystal,
- cukr je skladován v silech,
- přeprava cukru je v cisternách, cukr volně ložený.

4.1.4 Vápenka

Zde jsou instalovány moderní vodokružné vývěvy.

4.1.5 Modernizace z ekonomických důvodů

Náhřevy brýdovými parami z varny a náhřevy pomocí kondenzátů podstatně změnily nákladové položky cukrovaru a přispěli tak svým dílem k ekonomickým úsporám, což se odráží v konečné ceně cukru.

4.2 Produkty cukrovaru

Roku 1989 cukrovar vyráběl mletý cukr, krystalový cukr a cukr kostkový. V roce 1999 jako první v ČR zavedl ucelenou řadu výrobků pod názvem “Korunní cukr“, která je postupně rozšiřována dalšími produkty na bázi cukru. V současné době dodává na trh tyto produkty:

- *Korunní cukr krystal*

Korunní cukr krystal - 1 kg

Korunní cukr krystal - 5 kg

Korunní cukr krystal - 15 kg

Korunní cukr krystal - 50 kg

Korunní cukr krystal – Big Bag

- *Korunní cukr krupice*
 - Korunní cukr krupice - 1 kg
 - Korunní cukr krupice - 15 kg
 - Korunní cukr krupice - 50 kg
 - Korunní cukr krupice – Big Bag
 - Korunní cukr krupice - Hygienické balení
- *Korunní cukr moučka*
 - Korunní cukr moučka - 0,5 kg
 - Korunní cukr moučka - 1 kg
 - Korunní cukr moučka - 15 kg
- *Korunní cukr kostky*
 - Korunní cukr kostky - 0,5 kg
 - Korunní cukr kostky - 1 kg
 - Korunní cukr kostky - hygienické balení 4 g
- *Korunní cukr na pečení* - 1 kg
- *Korunní cukr želirovací* - 1 kg
- *Korunní cukr kandys* - 1 kg

Speciality - Ovocný cukr

Třtinový cukr

Třtinový cukr kostky

Hroznový cukr

Diabetický cukr

Hnědý cukr

Řepný cukr

Cukr na posypání [19].

Biocukr – od roku 2009 je vyráběn biocukr s certifikátem „Bioprodukt ekologického zemědělství“. Náročnost jeho výroby je zřejmá z toho, že řepa ekologicky vypěstovaná v Rakousku, přichází do závodu nepředčištěná, chemicky neošetřená, s výrazně nižší cukernatostí. K jejímu zpracování se podle Nařízení komise ES o ekologické produkci smí používat pouze pomocné látky schválené pro výrobu biocukru. Prakticky to znamená, že kromě uhličitanu vápenatého, oxidu uhličitého, hydroxidu vápenatého, rostlinných olejů a tří, čtyř dalších definovaných preparátů se ostatní chemické prostředky používané v klasické technologii nesmí používat. Také kontrola dodržování přísných podmínek je podstatně náročnější. Biořepa musí být samozřejmě zpracovávána odděleně od běžné cukrovky, což vlastně představuje dvojí začátek kampanového provozu. Z více než 23 tis. t biořepy s průměrnou cukernatostí 15,39 % bylo ve dnech 20. až 24. Října 2009 vyrobeno 2 955 t biocukru. Určen je pro prodejny s ekologickým potravinovým programem nejen u nás a v Rakousku, ale v celé EU.[20]

4.2.1 Druhy cukru podle zákona o potravinách

Skupina

Cukr extra bílý: krystal - směs krystalů stejnoměrného zrnění, volně sypká

krupice – směs menších a rozdrcených krystalů, stejnoměrného

zrnění, volně sypká

moučka – volně sypaná směs jemně mletých drcených krystalů

Cukr bílý: krystal, krupice, moučka

Cukr polobílý: krystal, krupice, moučka

Cukr moučka s obsahem proti hrudkujícím látek (nejvýše 3%)

Tvarovaný cukr (kostky, bridž, homole)

Cukr s přísadami

Přírodní cukr – sypký, zrnitý, světle žlutý krystal

Kandys – směs velkých krystalů a srostlic, žluté a hnědé barvy

Tekuté výrobky: invertovaný sirob, karamel.[21]

4.2.1.1 *Legislativa*

Cukr určený k lidské spotřebě musí splňovat jakostní požadavky stanovené ve vyhlášce č. 76/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové hmoty. Do této vyhlášky byla transponována, pokud jde o cukr, ustanovení Směrnice Rady 2001/111/ES z 20. prosince 2001 o určitých druzích cukru určených k lidské spotřebě. Vyhláška nabyla účinnosti dnem vstupu ČR do EU [22,23].

Ochrana zdraví člověka a ochrana spotřebitele patří mezi hlavní priority moderní společnosti a obě tyto oblasti jsou proto každým státem regulovány. Zajištění zdravotní nezávadnosti potravin a ochrany před jejich falšováním, klamáním a jinými nekalými obchodními praktikami je pak obecným cílem potravinového práva. Požadavek na potraviny a na provozovatele potravinářských podniků má každá země stanoveny ve svém národním právním systému. V České republice je základním předpisem *Zákon o potravinách a tabákových výrobcích č. 110/1997 Sb. v platném znění* (viz *Zákon č. 224/2008 Sb.*) [24,25]. Tento zákon upravuje povinnosti provozovatele potravinářského podniku a upravuje státní dozor nad dodržáním povinností plynoucích z tohoto zákona a z přímo použitelných předpisů Evropského společenství [25].

Principy potravinového práva evropských zemí jsou popsány v základním dokumentu, jímž je *Nařízení 178/2002/ES*. Současně je s tímto předpisem zřízen i *Evropský úřad pro bezpečnost potravin* (European Food Safety Authority, EFSA), který plní roli nezávislého vědeckého referenčního pracoviště při hodnocení rizik. Se zřízením EFSA byly ustanoveny také vědecké komise nezávislých expertů [25].

4.2.2 **Produkční kvóty EU**

Od roku 2000 až do doby vstupu do EU uplatňovala Česká republika regulaci trhu s cukrem prostřednictvím kvót členěných na tuzemský a vývozní podíl, stanovením minimálních cen cukrové řepy a cukru a zajištěním základní ochrany trhu před dovozy. Průměrně se ročně vyrábělo více než 500 tis. t cukru z přibližné výměry cukrové řepy 75 tis. ha. Systém regulace byl v rozsahu, který umožňoval český právní řád a liberální podmínky trhu. Po vstupu do EU od 1. 5. 2004 Česká republika plně aplikovala pravidla Společenské organizace trhu v odvětví cukru. Provádějí a

administrativní organizací je Státní zemědělský intervenční fond. Při vstupu do EU jsme získali kvótu výroby cukru ve výši 454 862 t bílého cukru, z toho 441 215 t kvóty A, a 13 647 t kvóty B.[8]Od roku 2007/2008 se národní kvóta ČR nezměnila, její výše činí pro každý další hospodářský rok 372 459,207 t cukru. Z toho pro Moravskoslezské cukrovary a.s. (závod Hrušovany nad Jevišovkou a Opava činí kvóta 93 973,208, z toho dodatečná kvóta 7 629,210. Původní kvóta byla 86 344,0 [4].

Při celkové kvótě 372 tis. t cukru ročně je ČR soběstačná a existují kapacity i pro vývoz. V cukrovarnické kampani 2009/2010 byla průměrná cukernatost jen 16,75 %, ale vyšší výnosy cukrovky [26].

4.3 Informační technologie

Způsob získávání informací, jejich dalšího zpracování a využití pro rozhodování se na různých místech cukrovarského podniku shoduje, ale v řadě případů má své odlišnosti. Příkladem je způsob práce na různé úrovni řízení, čili tzv. hierarchie informací (obrázek). Výkonný personál pracuje se strukturovanými systémy přesně vytvořenými pro uživatele, které jsou stabilní a mají víceméně fixační strukturu. Technická podpora těchto systémů bývá označována jako informační technologie (IT), ta zahrnuje počítače, telekomunikace a elektroniku[27]. Veškeré tyto technologie byli v roce 1989 utopii.

4.3.1 Ekonomicko-technické informační systémy

Do této skupiny patří např. běžná ekonomická agenda podniku, informační systém pro řízení jakosti či systém řízení údržby. Intranet (internet uvnitř podniku) umožňuje přístup k firemním databázím, využívá se např. k řízení bezpečnosti práce, ochrany životního prostředí, jednotného systému nákupu služeb, možností vyplňování předepsaných formulářů. Jeho správným využitím klesají náklady [27].

4.3.1.1 Ekonomické informace

Jde o úsek, kdy historicky vzato, přišly počítače ke slovu nejdříve. Základem pro fungování vnitřního informačního systému každého podniku, který je schopen podat

obraz o jeho ekonomické situaci, je evidence účetní, majetková, peněžní a evidence materiálu. Ke snížení nákladů dochází při zpracování faktur za den minimalizací ruční manipulace, úsporami poštovního a zajištěnou archivací [27].

4.3.1.2 Informace s cílem řídit jakost výrobků

Jakost výrobků, především bílého cukru, je základem úspěšného podniku na náročném trhu. Proto již velká část cukrovarských společností je řízena podle normy ISO 9000, která má již svůj systém toku informací [27].

4.3.2 Informace pro provozní techniky, manažery cukrovarů a další odborné pracovníky

Tyto informace lze rozčlenit na okamžitě dostupné informace – v provozu, v laboratoři, dále jde o odbornou literaturu a informace na internetových stránkách [27].

4.3.2.1 Řídící, expertní a informační systémy

Řídící systémy se staly standardním vybavením českých cukrovarů. Jsou řazeny na základě pyramidy. Zahrnují jak vlastní čidla a ovládací armatury umístěné v provozu, tak rovněž počítačový řídicí systém včetně případné komunikace mezi několika počítači. Pravděpodobně mezi nejsložitější softwarový systém patří řízení varny a extraktoru včetně řezaček. Kromě vlastního řízení zahrnují archivaci dat, komunikaci s laboratoří, evidenci poruchových stavů, grafické trendy [27].

Informační systémy propojením s on-line řídicími systémy nabízejí možnost výpočtu hodinových, týdenních či kampaňových přehledů, např. hmotnostních a entalpických bilancí ze snímaných hodnot, čímž vzniká informace s možností interpretace. Příkladem nejnovějších bilančních aplikací je např. kontrola vzniku inkrustací při kontinuálním vaření či na odparce a zahříváčích [27].

4.4 Vliv výroby řepného cukru na životní prostředí

Největším rizikem u cukru je spotřeba vody a tím i množství a složení odpadních vod. Ve starých provozech se spotřebovalo na 1t řepy až 20 m³ vody, dnes se díky recyklaci tato spotřeba snížila na 1,5 -2 m³ vody na 1 t řepy. Voda používaná k praní

řepných bulev odchází na odkaliště, odkud se po usazení vrací zpět. Voda využívaná v procesu od vyslazování řízků po rafinaci cukru představuje při výstupu z cukrovaru možné nebezpečí pro čistotu povrchových vod a je třeba ji upravit v čistírně odpadních vod, která je součástí cukrovaru. Cukrovar produkuje také pevné odpady či vedlejší produkty. Zemina z mytí řepy usazená na odkališti, kal z čističky odpadních vod, kořínky a zbytky chrástu z bulev jsou recyklovatelné, takže se mohou vracet do životního prostředí přímo nebo po jejich úpravě. Vyslazené řízky jsou dnes cennou krmnou surovinou, stejně jako saturační kal, který rovněž slouží jako hnojivo nebo prostředek k úpravě příliš nízkého pH půdy. Melasa je zase cennou surovinou pro výrobu lihu [28].

Agrana soustřeďuje svá úsilí v oblasti životního prostředí a trvanlivosti především na dílčí oblasti – použití energie a surovin, voda a vzduch, využití vedlejších produktů, poradenství zemědělcům a rovněž na výrobu bioproduktů [5].

4.5 Výzkum a vývoj v cukrovaru Hrušovany nad Jevišovkou

Firma Moravskoslezské cukrovary, které patří do skupiny Agrana, spustila image kampaň na svoji značku Korunní cukr. Srovnává se s umělými sladidly. Na billboardech je v červenobílé grafice ztvárněna např. květina nebo opalování na pláži s poukazem, že pravá květina či slunce je lepší než umělé náhražky. Cukr patří ke komoditním segmentům, které běžně nekomunikují (s výjimkou kostkového cukru v kampani Předsednictví EU) [28].

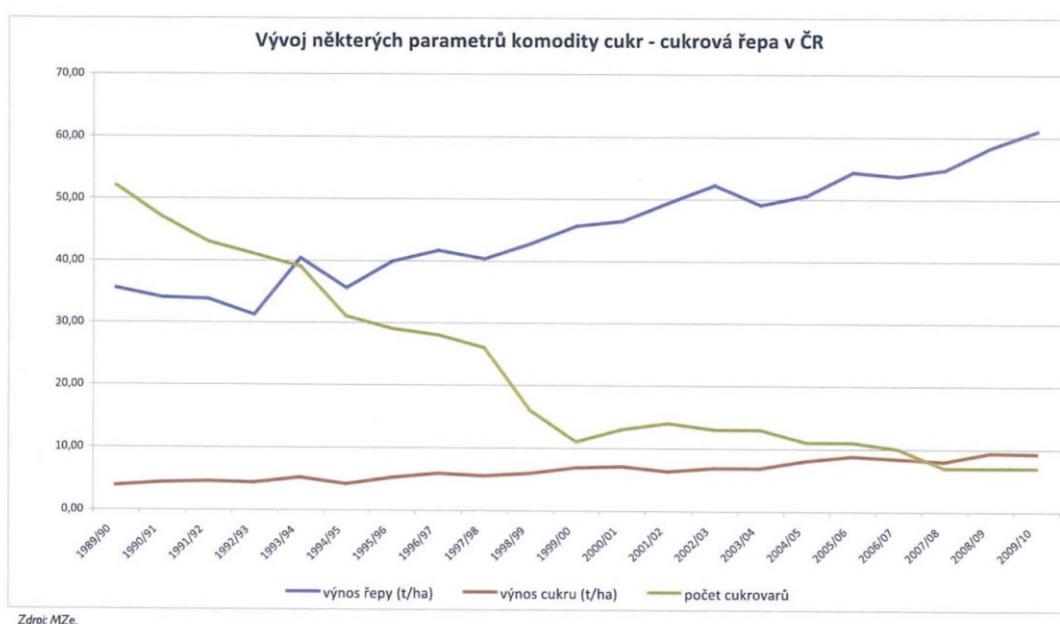
Na zajištění svého dlouhodobého trvalého úspěchu ve vysoce kompetitivním tržním prostředí, je strategickým cílem AGRANY odlišit se od svých konkurentů průběžnou optimalizací technologie a výrobní inovací. Na jedné straně se AGRANA snaží optimalizovat svou výrobní technologii také s ohledem na kritéria trvalosti. Na druhé straně vyvíjí podnik v úzkém partnerství se svými zákazníky nové receptury, speciální výrobky a nové možnosti využití stávajících výrobků. Na realizaci této strategie a na vylepšení svého rozsáhlého vývojového know-how podporuje AGRANA několik výzkumných a vývojových zařízení [29].

Kromě technologických aspektů mají pro AGRANU na základě úzkých vztahů s následně zpracovatelským potravinářským průmyslem velký význam také témata jako záruka potravin, řízení kvality, zpětná sledovatelnost všech průmyslových

procesů až na pole, stále více také pod sociálními aspekty, jako i certifikace (ISO 9001:2000, ISO 22000, International Food Standard, GMP+*, kvalita a bezpečnost) [30].

4.6 Vývoj některých parametrů komodity cukr – cukrová řepa v ČR od roku 1989 do roku 2010

Zatímco počet cukrovarů od roku 1989 do současnosti strmě klesal, výnos řepy v tomto časovém rozmezí dosáhl vrcholu. Výnos cukru má mírně stoupající tendenci a od kampaně 2008/2009 si drží stejnou úroveň (obrázek 2) [4].



Zdroj: MZe.

Obr. 6. Vývoj některých parametrů komodity cukr, cukrová řepa v ČR

Pro hospodářský rok 2010/11 bylo smluvně zajištěno pěstování cukrové řepy na ploše minimálně 54 tisíc hektarů, z toho 10 tisíc hektarů pro jiné než potravinářské užití. Předpokládaný výsledek je zpracování řepy v množství 3,3 mil. t standardní jakosti při výnosu přes 60 tun řepy z jednoho hektaru [4].

ZÁVĚR

Cukr neboli bílé zlato, se trvale vyváží do celého světa, což má zcela výjimečný ekonomický přínos, a to přímo v peněžích pro státní rozpočet nebo nepřímo rozvojem chemického průmyslu a dalších odvětví. Řada základních principů a technologických postupů výroby cukru má původ v Čechách a je světově užívána.

Technologie výroby cukru je velmi obsáhlý a složitý proces. Snažila jsem se jej zpracovat přehledným způsobem. Nástrojem celkového obsahu práce jsou materiály z období mé dvouměsíční praxe v cukrovaru Hrušovany nad Jevišovkou v době kampaně 1988/1989.

V úvodu je popsána celková historie českého cukrovarnictví, cukrovaru Hrušovany nad Jevišovkou a cukrové řepy, jakož to základního a jediného produktu našeho cukrovarnictví.

Ve druhé kapitole je popsána cukrovka jak po biologické stránce tak i po chemické. Rovněž se kapitola zabývá popisem sacharózy. Ta se průmyslově vyrábí z cukrové řepy a cukrové třtiny. Vyrobená rafináda představuje téměř čistou sacharózu. Její fyzikální a chemické vlastnosti tvoří základní kámen celého technologického procesu.

Třetí kapitola je zaměřena na celkové technologické schéma cukrovaru. Je v ní popsán příjem řepy, její zpracování v surovárenské části cukrovaru a závěrečná fáze výroby, kterou je beze sporu rafinace, finálním výrobkem je bílý cukr. Snažila jsem se o kompletní popis se všemi principy a možnostmi, které dnešní směry v technologii výroby cukru přináší.

Ve čtvrté a zároveň závěrečné části práce jsem zúročila své poznatky a zkušenosti z let 1988/1989, kdy jsem postupně prošla celým provozem včetně surovárenské laboratoře Rüpro a rafinérské laboratoře, což mi umožnilo objektivní pohled při srovnání změn v cukrovarnické technologii v průběhu posledních 22 let.

Po roce 1989 nastal velký zlom, kdy došlo ke změnám v hospodářství ČR. V rámci snížení provozních nákladů a zvýšení kvality konečného výrobku došlo k modernizaci cukrovarnictví. Lidská práce byla z části nahrazena počítačovými systémy, které podrobně a přesně zaznamenávají a sledují celý výrobní proces. Kvalita cukru je podložena řadou úprav v technologii s cílem splnit zákazníkovi

požadavky na kvalitu a cenu. Úcta k přírodě a životnímu prostředí ovlivňuje jednání a rozhodování. Produkty jsou přírodního původu, vyvinuté a vyrobené na základě moderních ekologických poznatků, biologicky odbouratelné a ekologicky nezávadné. Vysoké certifikované výrobní standardy zaručují bezpečnost produktů. Zvláštní důraz je kladen na neustálé zvyšování hygienických a jakostních standardů pro potraviny.

Hlavním přínosem mé bakalářské práce je uvedení poznatků ze současnosti, které se užívají v praxi, jelikož literární zdroje o cukrovarnictví jsou mnohdy zastaralé.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HOLUB, J. *Technologie pro 3. ročník SPŠPT oboru výroba cukru a cukrovinek*. SNTL – Nakladatelství technické literatury. Praha: 1979, 234 s.
- [2] EUFIC, *Potraviny dneška 09/2001: O původu řepného cukru*. [online]. [2011-04-26]. Dostupné na WWW: <http://www.eufic.org/article/cs/artid/puvodu-repneho-cukru/>
- [3] ČÍŽ, K. *Historie a tradice výroby cukru na území České republiky*. Listy cukrovarnické a řepařské, roč. 122, č. 7-8, 2006, str. 207-211.
- [4] MZe, *Situační a výhledová zpráva cukr cukrová řepa*. Ministerstvo zemědělství. Praha: květen 2010. ISBN 978-80-7084-902-6
- [5] AGRANA, *Agrana v České republice: Závod Hrušovany nad Jevišovkou*. [online]. [2011-04-26]. Dostupné na WWW: <http://www.agrana.cz/agranainczechrepublic/zavod-hrusovany-nad-jevisovkou/>
- [6] AGRANA, *Agrana v České republice: Historie*. [online]. [2011-04-26]. Dostupné na WWW: <http://www.agrana.cz/agranainczechrepublic/historie/>
- [7] LCaŘ, *Cukrovarnická kampaň 2010 zahájena*. [online]. [2011-04-26]. Dostupné na WWW: <http://www.cukr-listy.cz/dokumenty/dokument335.html>
- [8] ŠVAHULA, V., et al.: *Kapitoly z historie českého řepářství*. Listy cukrovarnické a řepařské, roč. 120, č. 11, 2004, str. 292-293.
- [9] DIVIŠOVÁ, E., *Výroba cukru ve vztahu ke společné tržní organizaci EU*. Listy cukrovarnické a řepařské, roč. 121, č. 4, 2005, str. 118.
- [10] HAMERNÍK, F., *Rajonizace zemědělské výroby v ČSSR*. 1. vydání, SZN, Praha: 1960, 746 s.
- [11] BRETSCHNEIDER, R., *Technologie cukru*. Surovárna a rafinerie. SNTL/ALFA. Praha: 1980, 423 s.
- [12] DRAYCOTT, I., PHILIP, A., *Sugar beet*. By Blackwell Publishing Ltd. 2006, 474 s. ISBN 13:978-1-4051-1911-5

- [13] BUBNÍK, Z., *Nové směry v technologii cukru*. 2. Dopln. a rozšíř. vydání, VŠCHT, Praha: 1998, 300 s.
- [14] HRABĚ, J., BUŇKA, F., HOZA, I., *Technologie výroby potravin rostlinného původu*, pro kombinované studium. UTB ve Zlíně: 2008, 189 s. ISBN 978-80-7318-520-6
- [15] *Základy a principy technologie výroby cukru*, školení pro vybrané pracovníky MSC, a.s. cukrovar Hrušovany n. J. VUC Praha: květen 2010, 25s.
- [16] KADLEC, P. a kol.: *Technologie potravin I*, 1. vydání, VŠCHT Praha, 2002, 303 s. ISBN 80-7080-509-9 (brož.)
- [17] HOLUB, J. *Technologie pro 4. ročník SPŠ potravinářské technologie oboru výroba cukru a cukrovinek*. SNTL – Nakladatelství technické literatury. Praha: 1981, 187s.
- [18] GEBLER, J., *Zpráva o cukrovarnické kampani 2009/2010 v České republice*. Listy cukrovarnické a řepařské, roč. 126, č. 4, 2010, str. 151.
- [19] AGRANA, *Agrana naše produkty: Cukr*. [online]. [2011-04-26]. Dostupné na WWW: <http://www.agrana.cz/products/sugar/>
- [20] LÖSSL, J., *Výroba biocukru v hrušovanském cukrovaru*. Listy cukrovarnické a řepařské, roč. 126, č. 1, 2010, s. 34
- [21] KADLEC, P., *Potravinářské technologie a biotechnologie: část Technologie cukru*. [online]. [2011-04-28]. Dostupné na WWW: <http://www.vscht.cz/sch/www321/N321001cukr.pdf>
- [22] ANONYM: Vyhláška č. 76/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony
- [23] MZe, *Průvodce společnou organizací trhů v odvětví cukru*. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha: 2004. 55 s. ISBN 80-7084-354-3
- [24] eAGRI: *Zákon o potravinách a tabákových výrobcích č. 110/1997 Sb. v platném znění*. [online]. [2011-05-16]. Dostupné na WWW: [http://eagri.cz/public/web/mze/vyhledavani/index\\$41111.html?query=110%2F1997&segments=eagri](http://eagri.cz/public/web/mze/vyhledavani/index$41111.html?query=110%2F1997&segments=eagri).

- [25] VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J., *Chemie potravin II.*, 3. vydání, OSSIS: Praha, 2009, 623 s. ISBN 978-80-86659-16-9
- [26] APIC – AK, *České cukrovarnictví po reformě a zpráva o cukrovarnické kampani*. [online]. [2011-05-16]. Dostupné na WWW: <http://www.apic-ak.cz/?path=m9%7Cmt217%7Cmo12198&rate=1>
- [27] ŠÁRKA, E., *Zdroje, přenos a zpracování informací v cukrovarnickém podniku*. Listy cukrovarnické a řepařské, roč. 121, č. 1, 2005, str. 25-28.
- [28] MARKETING A MÉDIA, *Korunní cukr má reklamu*. [online]. [2011-05-16]. Dostupné na WWW: <http://mam.ihned.cz/c1-41614800-korunni-cukr-ma-reklamu>
- [29] AGRANA, *Výzkum a vývoj*. [online]. [2011-05-16]. Dostupné na WWW: <http://www.agrana.cz/vyzkum-a-vyvoj/>
- [30] AGRANA, *Životní prostředí a trvalost*. [online]. [2011-05-16]. Dostupné na WWW: <http://www.agrana.cz/zivotni-prostredi-atrvalost/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

apod.	a podobně
a.s.	akciová společnost
°C	stupeň Celsia
cm	centimetr
Co.	kolektiv
č.	číslo
ČKD	Českomoravská Kolben Daněk
ČSN	Česká technická norma
ČR	Česká republika
EN	Evropská norma
ES	Evropské společenství
EU	Evropská Unie
EFSA	Evropský úřad pro potraviny
g	Gram
HACCP	Systém kritických bodů
h.	hodina
ha	hektar
hm.	hmotnost
IFS	systém pro řízení výroby a plánování
Jev.	Jevišovka
JMC	Jihomoravské cukrovarny
Kč	koruna česká
kg	kilogram

kg/m ³	kilogram na metr krychlový
kJ	kilojoule
Kp	koeficient přesycení
kPa	kilo pascal
l	litr
m	metr
m ²	metr čtvereční
m ³	metr krychlový
mg	miligram
mil.	milion
min.	minuta
MJ	megajoule
ml	mililitr
mm	milimetr
m/s	metr za sekundu
MZe	Ministerstvo zemědělství
např.	například
n. ř.	na řepu
obr.	obrázek
%	procento
P	Polarizace
r.	rok
ř.	řepa
°S	stupeň sacharizace
Sb.	Sbírka

t	tuna
tj.	to je
tis.	tisíc
tzv.	tak zvaně
resp.	respektive
°V	stupeň Venzke
α	alfa
β	beta
γ	gama
μ	mikro
C	Uhlík
H ₂	vodík
O ₂	kyslík
CO	oxid uhelnatý
CO ₂	oxid uhličitý
CaO	oxid vápenatý
CaCO ₃	uhličitan vápenatý
Ca(OH) ₂	hydroxid vápenatý
Ca(HCO ₃) ₂	hydrogenuhličitan vápenatý
Ca ₃ (PO ₄) ₂	fosforečnan vápenatý
CaSO ₄	síran vápenatý
Cl ⁻	chlor
C ₂ H ₅ OH	ethanol
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	sacharóza
Fe(OH) ³	hydroxid železitý

H_2CO_3	kyselina uhličitá
H_2PO_3	kyselina fosforečná
H_2SO_4	kyselina sírová
K^+	draslík
KCl	chlorid draselný
KOH	hydroxid draselný
K_2O	oxid draselný
KHCO_3	hydrogenuhličitan draselný
K_2CO_3	uhličitan draselný
Na^+	sodík
NaCl	chlorid sodný
Na_2O	oxid sodný
MgO	oxid hořčnatý
MgCO_3	uhličitan hořečnatý
P_2O_5	oxid fosforečný
SiO_2	oxid křemičitý

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Morfologická charakteristika [11] **Chyba! Záložka není definována.**

Obr. 2. Rozložení sacharózy [11]..... **Chyba! Záložka není definována.**

Obr. 3. Řepné klubíčko [11]..... **Chyba! Záložka není definována.**

Obr. 4. Průřez řepným klubíčkem [11] **Chyba! Záložka není definována.**

Obr. 5. Sacharóza [1] **Chyba! Záložka není definována.**

Obr. 6. Vývoj některých parametrů komodity cukr, cukrová řepa v ČR [4] **Chyba! Záložka není def**

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: Schéma výroby řepného cukru

PŘÍLOHA P II: Schéma rafinace

PŘÍLOHA P III: Technologické schéma n. J. 2011

PŘÍLOHA P IV: Difuze a čerení

PŘÍLOHA P V: První saturace

PŘÍLOHA P VI: Filtrace po I. saturaci

PŘÍLOHA P VII: Druhá saturace

PŘÍLOHA P VIII: Filtrace po II. saturaci

PŘÍLOHA P IX: Filtrace LFA

PŘÍLOHA P X: Odparka 1

PŘÍLOHA P XI: Odparka 2

PŘÍLOHA P XII: Odstředivky – produkt B

PŘÍLOHA P XIII: Varostroje – produkt A

PŘÍLOHA P XIV: Varostroje – produkt B

PŘÍLOHA P XV: Varostroje – produkt C

PŘÍLOHA P XVI: Odstředivky – produkt A

PŘÍLOHA P XVII: Odstředivky – produkt C

PŘÍLOHA P XVIII: Sušárna

PŘÍLOHA P XIX: Pitná a chladicí voda

PŘÍLOHA P XX: Plavící okruh a Dörry

PŘÍLOHA P XXI: Barometrická kondenzace

PŘÍLOHA P XXII: Kondenzační nádrž

PŘÍLOHA P XX: Plavící okruh a Dörry

PŘÍLOHA P XXI: Barometrická kondenzace

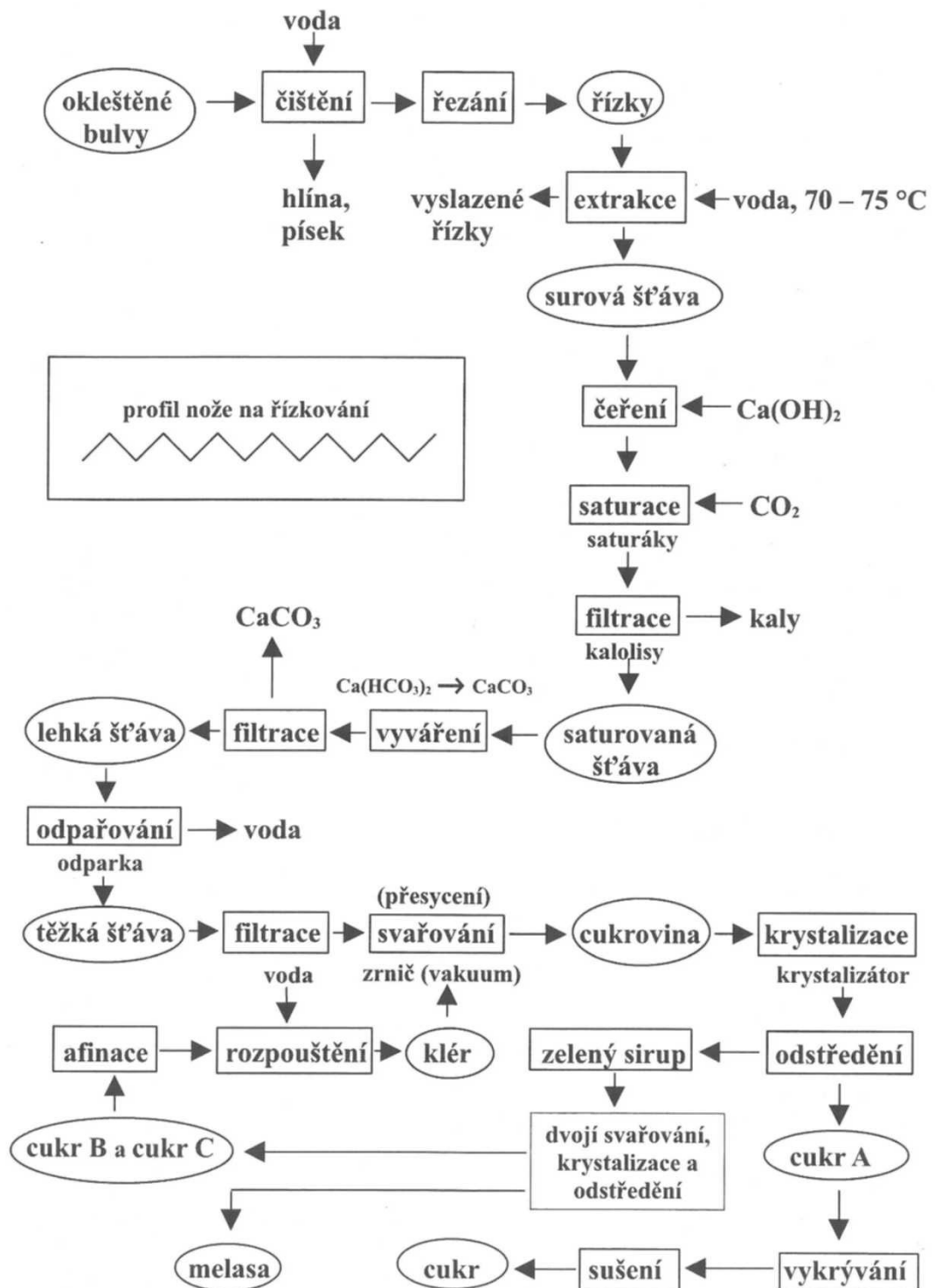
PŘÍLOHA P XXII: Kondenzační nádrž

PŘÍLOHA I: SCHÉMA VÝROBY ŘEPNÉHO CUKRU

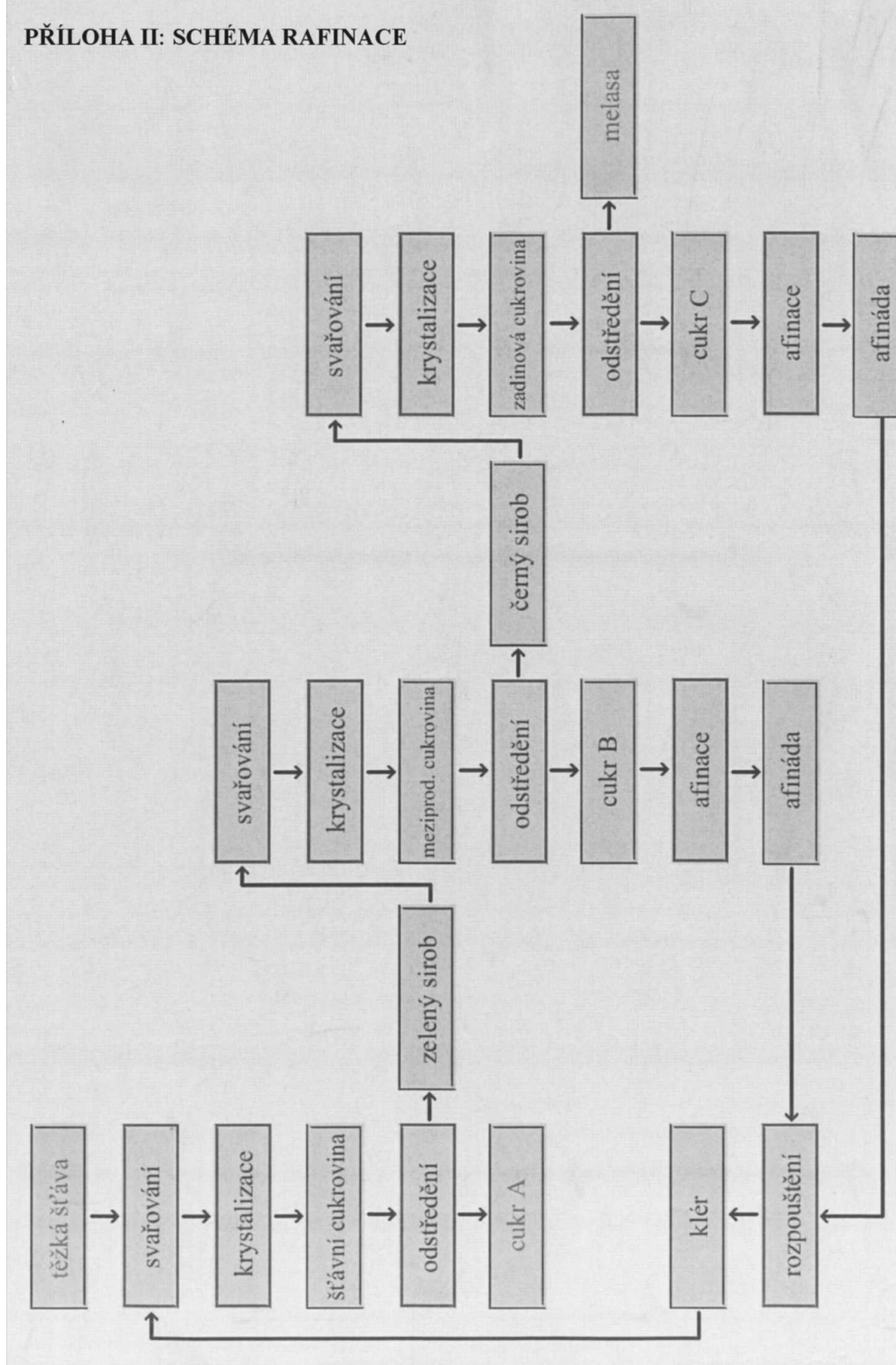
VÝROBA ŘEPNÉHO CUKRU

Princip: izolace sacharosy

Surovina: řepa cukrovka

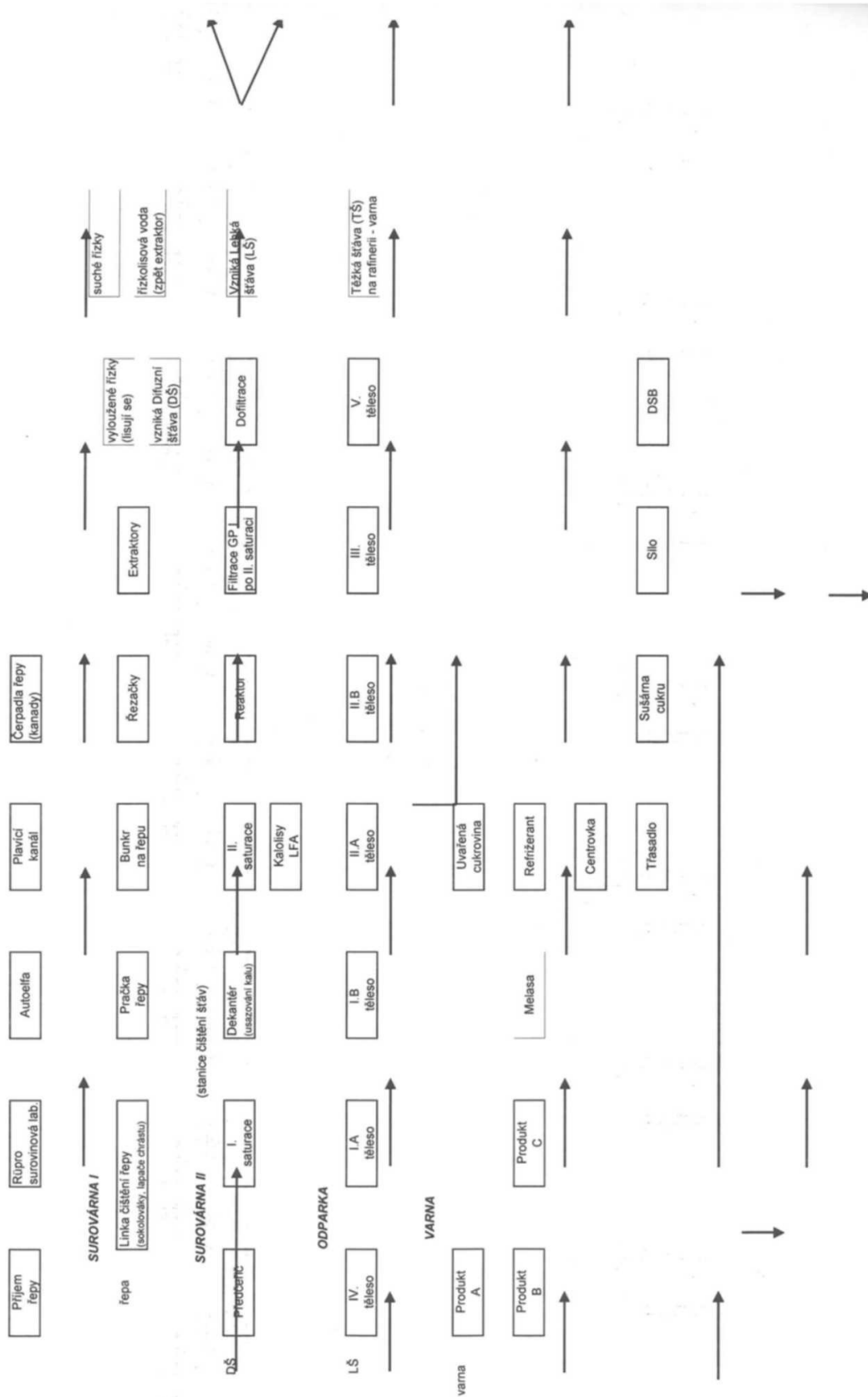


PŘÍLOHA II: SCHÉMA RAFINACE

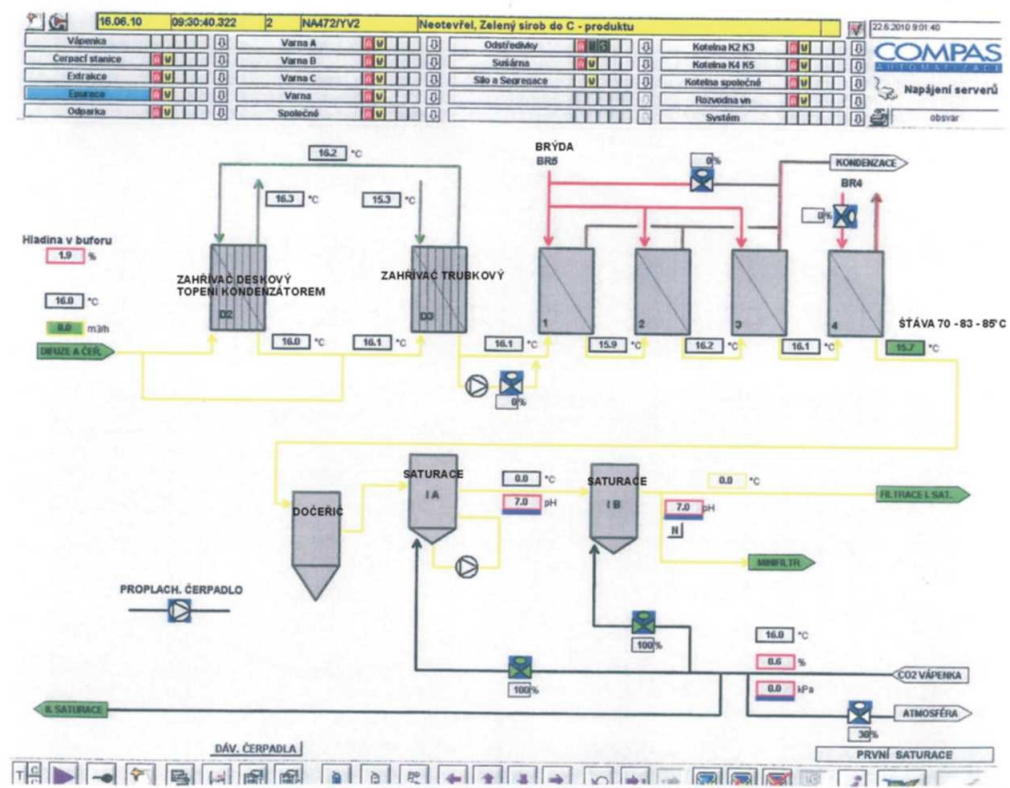
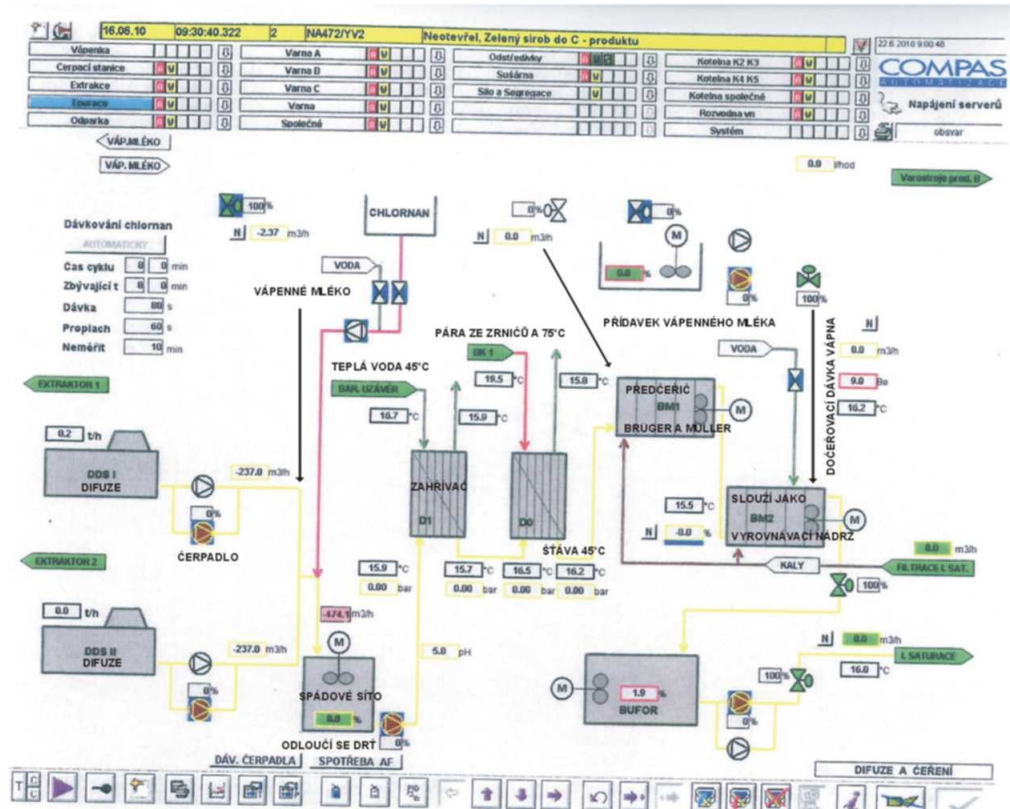


PŘÍLOHA III: TECHNOLOGICKÉ SCHÉMA HRUŠOVANY N.J. 2011

TECHNOLOGICKÉ SCHÉMA

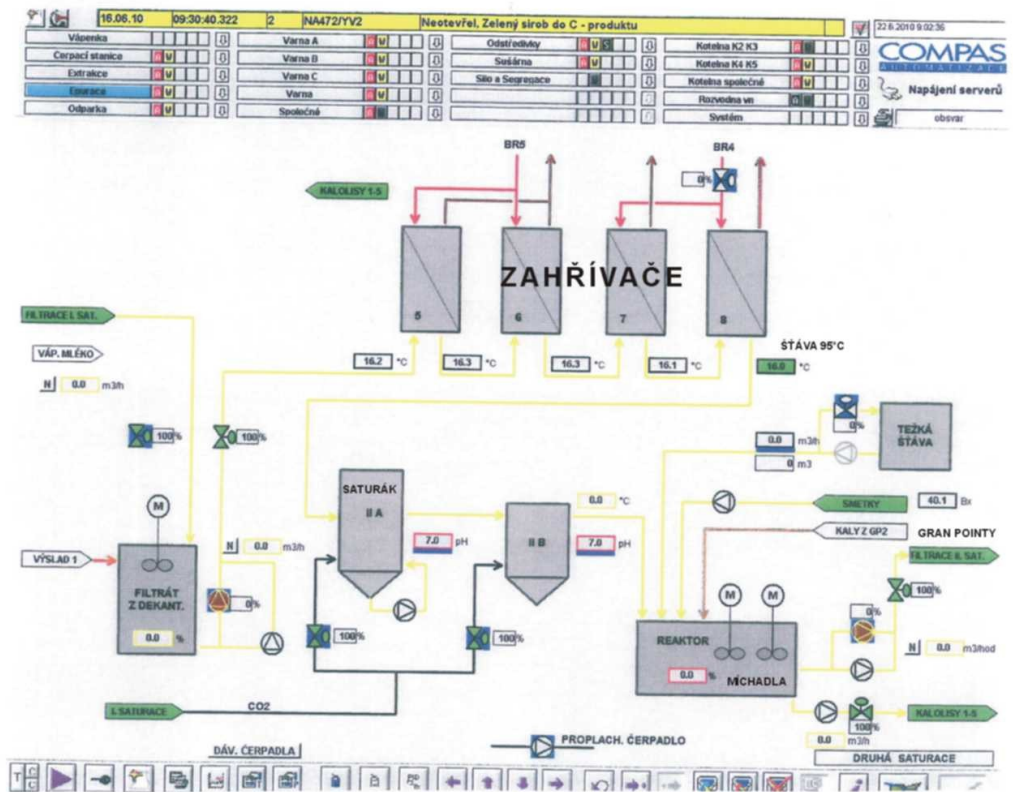
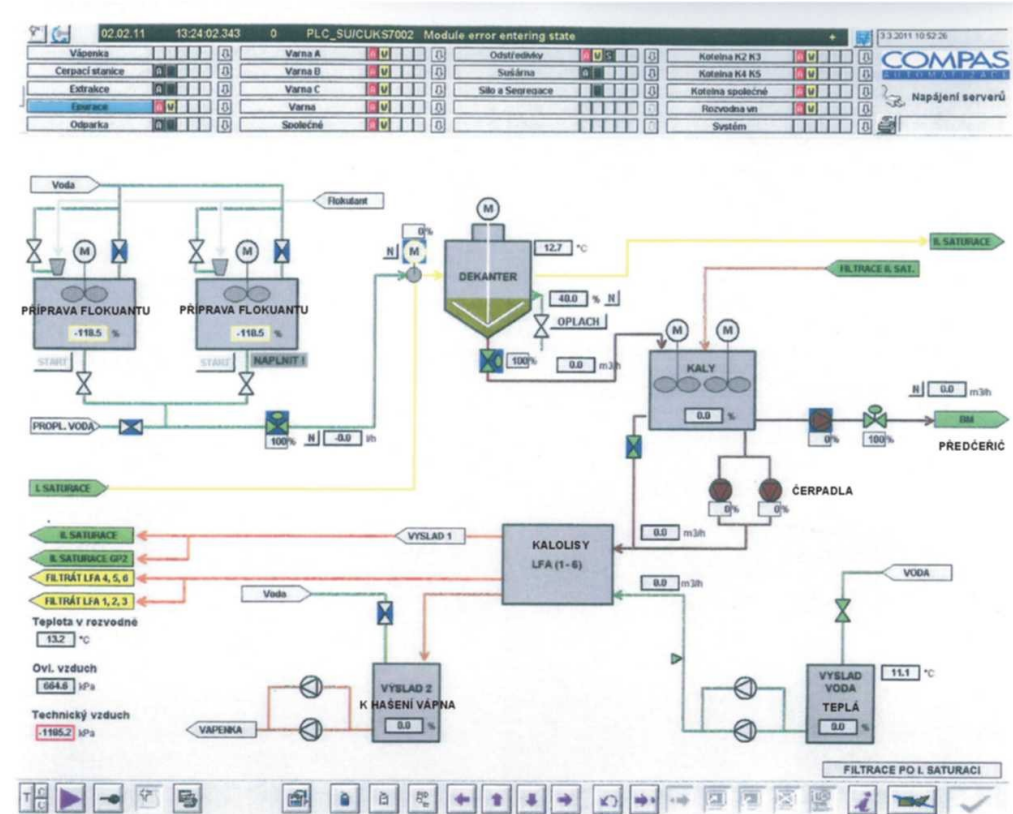


PŘÍLOHA IV: DIFUZE A ČERENÍ



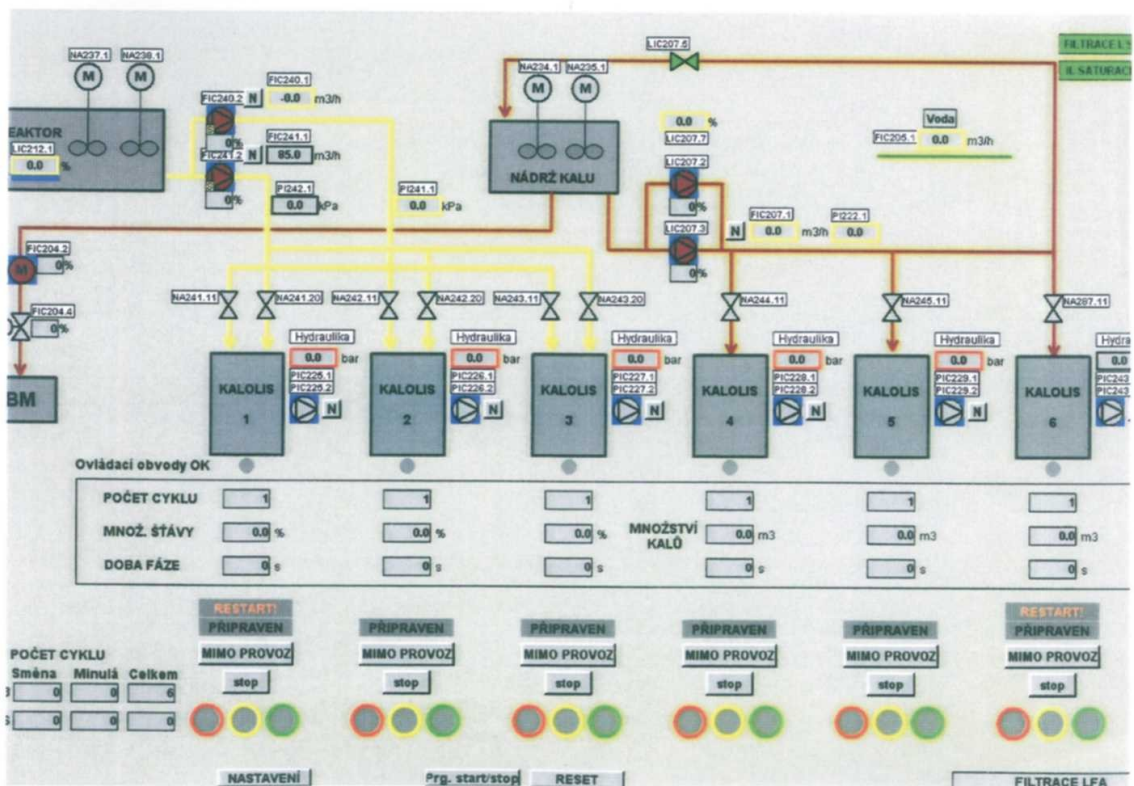
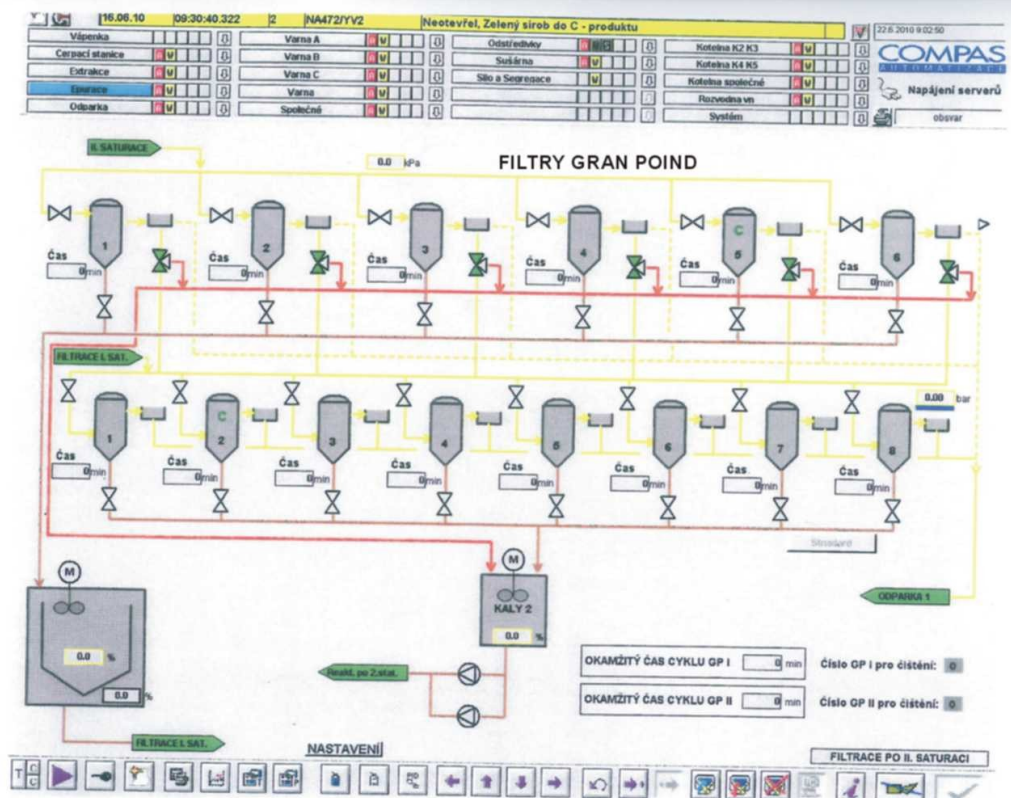
PŘÍLOHA V: PRVNÍ SATURACE

PŘÍLOHA VI: FILTRACE PO I. SATURACI



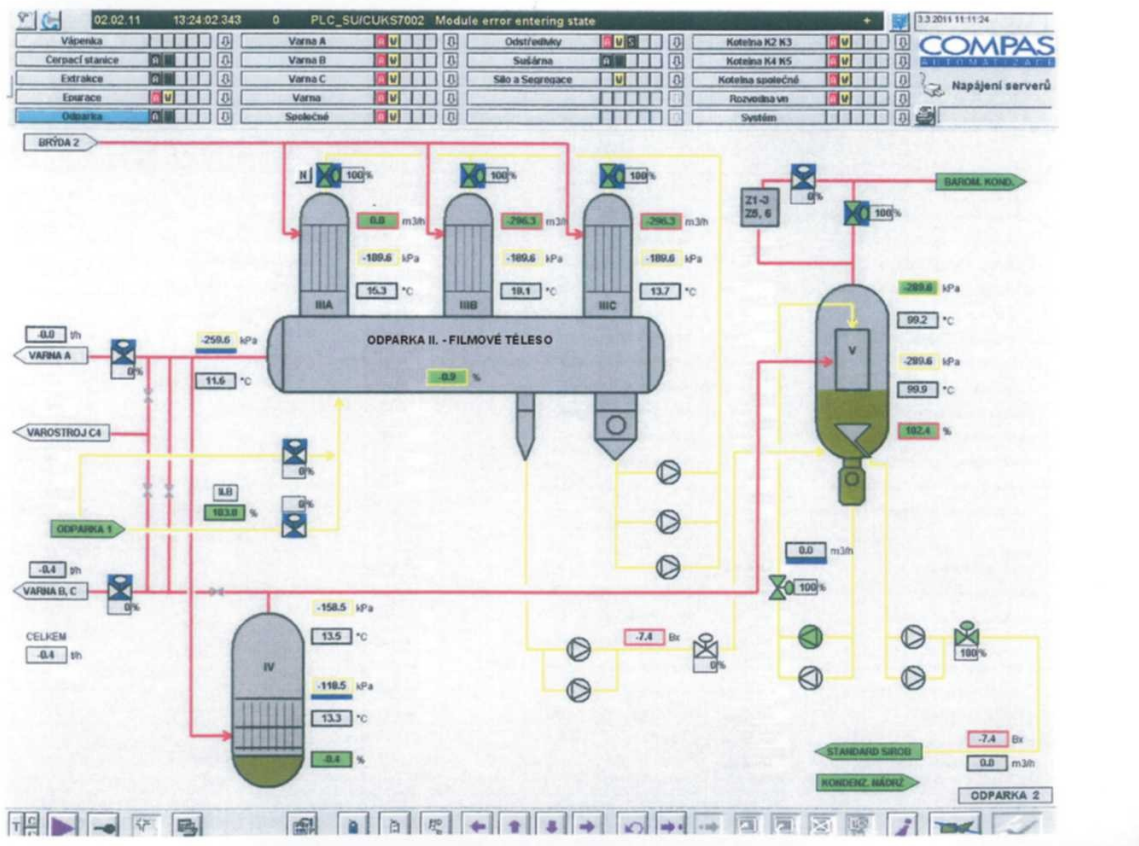
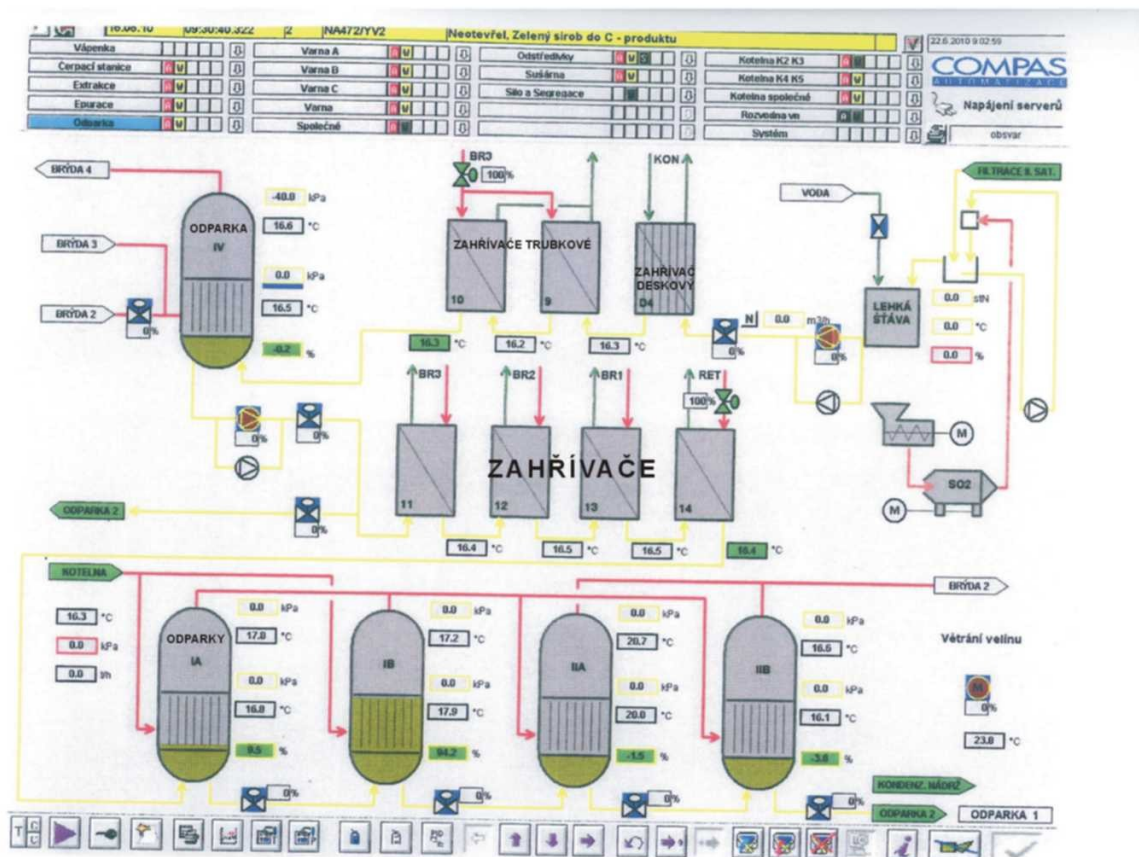
PŘÍLOHA VII: DRUHÁ SATURACE

PŘÍLOHA VIII: FILTRACE PO II. SATURACI



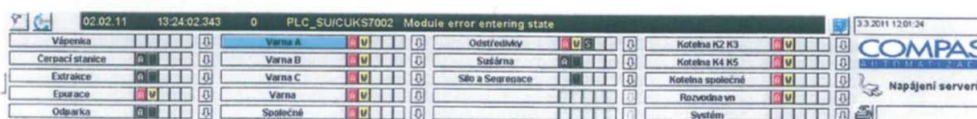
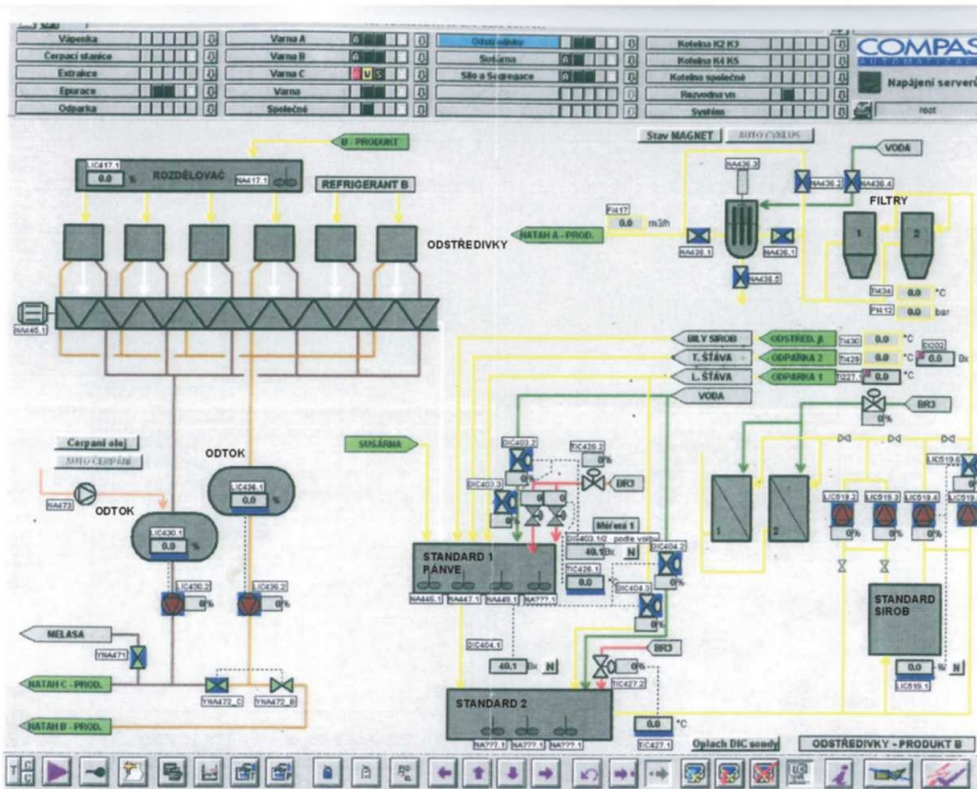
PŘÍLOHA IX: FILTRACE LFA

PŘÍLOHA X: ODPARKA 1

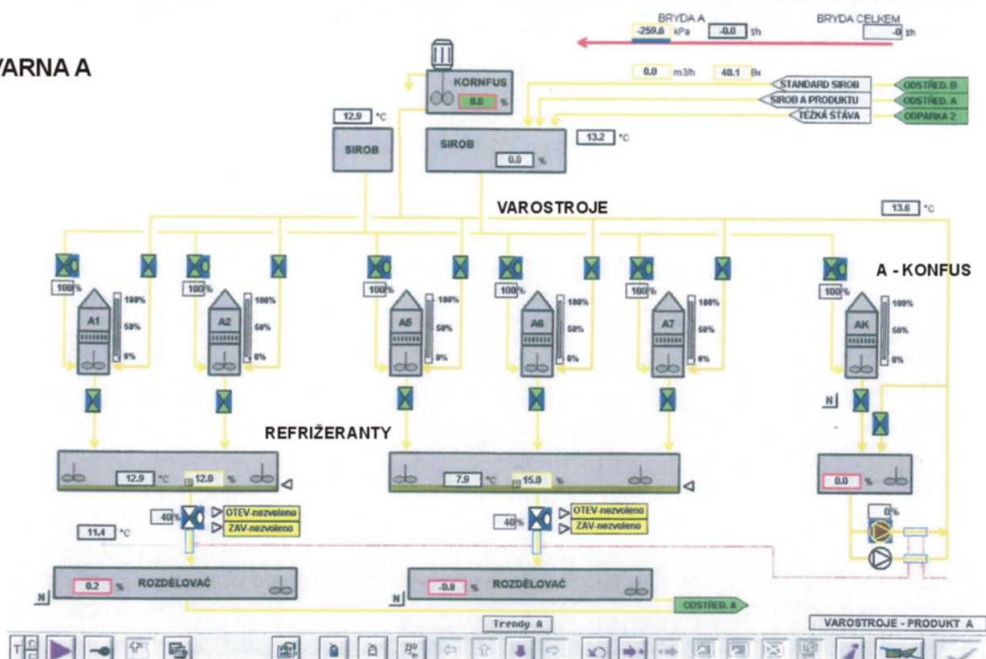


PŘÍLOHA XI: ODPARKA 2

PŘÍLOHA XII: Odstředivky - Produkt B

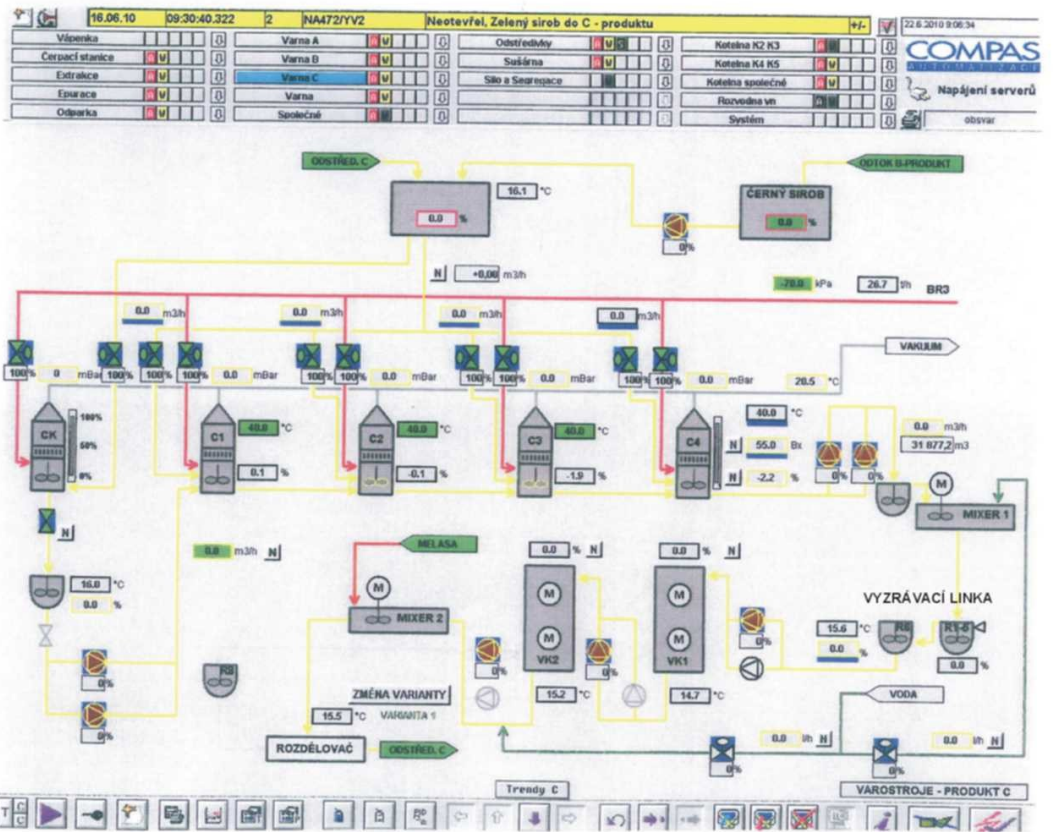
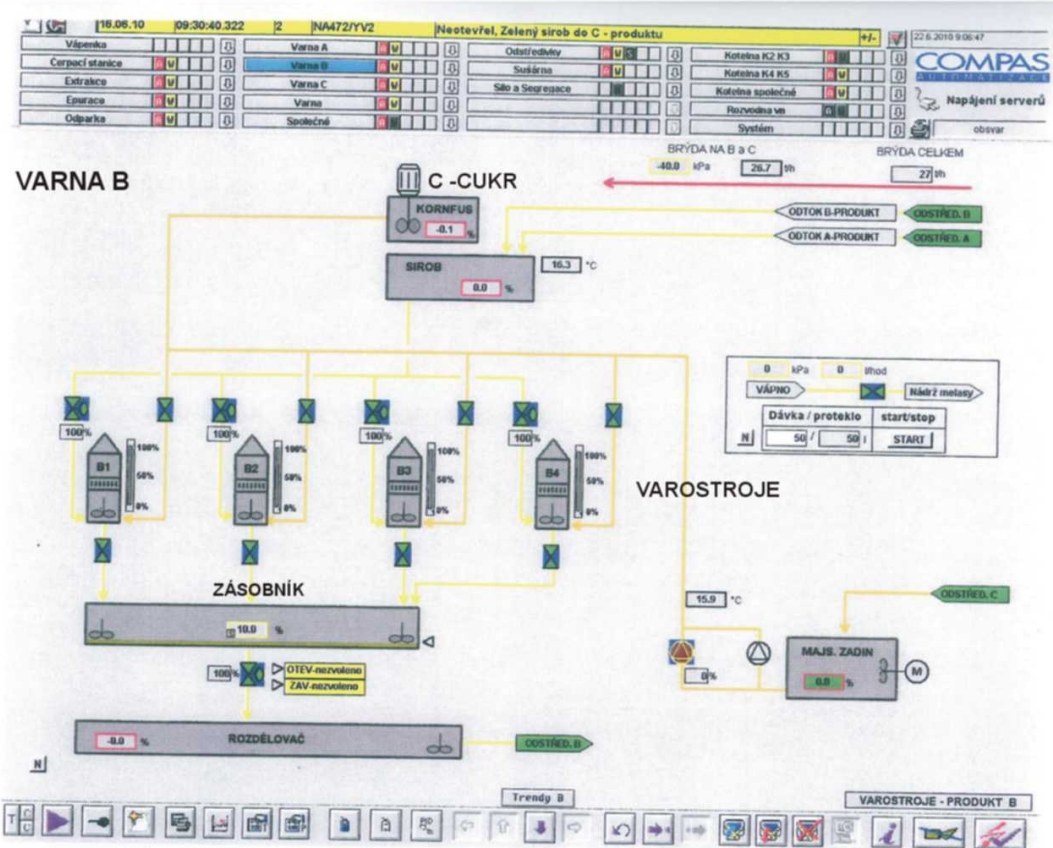


VARNA A



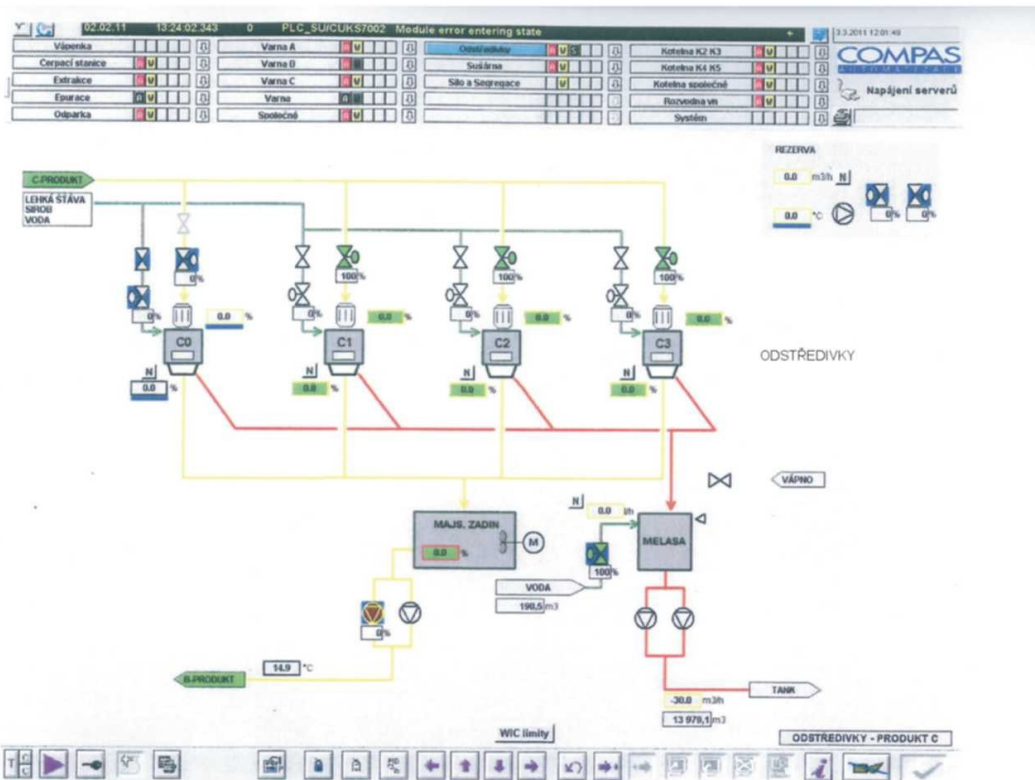
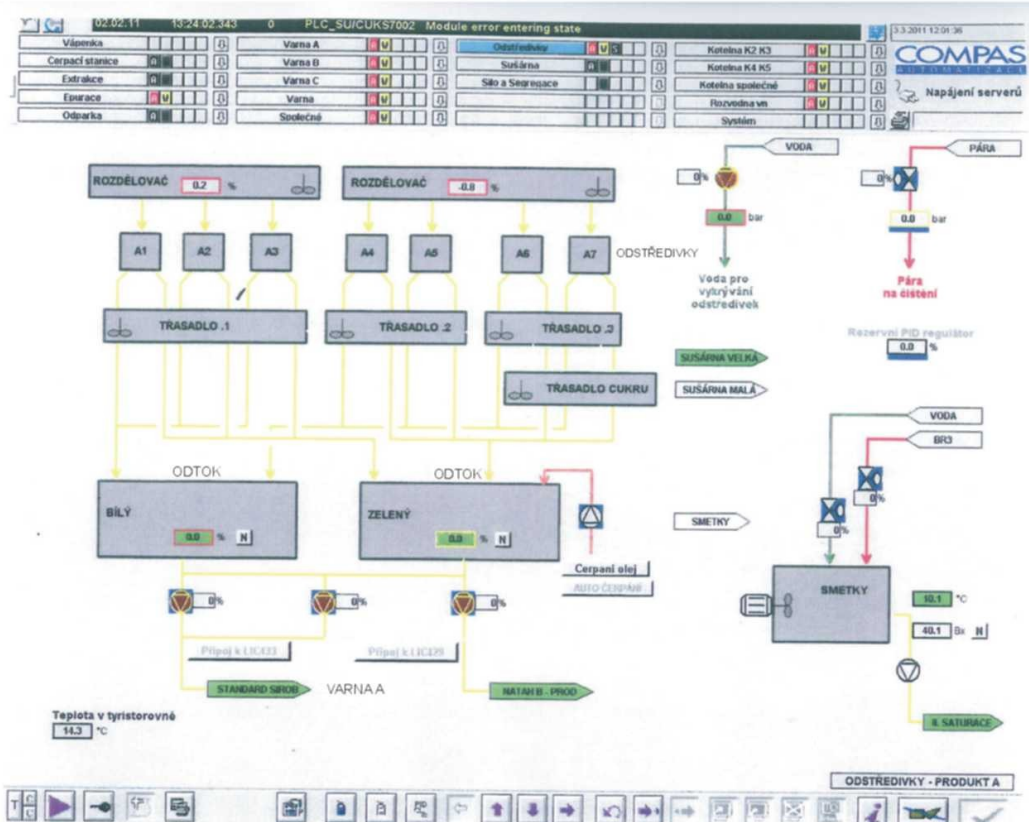
PŘÍLOHA XIII: Varostroje - Produkt A

PŘÍLOHA XIV: VAROSTROJE - PRODUKT B



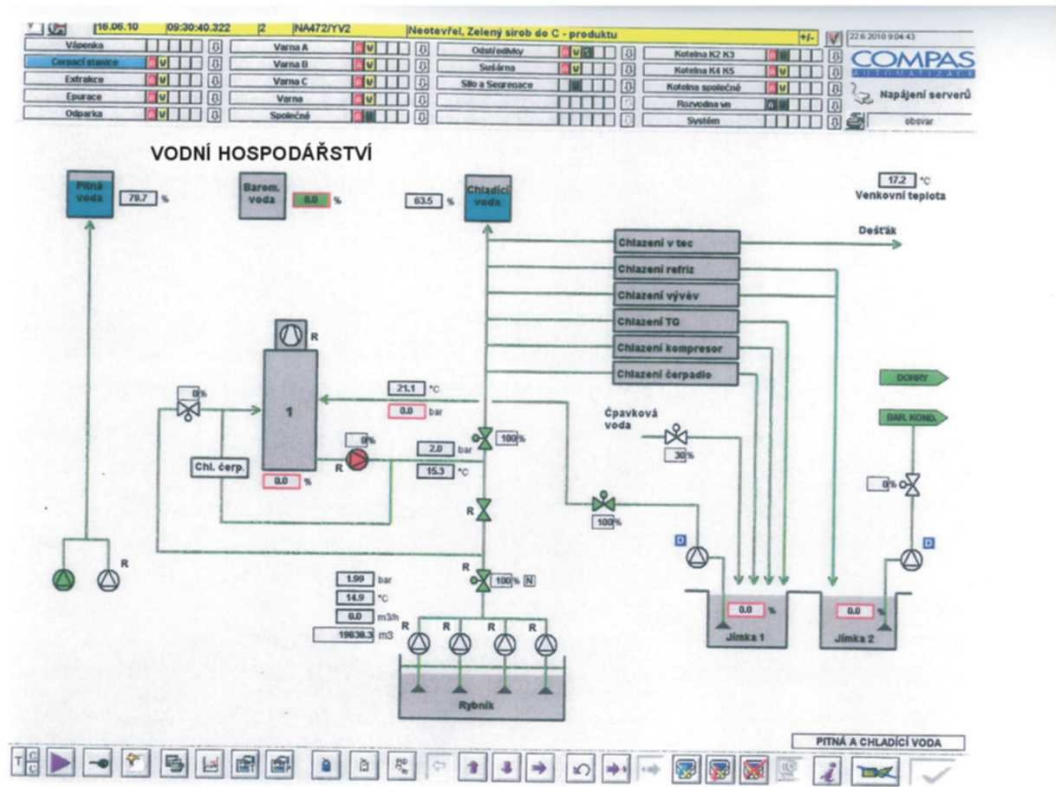
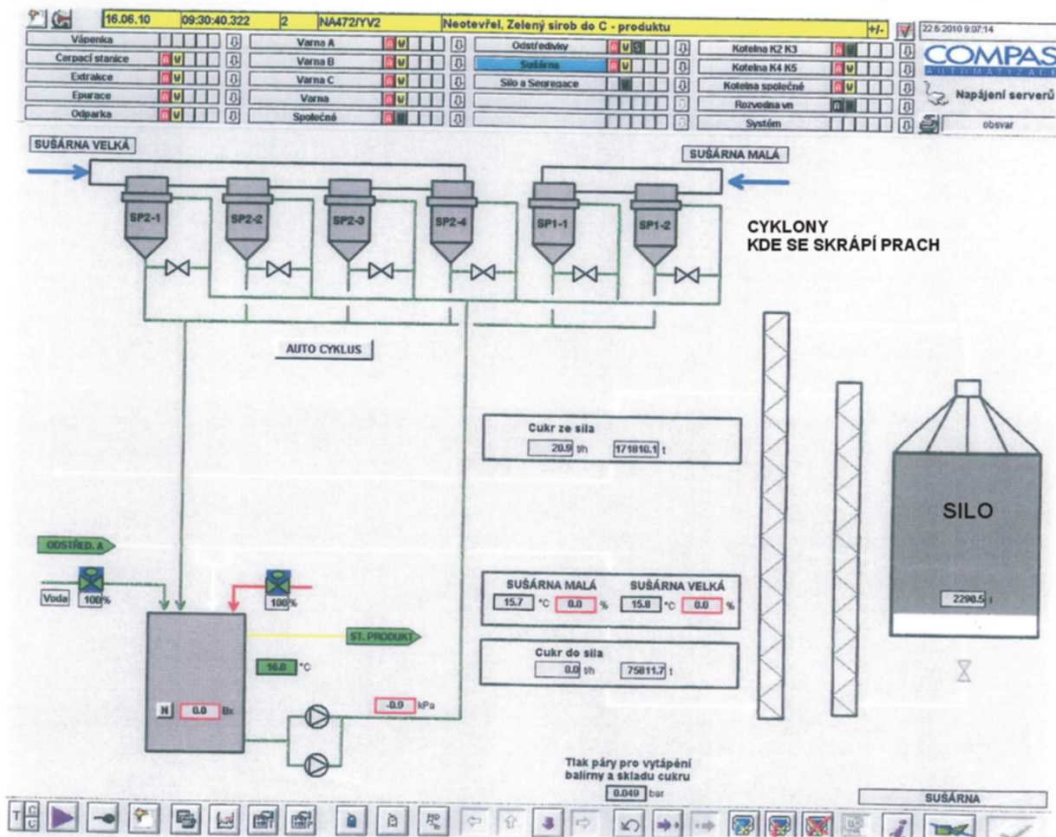
PŘÍLOHA XV: VAROSTROJE - PRODUKT C

PŘÍLOHA XVI: ODSŤŘEDIVKY - PRODUKT A



PŘÍLOHA XVII: ODSŤŘEDIVKY - PRODUKT C

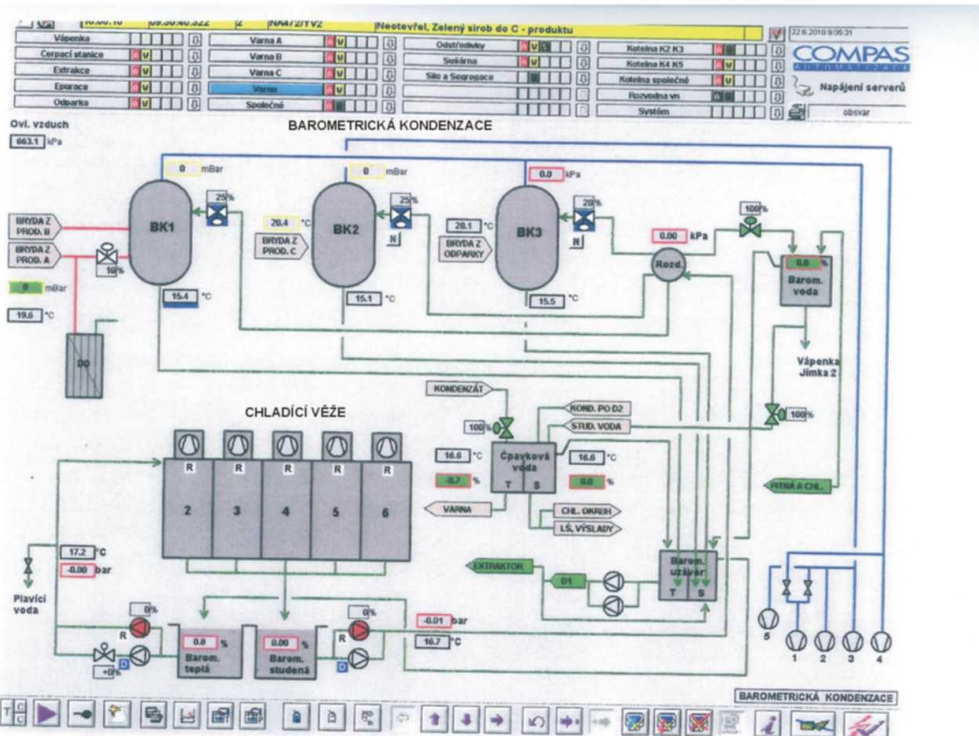
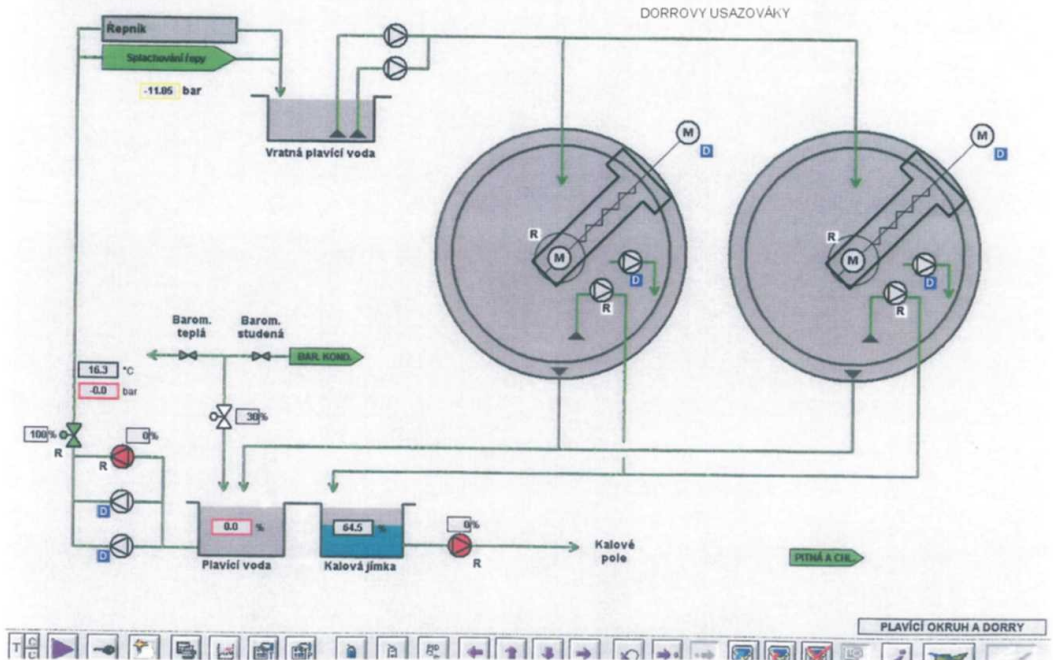
PŘÍLOHA XVIII: SUŠÁRNA



PŘÍLOHA XIX: PITNÁ A CHLADÍČÍ VODA

PŘÍLOHA XX: PLAVÍCÍ OKRUH A DORRY

16.06.10 09:30:40 322 2 NA472/YV2 Neotevřel, Zelený sirob do C - produktu		22.6.2010 9:05:08					
Vápenka	<input type="checkbox"/>	Varna A	<input checked="" type="checkbox"/>	Odstředivky	<input checked="" type="checkbox"/>	Kotelna K2 K3	<input checked="" type="checkbox"/>
Cerpační stanice	<input checked="" type="checkbox"/>	Varna B	<input checked="" type="checkbox"/>	Sošárna	<input checked="" type="checkbox"/>	Kotelna K4 K5	<input checked="" type="checkbox"/>
Extrakce	<input checked="" type="checkbox"/>	Varna C	<input checked="" type="checkbox"/>	Síto a Sotraspice	<input checked="" type="checkbox"/>	Kotelna společná	<input checked="" type="checkbox"/>
Epurace	<input checked="" type="checkbox"/>	Varna	<input checked="" type="checkbox"/>	Rozvedná van	<input checked="" type="checkbox"/>	Rozvedná van	<input checked="" type="checkbox"/>
Odparka	<input checked="" type="checkbox"/>	Společná	<input checked="" type="checkbox"/>	Systém	<input type="checkbox"/>	Systém	<input type="checkbox"/>



PŘÍLOHA XXI: BAROMETRICKÁ KONDENZACE

PŘÍLOHA XXII: KONDENZAČNÍ NÁDRŽ

16.06.10 09:30:40.322 2 NA472/YV2		Neotevřel, Zelený sirob do C - produktu		22.6.2010 9:03:24	
Vápenka	<input type="checkbox"/>	Varna A	<input checked="" type="checkbox"/>	Odstředivky	<input checked="" type="checkbox"/>
Cerpecí stanice	<input checked="" type="checkbox"/>	Varna B	<input checked="" type="checkbox"/>	Střírání	<input checked="" type="checkbox"/>
Extrakce	<input checked="" type="checkbox"/>	Varna C	<input checked="" type="checkbox"/>	Silo a Segregace	<input checked="" type="checkbox"/>
Eparace	<input checked="" type="checkbox"/>	Varna	<input checked="" type="checkbox"/>	Kotelna K2 K3	<input checked="" type="checkbox"/>
Očisťovna	<input checked="" type="checkbox"/>	Společná	<input checked="" type="checkbox"/>	Kotelna K4 K5	<input checked="" type="checkbox"/>
				Kotelna společná	<input checked="" type="checkbox"/>
				Rozvodna vst	<input checked="" type="checkbox"/>
				System	<input checked="" type="checkbox"/>

