**Przetwarzanie buraków cukrowych**

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Surowiec podstawowy i materiały pomocnicze w przemyśle cukrowniczym

4.1.1. Materiał nauczania

Wiadomości ogólne o przemyśle cukrowniczym

Cukrownictwo jest to dział przemysłu spożywczego, zajmujący się wytwarzaniem cukru – sacharozy w skali przemysłowej, z trzciny cukrowej lub buraków cukrowych. W warunkach krajowych jedynym surowcem, z którego otrzymuje się sacharozę, są buraki cukrowe. Produkcja cukru odbywa się w zakładach, zwanych cukrowniami, pracujących w cyklu kampanijnym, zwykle w okresie październik – styczeń i trwa 70÷90 dni. Podstawowym celem produkcji cukrowni jest zaopatrzenie ludności w cukier, będący składnikiem wielu produktów spożywczych m.in. pieczywa, ciast, napojów słodzonych, przetworów owocowych, cukierków. Od 1990 roku spożycie cukru znacznie się zmniejszyło. Według lekarzy i żywieniowców produkty takie, jak chleb, przetwory zbożowe i cukier, powinny pokrywać 50% zapotrzebowania człowieka, a w tym cukier do 5% zapotrzebowania. Spożywanie nadmiernych ilości cukru negatywnie wpływa na organizm człowieka. Na zaopatrzenie ludności i przemysłu wystarcza w Polsce ok. 1500000 ton cukru. Pozostałą nadwyżkę wyprodukowanego cukru przeznacza się na eksport. Roczna światowa produkcja cukru jest zwykle wyższa od światowego spożycia, co powoduje powstawanie zapasów cukru w różnych krajach, trudności w sprzedaniu nadmiaru cukru i uzyskaniu opłacalnych cen. Konkurencja na rynkach cukru jest duża, a tradycyjne rynki wschodnioeuropejskie zmniejszyły zakup cukru do niewielkich ilości. Plony buraków cukrowych i zawartość cukru w burakach zależą bardzo od pogody, ilości opadów oraz temperatury w miesiącach rośnięcia i dojrzewania buraków, co powoduje duże wahania produkcji rocznej. Istnieje więc potrzeba magazynowania krajowej rezerwy cukru. Koszty produkcji są tym niższe, im lepiej cukrownie wykorzystują swoje zdolności produkcyjne oraz im więcej cukru zawiera surowiec. Buraki są surowcem roślinnym i nie mogą być za długo przetrzymywane na polu ani za długo składowane, gdyż ich jakość technologiczna szybko się pogarsza, a zawartość cukru i wydajność w procentach na masę buraków zmniejszają się. Jednocześnie rośnie jednostkowy koszt produkcji cukru. Dlatego nadmierne wydłużanie kampanii przerobowej ponad 90 dni jest ekonomicznie niekorzystne. Przemysł cukrowniczy odgrywa w gospodarce narodowej ważną rolę. Uprawa buraków cukrowych, roślin o dużych wymaganiach agrotechnicznych, wpływa na intensyfikację rolnictwa, dostarczając jednocześnie cennej paszy (liście buraczane i główki buraczane oraz wysłodki). Przemysł cukrowniczy powiązany jest produkcyjnie i gospodarczo z różnymi działami gospodarki, a głównie z rolnictwem oraz przemysłem wydobywczym i maszynowym. Buraki cukrowe jako surowiec do produkcji cukru Głównym i praktycznie jedynym surowcem do produkcji cukru w Polsce są korzenie buraków cukrowych. Budowę buraka cukrowego oraz rozmieszczenie w nim cukru przedstawiono na rys. 1.

Rys. 1 Burak cukrowy [1, s. 195]: a) budowa, b) rozmieszczenie cukru w buraku 1 - liście, 2 - główka, 3 - szyjka, 4 - korzeń właściwy - burak, 5 - ogonek, 6 - korzonki Dostawy buraków do cukrowni rozpoczynają się zwykle w połowie października (początek kampanii cukrowniczej), kiedy osiągają one pełną dojrzałość i zawierają 16,5÷19% sacharozy

W późniejszym okresie zmniejsza się nieco masa korzeni i dość szybko maleje zawartość cukru, wskutek procesów oddychania. Buraki cukrowe dostarczone do cukrowni przez rolników powinny być należycie ogłowione, świeże, nie zwiędnięte, nie zamarznięte, zdrowe, o masie nie mniejszej niż 0,1 kg. Zawartość cukru w burakach po 1 października powinna wynosić powyżej 15%. Buraki nie mogą zawierać liści buraków, chwastów i innych roślin łącznie do 1% masy buraków, główek buraków nie ogłowionych do 3% masy oraz korzonków bocznych i ogonków o średnicy do 1 cm – więcej niż 1%. Dostarczone buraki nie mogą zawierać buraków innych gatunków, odłamków cegieł, żużlu i innych przedmiotów twardych. Dopuszczalna zawartość ziemi, piasku i kamieni jest corocznie ustalana w załączniku do umowy kontraktacyjnej. W praktyce korzenie zawierają od kilku do kilkunastu procent ziemi. Norma dopuszcza zawartość w dostawach buraków drobnych o masie mniejszej od 0,1 kg i tzw. pośpiechów do 1,5% oraz zawartość buraków chorych do 1%. Norma nie dopuszcza zawartości buraków porośniętych, zwiędniętych, przemrożonych i odtajanych oraz zgniłych. Średni podstawowy skład buraków cukrowych jest następujący: − woda 72÷75%, − sucha substancja 25÷28%, − cukier (sacharoza) 16,5÷19,0%, − związki białkowe 1,0 ÷1,2%, − sole mineralne (popiół) 0,7%. Głównym cukrem buraków jest sacharoza C12H22O11, dwucukier nieredukujący. Cząsteczka sacharozy zbudowana jest z glukozy i fruktozy. O wartości technologicznej buraków cukrowych decyduje przede wszystkim zawartość sacharozy, a także sposób zbioru. Przy maszynowym zbiorze buraków zwiększa się procentowy udział korzeni uszkodzonych mechanicznie, w porównaniu ze zbiorem tradycyjnym. Duży wpływ na jakość buraków ma długość okresu przechowywania. Przechowywanie powinno być jak najkrótsze, a buraki nie nadające się do przechowywania (przemarznięte, uszkodzone mechanicznie) powinny być niezwłocznie przerabiane. Przechowywanie nawet zdrowych buraków powoduje zmniejszenie w nich zawartości cukru, spowodowane oddychaniem.

C12H22O11 + 12O2 "12 CO2 + 11 H2O + 1350 kcal Podczas oddychania tlenowego wydziela się dwutlenek węgla, woda oraz ciepło. Gdy stężenie tlenu w atmosferze kopców zmniejszy się do ok. 5%, zaczynają przeważać chemiczne przemiany beztlenowe, przy których wydziela się alkohol etylowy i dwutlenek węgla zgodnie z reakcją C12H22O11 + H2 O" 4CO2 + 4C2 H5OH + 50 kcal Ciepło wydzielone przy oddychaniu buraków powoduje wzrost temperatury wewnątrz kopców o 1o C na każde utlenione 0,02% cukru nb., (skrót nb. oznacza na masę buraków) co jeszcze bardziej intensyfikuje oddychanie buraków. Drugim niekorzystnym objawem przechowywania jest zwiększenie się zawartości inwertu i kwasów organicznych w burakach oraz pogorszenie się czystości soku komórkowego. Powodem jeszcze większych strat cukrów niż oddychanie buraków jest rozwój pleśni, grzybów i bakterii powodujących gnicie buraków. Buraki na terenie cukrowni przechowuje się na utwardzonych placach, w pryzmach wysokości 3÷6 m, mających kanały wentylacyjne. Do przejściowego kilkudniowego składowania buraków przeznaczone są spławy (rys. 2). Zapełnia się je burakami przed kampanią, a następnie na bieżąco z dostaw samochodowych. Spławy są to pojemniki betonowe, zagłębione poniżej gruntu, o kształcie dostosowanym do szybkiego opróżnienia z buraków. Głębokość spławu jest zmienna, ponieważ dno spławu ma spad w kierunku ruchu buraków, a więc ku fabryce. Rys. 2 Spław buraczany (przekrój poprzeczny). [2, s. 39] 1 - kanał spławny, 2 - ściana boczna spławu, 3 - komora składowa, 4 - spłukiwacz Materiały pomocnicze W produkcji sacharozy z buraków cukrowych surowcami pomocniczymi są: − kamień wapienny – do produkcji tlenku wapnia CaO, − tlenek wapnia CaO - wapno palone, − dwutlenek węgla CO2 – gaz saturacyjny, otrzymywany z kamienia wapiennego, − tkaniny filtracyjne, − koks – do wypalania wapna, − woda (niekiedy zaliczana do materiałów pomocniczych). Kamień wapienny jest to kopalina o gęstości 1,7÷2,5 kg/dm3 , powstała ze szkieletów skorupiaków morskich. Jego podstawowym składnikiem jest węglan wapnia CaCO3, którego w kamieniu nie powinno być mniej niż 96%. Jako naturalne zanieczyszczenia kamienia traktuje się węglan magnezu MgCO3 (nie więcej niż 1,5%), krzemionkę SiO2 (nie więcej niż 1,5%), a także inne substancje. Zanieczyszczenia zawarte w kamieniu mogą utrudnić wypalanie wapna i dalsze procesy technologiczne.

Kamień jest dostarczany do cukrowni w postaci brył o granulacji 80÷200 mm. Bryły kamienia, używane do wypalania, mają najczęściej wielkość 100÷180 mm i masę 1,2÷2,0 kg, większe powodują przedłużenie czasu wypalania. W piecu wapiennym pod wpływem wysokiej temperatury węglan wapnia rozkłada się zgodnie z reakcją: CaCO3 CaO + CO2 węglan wapnia tlenek wapnia dwutlenek węgla Wysoką temperaturę uzyskuje się w wyniku spalania koksu, ładowanego do pieca (od góry) razem z kamieniem wapiennym. Wypalanie kamienia w wyższej temperaturze, np.1200o C, powoduje niekorzystne zjawiska takie jak mięknienie CaO i nadtapianie krzemionki. Zjawisko to obniża jakość gotowego CaO oraz powoduje nadmierne niszczenie pieca wapiennego. Źródłem ciepła do wypalania wapna jest koks; tlen potrzebny do spalania (jako składnik powietrza) jest doprowadzany do pieca w jego dolnej części. Kamień i koks dostarcza się w określonych proporcjach, stosunek ich mas jest utrzymywany automatycznie. Gotowe wapno palone jest wydobywane z pieca w dolnej jego części przez wibracyjne tarcze obrotowe, w kilkuminutowych odstępach. Duże piece wapienne mają objętość powyżej 100 m3 , wysokość do 30 m, a wydajność wapna palonego wynosi ok. 500 kg/ m3 na dobę. Podczas pracy pieca wapiennego tworzą się gazy spalinowe, które specjalnymi rurociągami są odprowadzane do płuczki gazowej, w której gaz się ochładza z temp. 250o C do 50÷60o C, a następnie zachodzi jego oczyszczenie. Gaz wypływający z pieca, jest zanieczyszczony dwutlenkiem siarki, siarkowodorem i substancjami smolistymi (produkty spalania) oraz pyłem popiołowym. Przepływająca przez płuczkę woda zatrzymuje znaczną część tych zanieczyszczeń. Przepływ gazu przez płuczkę zachodzi dzięki działaniu pompy ssącej. Oczyszczony i schłodzony gaz zawiera powyżej 30% dwutlenku węgla (CO2), ok. 1% tlenku węgla (CO), 65% azotu (N2) i 2% tlenu (O2). Jest on wykorzystywany jako gaz saturacyjny do tzw. węglanowania soku buraczanego. Zużycie gazu wynosi ok. 10 m3 /100 kg buraków. Sporządzanie mleka wapiennego Otrzymywanie mleka wapiennego polega na tzw. gaszeniu tlenku wapnia (CaO) wodą, zgodnie z zapisem: CaO + H2O "Ca(OH) 2 + 1160 kJ/kg CaO tlenek wapnia wodorotlenek wapnia Gaszenie wapna przeprowadza się najczęściej w temp. 80÷100o C, z wykorzystaniem gorącej wody (skroplin), przy niezbyt dużej wielkości brył wapna palonego, które niekiedy są rozdrabniane przed gaszeniem. Czas gaszenia wynosi ok. 10 min., uzyskane mleko wapienne zawiera ok. 20% CaO. Do oczyszczania mleka wapiennego (usuwania żwiru i piasku), są stosowane sita, wibracyjne lub nieruchome, a także hydrocyklony. Oczyszczone mleko wapienne musi być w ciągłym ruchu, aby uniknąć osiadania zawiesiny Ca(OH)2 w zbiorniku i rurociągach. Osiąga się to przez ciągłe mieszanie i krążenie mleka wapiennego w rurociągu. Mleko wapienne jest wykorzystywane w procesie nawapniania surowego soku buraczanego. Do surowców pomocniczych w przemyśle cukrowniczym zalicza się również wodę. Wymagania w stosunku do wody są praktycznie takie same, jak w innych branżach przemysłu spożywczego, jednak gospodarka wodna w cukrowni jest bardziej skomplikowana. temp. 900÷1000o C

Koks do wypalania wapna powinien mieć dużą wytrzymałość mechaniczną, wysoką wartość opałową (ok.30 MJ/ kg), niską zawartość popiołu (poniżej 12%), siarki nie więcej niż 1,5% oraz wody 7÷8%. Nadmierna zawartość wody w koksie obniża temperaturę pieca. Bryłki koksu powinny mieć jednakową wielkość, rzędu 7÷8 cm, ponieważ to ma wpływ na szybkość spalania koksu. Do spalania koksu potrzebny jest tlen zawarty w powietrzu. Ilość jego można obliczyć teoretycznie. W praktyce jednak stosuje się nadmiar powietrza wynoszący 1,2 w stosunku do ilości teoretycznej. Nie zużyty tlen oraz pozostałe składniki powietrza (głównie azot) przepływają przez piec, nie ulegając zmianom i wchodzą w skład gazu piecowego. Tkaniny filtracyjne. Jako przegrody filtracyjne stosuje się techniczne tkaniny ze sztucznych włókien stylonowych, elanowych i polipropylenowych. Do filtracji najlepiej nadają się tkaniny polipropylenowe, dlatego są one coraz częściej stosowane. Ponieważ tkaniny te po pewnym czasie używania zatykają się osadem, wymagają więc prania mechanicznego w gorącym, 1-procentowym roztworze kwasu chlorowodorowego (solnego). Po wypraniu ponownie wykorzystuje się je w procesie filtracji. Zasady bhp przy obsłudze pieca wapiennego i wapniarni. Przy czynnościach związanych z wypalaniem wapna i sporządzaniem mleka wapiennego mogą zaistnieć następujące wypadki przy pracy: − uszkodzenie oczu i skaleczenie skóry przez odpryski kamienia wapiennego, − podrażnienie i uszkodzenie oczu, błon śluzowych nosa oraz skóry wskutek żrącego działania wapna palonego i gaszonego, − oparzenia powodowane wysoką temperaturą odciąganego wapna, mleka wapiennego lub zewnętrznej obudowy pieca (temperatura jej wynosi w połowie wysokości pieca powyżej 100o C), − zatrucie gazem z pieca, − mechaniczne uszkodzenie ciała przez urządzenia ruchowe, choroba dróg oddechowych, zwana pylicą, powodowana przez pył kamienia wapiennego i wapna unoszący się w powietrzu. Aby uniknąć wypadków, stosuje się następujące zabezpieczenia. Robotnicy rozdrabniający kamień wapienny pracują w okularach ochronnych z nietłukącego się szkła oraz w maseczkach przeciwpyłowych. Podnośniki kamienia mają blokadę elektryczną i są obudowane siatką. Wszelkie otwory pieca, oprócz dolnego wylotu, muszą być zupełnie szczelne. Gaz piecowy zawiera trujący tlenek węgla, który nie ma zapachu. Przy oddychaniu powietrzem zawierającym ten gaz występują groźne zatrucia, aż do śmiertelnych włącznie. Zatrucia są specjalnie niebezpieczne, gdy dolna część pieca jest obudowana, gdy z jakiegoś powodu pompa gazowa jest nieczynna lub gdy stosuje się podmuch powietrza do pieca i piec pracuje przy niewielkim nadciśnieniu. Gaz piecowy jest szkodliwy dla ludzi już przy zawartości 4% CO2 w powietrzu. Natomiast tlenek węgla działa trująco już przy stężeniu 0,4 mg/dm3 po dłuższym czasie oraz przy 1 mg/dm3 już po 1 godzinie. Przy zawartości ok. 0,5% CO śmierć może nastąpić po kilkunastu sekundach. Wapno palone i gaszone działa żrąco jako silny ług. Pył wapienny unoszący się w powietrzu osiada w oczach i na błonach śluzowych nosa, gardła i płuc, wywołując stan podrażnienia, ból oczu i krwotoki z nosa. Osadzając się w skórze pył wapienny zatyka pory skóry powoduje twardnienie i pękanie naskórka. Robotnicy zatrudnieni przy wyładowaniu wapna palonego z pieca starej konstrukcji, z otwartym wylotem dolnym, powinni pracować w maseczkach wyłapujących pył wapienny, w okularach ochronnych i rękawicach brezentowych. W celu ochrony odsłoniętych części ciała wskazane jest natłuszczanie twarzy i rąk olejem roślinnym. Wapno z oczu wypłukuje się dużą ilością czystej wody bieżącej, a następnie przepłukuje się 10% roztworem cukru w wodzie destylowanej.

[14.](https://image.slidesharecdn.com/scalonedokumentyz3-161121201856/95/przetwarzanie-burakw-cukrowych-14-638.jpg?cb=1479760093)„Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego” 13 Sposób wykonania ćwiczenia Aby wykonać ćwiczenie powinieneś: 1) zapoznać się ze średnim podstawowym składem chemicznym buraka cukrowego, 2) określić czynniki wpływające na skład chemiczny buraka cukrowego, 3) wskazać składnik chemiczny decydujący o wartości technologicznej buraków cukrowych, 4) określić wpływ niecukrów na przebieg procesu technologicznego produkcji cukru, 5) zaprezentować efekt swojej pracy, 6) dokonać oceny pracy. Wyposażenie stanowiska pracy: − plansza przedstawiająca średni skład chemiczny buraka cukrowego, − literatura (1, 2, 3) Ćwiczenie 3 Spośród eksponowanych materiałów pomocniczych wykorzystywanych w przemyśle spożywczym wybierz niezbędne do produkcji cukru, określ ich rolę. Sposób wykonania ćwiczenia Aby wykonać ćwiczenie powinieneś: 1) zapoznać się z ekspozycją materiałów pomocniczych wykorzystywanych w przemyśle spożywczym, 2) rozpoznać i wybrać materiały wykorzystywane w przemyśle cukrowniczym, 3) określić rolę jaką spełniają podczas produkcji cukru, 4) zaprezentować efekt swojej pracy, 5) dokonać oceny pracy. Wyposażenie stanowiska pracy: − zestaw materiałów pomocniczych wykorzystywanych w przemyśle spożywczym, − literatura (1, 2, 3). Ćwiczenie 4 Określ wymagania dla buraków przeznaczonych do produkcji cukru. Sposób wykonania ćwiczenia Aby wykonać ćwiczenie powinieneś: 1) określić wyróżniki jakościowe dla buraków decydujące o ich przydatności do produkcji, 2) zapoznać się z treścią normy „ korzenie buraka cukrowego”, 3) zapisać wymagania dla buraków przeznaczonych do produkcji cukru, 4) zaprezentować efekt swojej pracy. Wyposażenie stanowiska pracy: − normy jakościowe „Korzenie buraka cukrowego”, − literatura (1, 2, 3).

**4.2. Zarys produkcji cukru**

4.2.1. Materiał nauczania

Schemat technologiczny produkcji cukru

Uproszczone schematy (rys. 3 i 4) przedstawiają przerób buraków cukrowych na krystaliczny cukier biały dla dwóch działów cukrowni, tj. surowni i produktowni. Oczyszczanie spławianych buraków Buraki dostarczone do cukrowni są zanieczyszczone glebą, kamieniami, liśćmi, chwastami itp. Główną masę zanieczyszczeń stanowią resztki gleby przylegającej do powierzchni buraków. W zależności od rodzaju gleby i występowania opadów podczas wykopków oraz sposobu wykopywania korzeni ilość zanieczyszczeń waha się w granicach 5÷7% nb. – gdy gleba jest sucha, 8÷10% – gdy występują opady i gleba jest mokra, a do 20% i więcej - gdy gleba jest gliniasta i mokra lub zamarznięta. Wszelkie zanieczyszczenia oddziałują niekorzystnie na pracę urządzeń fabrycznych. Piasek wyciera łożyska, zawory oraz pompy i tępi noże w krajalnicach. Kamienie tępią noże szczerbią je i krzywią. Chwasty i suche liście buraków, zatykając ostrza noży, pogarszają jakość krajanki, a nawet uniemożliwiają krajanie buraków. Zła jakość krajanki powoduje zakłócenia w ekstraktorze i zwiększa straty cukru w wysłodkach. Przy suchym rozładunku buraków jest możliwe oddzielenie części gleby. W tym celu na przenośnikach buraczanych przenoszących buraki z urządzeń rozładowczych do spławów, umieszcza się różnego rodzaju otrząsacze rolkowe lub rusztowe, przez które przesypuje się ziemia. Stopień oddzielenia jest bardzo różny; zależny od rodzaju gleby i zawartości w niej wilgoci. Na przykład gdy buraki są zanieczyszczone mokrą gliną – otrząsacze zawodzą. Na drodze przepływu wody i buraków ze spławów lub spłukiwaczy do płuczki są umieszczone urządzenia do regulacji przepływu, np. dozownik pulsacyjny (rys. 5) i do usuwania z buraków zanieczyszczeń lekkich. Rys. 5 Pulsacyjny dozownik buraków na kanale spławnym [2, s. 43] 1 - kanał spławny, 2 - nurnik, 3 - drąg, 4 - wirująca tarcza Uschłe liście buraków, chwasty, np. perz i słoma, są lżejsze od wody i wypływają na jej powierzchnię. Do usuwania tych zanieczyszczeń stosuje się łapacze łańcuchowe, które na trójkątnej ramie mają naciągnięty łańcuch z luźno zawieszonymi grabkami (rys. 6). Końce grabek zanurzają się ok. 250 mm w wodzie. Grabki wraz z łańcuchem napędowym poruszają się w kierunku przeciwnym do kierunku przepływu wody. Płynące zanieczyszczenia zahaczają o końce grabek i zostają podniesione, a w punkcie, gdzie łańcuch przechodzi w ruch zstępujący, zostają odrzucone na zewnątrz.

Nawapnianie główne soku przez 10÷12 min – 1,5÷2,0% CaO nb. 85÷90 o C, 25 min Ogrzanie soku do temp.90o C Węglanowanie Sok węglanowany I pH 11 Dekantacja i I filtracja soku węglanowanego Węglanowanie II 98o C, pH 8,6 Filtracja II Sok rzadki Gaz saturacyjny I wykorzystany Osad saturacyjny I Gaz saturacyjny II Ogrzanie soku do temp. 125o C Wyparka -zagęszczanie soku para kotłowa 40÷45% nb. sok gęsty 65÷68% Ss, Cz93÷94 Produktownia Osad saturacyjny II Woda barometryczna Gęstwa II Spławianie i mycie buraków Buraki umyte Krajalnice Krajanka buraczana 10m/100g Ekstraktor korytowy Ekstrakcja cukru z krajanki Odciąg 115÷120% nb. Sok surowy 110÷115% nb. Nawapnianie wstępne pH 11 Woda czysta lub oczyszczona Kamień wapienny Wypalanie wapna Gaz piecowy CaO + CO2 Wysłoki 10% Ss do suszenia 18÷24% Ss Woda zużyta w oczyszczalni Wapniarnia Mleko wapienne Gaz saturacyjny CO2 Gaz saturacyjny CO2 Opary I II III IV V Skropliny I II III IV V Rys. 3 Produkcja cukru - surownia [2, s. 24]

Klarówka III Ss – 65% Afinacja mączki III Mączka rafinowana III Wirówki cukrzycy III Mączka III Odciek afinacyjny Melas Cz 60% Bx 82÷83% Cz 59÷62 Sok rzadki Krystalizacja cukrzycy III w mieszadłach Warniki cukrzycy III Cukrzyca III Cz 78% Wirówki cukrzycy II Odciek cukrzycy II Warniki II Cukrzyca II Odciek I ciemny Mączka II Klarówka II Suszenie cukru Chłodzenie cukru 300 C Magazyn cukru workowego Silos cukru Pakownia cukru Sok rzadki Wirówki I cykliczne Odwirowanie cukru białego Warniki I, Krystalizacja cukru białego Cukrzyca I Ss – 93% Mieszadła cukrzycy I Syrop standard ok.65% Ss Sok gęsty 65% Ss Cz 93÷94 Mieszalnik syropów i klarówek z odciekiem I jasnym Odciek I jasnyCukier biały wilgotny Woda Rys. 4 Produkcja cukru – produktownia [2, s. 25]

Rys. 6 Łańcuchowy łapacz zanieczyszczeń lekkich [2, s.43] 1 - łańcuchy z poprzeczkami i grabkami, 2 - koła napinające, 3 - kanał spławny Innym typem jest kieszeniowy podwieszony łapacz kamieni (rys. 7). Łapacze kieszeniowe są podwieszone na rynnie za pompą buraczaną, a przed płuczką. Mają one dwie zasuwy odcinające kieszeń. Przed opróżnieniem łapacza z kamieni najpierw zamyka się zasuwę górną, a dopiero wtedy otwiera zasuwę dolną. Z łapacza wypadają kamienie i wypływa tyle wody, ile mieści się w łapaczu. Kieszeniowe łapacze kamieni są również wbudowane do płuczki buraczanej jako jej nieodłącznej części. Rys.7. Kieszeniowy podwieszony łapacz kamieni [2, s. 44] 1 - podwieszona rynna spławna, 2 - kieszeń łapacza, 3 - ruchoma przegroda, 4 - zasuwa W wielu cukrowniach stosuje się bębnowe łapacze poziome (rys. 8) wykonane z dziurkowanej blachy. Rys. 8. Bębnowy poziomy łapacz kamieni [2, s. 44] 1 - kanał spławny, 2 - bęben dziurkowany ze spiralnymi zwojami wewnątrz i na zewnątrz cylindra, 3 – koło czerpakowe wyrzutu kamieni

Woda z burakami przepływa w dolnej części bębna. Zwoje wewnętrzne zatrzymują wówczas i przesuwają wstecz kamienie. Piasek przechodzi przez otwory na pobocznicy bębna i jest przesuwany wstecz przez zwoje zewnętrzne. Od strony napływu wody na bębnie jest umocowane czołowo koło czerpakowe, które usuwa oddzielone kamienie i piasek poza łapacz. Mycie buraków w płuczce Podczas spławiania buraki ocierają się o siebie i o ścianki kanałów spławnych. Na skutek tego woda spławiakowa zmywa z nich większość przylegającej ziemi. Dalsze umycie następuje w pompach buraczanych, które podają buraki z kanału spławnego do płuczki. Zadaniem płuczki jest możliwie dokładne oddzielenie reszty ziemi i innych zanieczyszczeń. Do mycia używa się wody świeżej o temp. 15÷20o C. Buraki doprowadza się do płuczki w jednym jej końcu, a wodę myjącą w drugim, tak że buraki przesuwają się w przeciwprądzie do przepływu wody, co przyczynia się do lepszego ich umycia. Buraki w płuczce ocierają się o siebie i ruchome ramiona płuczki, ale nie osiąga się całkowitego oddzielenia gleby. Korzeń buraka ma charakterystyczną bruzdę gęsto porośniętą drobnymi korzeniami. W tych właśnie bruzdach pozostają resztki gleby. Mycie przeprowadza się w płuczkach łapowych (rys. 9), w których wał z łapami poruszającymi buraki, obraca się z prędkością 15÷20 obr./minutę. Zużycie wody w płuczkach wynosi 120÷150% masy umytych buraków. Po umyciu pozostaje ok. 0,2% zanieczyszczeń. Podczas tego zabiegu powstają niewielkie straty cukru, rzędu 0,1% masy buraków, spowodowane wypłukiwaniem cukru przez wodę z uszkodzonych powierzchni korzenia. Rys. 9 Płuczka buraków wysokowodna przeciwprądowa [2, s. 47] 1 - łapacz kamieni, 2 - napęd, 3 - ślimak odbierający buraki, 4 - wał z łapami, 5 - natrysk środka bakteriobójczego, 6 - odprowadzenie wody i zanieczyszczeń lekkich Krajanie buraków Krajanie buraków jest czynnością nieodzowną, bez której byłoby niemożliwe wydobycie soku z buraków w aparacie ekstrakcyjnym. Im cieńsza jest krajanka, tym krótsza droga dyfundowania cukru ze środka tkanki do soku opływającego krajankę oraz tym większa jest powierzchnia krajanki, która styka się z sokiem. Oba te czynniki, a więc: skrócenie drogi dyfundowania oraz powiększenie powierzchni styku, umożliwiają należyte wysłodzenie krajanki i przeprowadzenie wysładzania w praktycznie krótkim czasie, tj. 70÷80 min. Dlatego przy krajaniu korzeni dąży się, aby grubość strużek krajanki nie przekroczyła 1 mm. Uzyskuje się wtedy krajankę, której 100g ma długość 10÷15 m oraz powierzchnię ok. 0,1 m2 . Nadmierne rozdrobnienie krajanki powoduje zbijanie się masy buraczanej pod wpływem własnej masy, co utrudnia przepływ cieczy, a tym samym zwalnia proces dyfuzji.

Kształt krajanki buraczanej przedstawiono na rys. 10. Rys. 10 Kształty krajanki buraczanej [2, s. 57] 1 - krajanka prawidłowa daszkowa, 2, 3 - nieprawidłowe przekroje krajanki Buraki rozdrabnia się na krajankę w krajalnicach tarczowych (rys. 11) lub odśrodkowych. W cukrowniach polskich najczęściej stosuje się krajalnice tarczowe, których najważniejszą częścią jest tarcza z prostokątnymi otworami, wykonująca 60÷70 obr./minutę. W otworach tarczy są założone od góry ramki z nożami. Rys. 11 Krajalnica tarczowa podwieszona [2, s. 55] 1 - obudowa krajalnicy, 2 - osłona napędu, 3 - napęd, 4 - szpilki podtrzymujące buraki podczas wymiany noży, 5 - zsyp krajanki, 6 - ramki nożowe, 7 - tarcza krajalnicy, 8 - ułożyskowanie wału. Otrzymywanie soku dyfuzyjnego Otrzymywanie soku dyfuzyjnego polega na ekstrakcji (wydobyciu) cukru z krajanki buraczanej w procesie dyfuzji, czyli wyrównywania stężenia cukru między sokiem komórkowym buraków a wodą, a następnie sokiem wysładzającym (woda i wyekstrahowany cukier). W cukrownictwie ekstrakcję prowadzi się z użyciem wody podgrzanej do temperatury 75÷80o C. Podwyższona temperatura narusza ściany komórkowe tkanki buraczanej i ułatwia wydobycie sacharozy. W procesie ekstrakcji zastosowany jest przeciwprąd wody i krajanki. W ten sposób woda, a następnie sok wysładzający, stykają się z krajanką o wyższym stężeniu cukru. Ilość soku przepływającego przez ekstraktor ciągły musi być dostatecznie duża, aby zachować wystarczającą różnicę stężeń między krajanką, a przepływającym sokiem. Obecnie w kraju pracują wyłącznie ekstraktory ciągłe, zapewniające lepsze warunki ekstrakcji i mniejsze straty cukru. Schemat ciągłego ekstraktora korytowego przedstawiono na rys. 12. Koryto ekstrakcyjne jest ustawione pod kątem 8o . Zasilanie koryta krajanką odbywa się w dolnej części, gdzie także odbiera się sok surowy. W wyższej części koryta dopływa woda oraz są usuwane wysłodki. Ruch krajanki w korycie o długości ponad 20 m odbywa się dzięki mieszadłom (przenośnikom ślimakowym), przesuwającym krajankę ku górze. Koryto jest ogrzewane oparami z wyparek próżniowych.

Przy wprowadzeniu do ekstraktora korytowego 100 kg krajanki o zawartości cukru 16%, uzyskuje się 115 kg soku ekstrakcyjnego o zawartości 13,5% cukru, 85 kg wysłodków o zawartości 6,5% suchej substancji i 0,35% cukru. Rys. 12 Ciągły ekstraktor korytowy DC: a) przekrój podłużny, b) widok z góry [2, s. 73] 1 - krajalnica, 2 - przenośnik taśmowy krajanki, 3 - waga krajanki, 4 - ekstraktor korytowy, 5 - koło usuwające wysłodki, 6 - wysłodki, 7 - odwółkniacz wody wysłodkowej, 8 - pompa wody wysłodkowej, 9 - ogrzewacz wody wysłodkowej, 10 - zbiornik wody świeżej, 11 - pompa wody świeżej, 12 - pompa soku surowego, 13 - komory grzejne, 14 - otwory obserwacyjne, 15 - lej zasypowy krajanki, 16 - pomost obsługi Sok surowy (dyfuzyjny) jest płynem mętnym, nieprzezroczystym, o barwie szarej do ciemnobrunatnej. Szybko ciemnieje w zetknięciu z powietrzem. Stężenie soku surowego wynosi 14÷16% Ss (skrót Ss oznacza suchą substancją). Oprócz sacharozy, sok zawiera substancje rozpuszczalne w wodzie (kwasy, sole, inne cukry), substancje koloidowe (pektyny, białka, saponiny), barwniki oraz zawiesinę drobnej miazgi buraczanej. Nawapnianie wstępne soku surowego Ze względu na dużą zawartość niecukrów w soku surowym – wykrystalizowanie bezpośrednie z niego cukru jest utrudnione. Sok surowy jest lekko kwaśny i wymaga zalkalizowania, gdyż przy jego ogrzaniu do temp. 50o C wystąpiłaby inwersja cukru zgodnie z reakcją: sacharoza " glukoza + fruktoza Sok surowy zawiera zawiesinę miazgi, a po ogrzaniu wypada z soku zawiesina skoagulowanych białek. Oddzielenie tych zawiesin przez bezpośrednie odfiltrowanie jest trudne i niezupełne. Sok zanieczyszczony jest silnie zabarwiony na kolor żółtobrązowy. Barwa ta przechodzi do kryształów, które zabarwiają się na żółto. Wreszcie duża zawartość niecukrów w soku jest powodem dużej wydajności melasu. Właściwości soku można poprawić przez odpowiednie oczyszczenie chemiczne, polegające na usunięciu z soku surowego całej ilości miazgi i części niecukrów koloidowych. Wapno dodane do soku powoduje wydzielenie części niecukrów w postaci zawiesiny. Zjawisko to nosi nazwę defekacji wstępnej lub nawapniania wstępnego. Przy oczyszczaniu soku stosuje się nawapnianie wstępne i główne. Wstępna dawka wapna wynosi 0,25÷0,30% CaO nb., w wyniku czego pH soku wzrasta do ok. 11.

Nawapnianie wstępne ma na celu: − wydzielenie z soku niecukrów, tworzących z wapnem nierozpuszczalne osady, − stworzenie warunków, w których niecukry koloidowe wypadają z roztworu w postaci kłaczkowatego lub galaretowatego osadu tzw. koagulatu, − alkalizowanie soku surowego, aby powstrzymać inwersję cukru i rozwój drobnoustrojów w soku. Spośród różnych sposobów nawapniania wstępnego stopniowego (progresywnego), najbardziej rozpowszechnione jest nawapnianie chłodne w temp. ok. 50o C. Odbywa się w przeciwprądzie, w czasie ok. 25 min., za pomocą mleka wapiennego i z dodatkiem do soku surowego zawiesiny osadu węglanu wapnia na początku procesu nawapniania. Sok surowy mający po ekstrakcji 25÷30o C jest przed nawapnianiem wstępnym ogrzewany do temp. ok. 50o C. Nawapnianie wstępne prowadzi się w aparatach poziomych, podzielonych nieruchomymi przegrodami na 6÷8 komór. Przegrody mają przy dnie aparatu wycięte otwory i kończą się ok. 300 mm pod powierzchnią soku. Mieszadła umocowane na wale i górne nastawne przegrody, powodują wsteczny przepływ części soku ponad przegrodami nieruchomymi, a między przegrodami ruchomymi. Do kontroli przebiegu nawapniania wstępnego wystarcza okresowe sprawdzanie przyrostu pH soku w aparacie oraz pH soku po nawapnianiu wstępnym. Nawapnianie główne Defekację główną przeprowadza się przez dodanie mleka wapiennego (defekacja mokra). Proces prowadzi się systemem ciągłym (ciągłe dodawanie mleka wapiennego) w pionowych aparatach do nawapniania głównego (rys. 13). Przed nawapnianiem głównym sok ogrzewa się do temp. 85÷90 o C. Dodatek CaO wynosi 1,5÷2,0% w stosunku do masy buraków (pH soku wzrasta do ok. 12,5). Podczas nawapniania głównego ulegają rozkładowi inwert i amidy kwasowe oraz białka i pektyny. Rozkład inwertu i amidów jest celowy i pożyteczny, ponieważ powstające nowe niecukry są mniej szkodliwe niż niecukry ulegające rozkładowi. Czas nawapniania wstępnego nie powinien przekraczać 10÷12 min. Przedłużenie czasu trwania nawapniania głównego jest niewskazane, bo peptyzacja osadu koloidowego oraz rozkład białek i pektyn pogarszają jakość i właściwości filtracyjne soku saturacyjnego I. Rys. 13 Pionowy aparat nawapniania głównego [2, s. 115] 1 - kocioł z dnem stożkowym, 2 - wał z łopatkami, 3 - półki, 4 - pokrywa, 5 - przelew, 6 - kominek wydechowy, 7 - napęd Kontrola procesu nawapniania obejmuje sprawdzenie czasu jego trwania, temperatury soku napływającego, gęstości mleka wapiennego, zawartości wolnego wapna w mleku wapiennym oraz alkaliczności nie cedzonego soku nawapnionego.

Saturacja soku - węglanowanie I Stosowany od dawna zabieg nasycania nawapnionego soku dwutlenkiem węgla CO2 jest nazywany powszechnie saturacją. Podczas tego zabiegu wydziela się nierozpuszczalny w soku węglan wapnia CaCO3 oraz zmniejsza się alkaliczność soku. Obecnie uważa się, że poprawniejszą nazwą saturacji jest węglanowanie. Celem węglanowania I jest przeprowadzenie głównej masy wodorotlenku wapnia Ca(OH)2 w krystaliczny węglan wapnia CaCO3, adsorbujący na powierzchni niecukry (substancje inne niż sacharoza), które utrudniałyby dalsze procesy. Dwutlenek węgla wprowadzony do nawapnionego soku łączy się z wodą tworząc kwas węglowy H2CO3 i wtedy reaguje z rozpuszczonym wodorotlenkiem wapnia Ca(OH)2: CO2 + H2O " H2CO3 Ca(OH)2 + H2CO3 " CaCO3 + 2H2O + 7,75kJ/kg CaCO3 W reakcji tej powstaje nierozpuszczalny węglan wapnia, który najpierw tworzy galaretowaty osad (żel), a później, po zmniejszeniu alkaliczności soku, żel węglanu wapnia przekształca się w krystaliczny osad. Saturację przerywa się, w momencie kiedy pH soku obniży się do 11. Temperatura soku podczas saturacji powinna wynosić 80÷85o C, a czas jej utrzymania wynosi 5÷10 minut. Wprowadzony dwutlenek węgla jest dokładnie rozprowadzany w saturowanym soku. Węglanowanie I prowadzi się w sposób ciągły w przeciwpradzie soku nawapnionego i gazu saturacyjnego w aparatach w układzie dwukotłowym. Rys. 14 Węglanowanie I ciągłe dwukotłowe [2, s. 125] 1 - kotły węglanowania, 2 - bełkotki rozdzielające gaz, 3 - przelew między aparatami, 4 - obserwacyjna skrzynka przelewowa, 5 - łapacz piany Kontrola węglanowania obejmuje bieżące oznaczanie pH lub alkaliczności soku po węglanowaniu I, właściwości sedymentacyjnych i filtracyjnych osadów, składu chemicznego gazu saturacyjnego oraz stopnia wykorzystania CO2 z gazu. W sposób ciągły można mierzyć końcowe pH soku pehametrem z ciągłym przepływem soku. Filtracja I soku po węglanowaniu I Oczyszczanie soku podczas nawapniania i węglanowania I polega na wytraceniu z roztworu krystalicznego CaCO3 i niecukrów w postaci nierozpuszczalnej zawiesiny lub osadu. W celu usunięcia z soku wytrąconych osadów stosuje się filtrację. W cukrowniach osad ten nazywa się błotem saturacyjnym. Do oddzielenia osadu stosuje się filtry ciśnieniowe, filtry zagęszczające i filtry próżniowe o działaniu ciągłym (rys. 15). Podczas filtracji cząstki, tworzące zawiesinę, zatrzymują się na porowatej przegrodzie filtracyjnej, a różnica ciśnień umożliwia przepływ klarownego soku. Jako przegrody stosuje się gęste tkaniny filtracyjne.

Istotny wpływ na szybkość filtracji ma lepkość soku. Sok gorący po I węglanowaniu podgrzewa się przed filtracją do temp. 90÷95o C. W niektórych typach filtrów możliwe jest wysładzanie tj. wymywanie wodą cukru, zawartego w osadzie nagromadzonym w filtrze. Filtracja przy użyciu filtrów zagęszczających umożliwia filtrację osadów na bardzo wygodnych i wydajnych, ciągłych filtrach próżniowych. W błocie filtracyjnym pozostaje niewielka ilość cukru, rzędu 0,07%, w przeliczeniu na masę buraków. Osad po filtracji (błoto filtracyjne) zawiera 45÷55% suchej substancji, w tym 33÷40% CaCO3 i 8÷10% substancji nieorganicznych (N, P2O5, K2O). Jest głównie wykorzystywany jako nawóz alkaliczny, odkwaszający glebę. Błoto osuszone naturalnie przez leżenie w zwałach zawiera 70÷75% suchej substancji i jest nazywane błotem defekacyjnym. Rys. 15 Ciągły obrotowy filtr próżniowy komorowy [2, s. 142] 1 - bęben obrotowy, 2 - sito z tkaniną filtracyjną, 3 - głowica filtru, 4 - komory, 5 - zgarniak osadu, 6 - przenośnik ślimakowy osadu, 7 - wanna, 8 - mieszadło, 9 - rury z dyszami doprowadzającymi wodę wysadzającą, 10 - osłona bębna, 11 - kominek wyciągowy oparów Węglanowanie II i filtracja II Węglanowanie II ma na celu dalsze obniżenie alkaliczności soku i wytracenie do osadu jak największej ilości jonów wapnia, które pochodzą z: − nadmiaru wodorotlenku wapnia, − uwolnionych z soli sodu i potasu, występujących w burakach oraz innych alkalicznych związków, np. amoniaku, − zawartych w soku wodorotlenków potasu i sodu (które przechodzą w węglany). Przed węglanowaniem II sok nawapnia się mlekiem wapiennym w ilości 0,15÷0,20%, w przeliczeniu na masę buraków i ogrzewa do temp. 97÷98o C. Zasadniczą reakcją węglanowania II jest zobojętnianie wolnego wodorotlenku wapnia, podobnie jak podczas I węglanowania: Ca(OH)2 + H2CO3 " CaCO3 + 2H2O Obecne w soku wodorotlenki sodu i potasu zostają także zmienione na węglany; powstają K2CO3 i Na2CO3. Do węglanowania II stosuje się kocioł o ciągłym przepływie soku, o podobnej konstrukcji, jak do węglanowania I. Podczas węglanowania II z soku odparowuje 0,5÷1% wody, a temperatura obniża się do 90÷92o C. Gorący sok jest kierowany do filtracji II, której celem jest całkowite oddzielenie zawiesin i osadów od soku. Do filtracji stosuje się filtry zagęszczające, pracujące okresowo przy ciśnieniu 0,16÷0,18 MPa, w cyklu 2÷3 godzinnym, o wydajności 12÷15 dm3 / m2 (w ciągu minuty). Oddzielona gęstwa (osad) zawiera ok. 10% Ss, złożonej z prawie czystych kryształów węglanu wapnia. W wyniku nawapniania, węglanowania i filtracji soku surowego, otrzymuje się sok oczyszczony, zwany sokiem rzadkim. Sok pierwotnie mętny ciemno zabarwiony i łatwo pieniący się, staje się płynem przezroczystym, o jasnożółtym zabarwieniu. Ma on pH 8,9÷9,2 oraz 15÷18o Bx (o Bx skrót ten oznacza stopnie Brixa, 1o Bx odpowiada gęstości roztworu czystej sacharozy w wodzie w temperaturze 20o C). Przy przerabianiu buraków dojrzałych i zdrowych osiąga się łączny efekt oczyszczenia soku wynoszący 35÷40%. W poszczególnych procesach efekty cząstkowe wynoszą: − nawapnianie wstępne 21÷27%, − nawapnianie główne 3÷5%, − węglanowanie I 8÷9%, − węglanowanie II 3÷4%. Podczas oczyszczania są usuwane: − białko w 92%, − azot aminowy i amonowy w 85%, − pektyny w 70÷80%, − saponiny w 95÷97%, − niecukry organiczne w 50%, − koloidy w 50÷80%, − popiół w 15%, − szczawiany i cytryniany wapnia w 97%. Zagęszczanie soku rzadkiego Zawartość suchej substancji w soku rzadkim wynosi 13,5÷17,0%. Sok ten jest rozcieńczonym roztworem cukru. Konieczne jest jego zagęszczenie przez odparowanie wody, aby doprowadzić cukier do krystalizacji. Zagęszczanie prowadzi się do stanu przesycenia. Proces zagęszczania składa się z dwóch etapów: − w pierwszym etapie sok rzadki podgęszcza się do 65÷70% zawartości cukru (zagęszczenie 5÷6- krotne); uzyskany sok nie jest jeszcze przesyconym roztworem cukru, − w drugim etapie sok podgęszczony zagęszcza się w warniku do stężenia ok. 94o Bx, uzyskując tzw. cukrzycę. Pierwszy etap przeprowadza się systemem ciągłym, drugi – okresowym. Sok gęsty przed przejściem do drugiego etapu podlega jeszcze dodatkowemu oczyszczaniu. Zagęszczanie (I etap) przeprowadza się w wielodziałowych aparatach wyparnych. Zdolność odparowania wody w wielodziałowej wyparce jest duża. Dobowe odparowanie wody w wyparkach, pracujących w cukrowni, może przekraczać 1 tys. ton. Źródłem ciepła, umożliwiającym przemianę fazową wody, zawartej w zagęszczonym soku, w parę jest para grzejna, wytwarzana w kotłach parowych przez spalanie paliw (węgla, gazu, mazutu) w zakładowej kotłowni. Do ogrzewania zagęszczonego soku wykorzystuje się także gorące opary, wydzielane w kolejnych działach wyparki wielodziałowej. W wyparce wielodziałowej, opary wydzielone z wrzącego roztworu z I działu, wprowadza się jako czynnik grzejny do komory II działu, a opary z tego działu – do komory grzejnej III działu itd. W powyższym systemie 1 kg pary, dostarczonej z kotła wysokoprężnego z kotłowni, może odparować tyle kilogramów wody, ile aparatów wyparnych ma stacja wyparna (teoretycznie). Praktycznie 1 kg pary może odparować 2÷3 kg wody, co daje znaczne oszczędności w zużyciu paliw w kotłowni.

Podczas zagęszczania w wyparkach, oprócz koncentracji soku, zachodzą różne procesy fizyczne i chemiczne, m.in.: − wytrącają się sole wapniowe kwasów szczawiowego, winowego i innych, − powstają także osady, częściowo na powierzchniach wyparki (głównie w rurkach grzejnych), częściowo zawieszone w soku. Dlatego sok przed dalszym zagęszczaniem i krystalizacją cukru w warniku, poddaje się filtracji. Pozostawienie osadów w soku wpływa ujemnie na proces krystalizacji cukru i jego jakość. Oddzielenie osadów odbywa się po podgrzaniu do temp. 80÷90o C, co zmniejsza jego lepkość i ułatwia filtrację. Podgęszczanie soku gęstego i krystalizacja cukru Podgęszczanie soku ma na celu doprowadzenie go do stanu nasycenia, a następnie przesycenia cukrem. Podgęszczanie i krystalizacja odbywa się w urządzeniach zwanych warnikami (rys. 16). Warnik to wyparka jednodziałowa, pracująca okresowo, pod zmniejszonym ciśnieniem, uzyskanym w wyniku współdziałania skraplacza z pompą próżniową. Rys. 16 Warnik cukrzycy z podwieszoną rurową komorą grzejną [2, s. 217] 1 - korpus warnika, 2 - komora grzejna rurowa podwieszona, 3 - komora cyrkulacyjna, 4 - okienka wzierne, 5 - łapacz cukrzycy, 6 - zawór powietrza W roztworze przesyconym wydziela się cukier w postaci kryształów – zachodzi krystalizacja. Sok zagęszczony w warnikach jest nazywany cukrzycą I. Składa się on z kryształów cukru i syropu międzykryształowego. Gotowanie cukrzycy I prowadzi się pod zmniejszonym ciśnieniem, co powoduje obniżenie temperatury wrzenia, a w wyniku tego chroni ją przed niekorzystnym przegrzaniem. Gotowanie cukrzycy I składa się z kilku etapów (różne ciśnienia, temperatury i stężenia), aż do osiągnięcia przez kryształy odpowiedniej wielkości i uzyskania przez cukrzycę 93÷94o Bx. W środkowej fazie gotowania do cukrzycy jest dodawana niewielka ilość pudru cukrowego (cukier puder) lub pasty zarodkowej. Dodatek cukru pudru ułatwia zawiązanie kryształów i rozpoczęcie procesu krystalizacji, wpływa również na ilość i wielkość wytworzonych kryształów. Od momentu zawiązania kryształów obniża się temperaturę gotowania, tak by w końcowym stadium wynosiła ona ok. 75o C. Czas gotowania cukrzycy I wynosi zwykle kilka godzin. Oddzielenie syropu międzykryształowego i wybielanie cukru Uzyskana gotowa cukrzyca, składająca się z kryształów (65%) i syropu międzykryształowego (35%) jest podawana kolejnym czynnościom, tj. oddzieleniu syropu i wybieleniu kryształów cukru. Cukrzyca spływa z warnika do mieszadła (mieszalnika) cukru, stanowiącego zbiornik z półokrągłym dnem (rys.17). Wewnątrz jest umocowany poziomy wał, na którym jest zamocowana spiralna taśma, mieszająca cukrzycę. Mieszanie cukrzycy i utrzymywanie jej w ruchu zapobiega osadzaniu się kryształów i łączeniu się ich w duże bryły, co uniemożliwiłoby kolejną czynność – wirowanie. Ponadto mieszanie ma na celu utrzymanie jednorodności w całej masie, a także obniża temperaturę cukrzycy. Cukrzyca jest bardzo gęstą masą, stawiającą duży opór mieszadłu. Aby zmniejszyć ten opór i „upłynnić „ cukrzycę dodaje się do niej niewielkich ilości płynnego odcieku, uzyskanego przy następnej czynności, jaką jest wirowanie. Rys. 17 Mieszadło (mieszalnik) cukrzycy I o przekroju korytowym [2, s. 232] 1 - zbiornik mieszadła, 2 - wał, 3 - wsporniki wstęg, 4 - wstęgi mieszadła, 5 - łożyska, 6 - napęd Cukrzyca spływa najpierw do mieszadła, a następnie do tzw. rozdzielacza, z którego jest kierowana grawitacyjnie do wirówek. W wirówce (ok. 1 tys. obr./minutę) o średnicy ok. 1 m następuje oddzielenie płynnej części cukrzycy od kryształów. Z cukrzycy poddanej sile odśrodkowej w wirującym bębnie metalowym z otworami, pokrytym wewnątrz sitami o małych otworach (do 0,5 mm), oddziela się faza płynna syropu międzykryształowego i tworzy warstwa żółto zabarwionych kryształów. Po oddzieleniu syropu międzykryształowego następuje bielenie kryształów, osadzonych na wewnętrznej powierzchni bębna wirówki. Proces ten polega na wymywaniu resztek syropu, znajdującego się na powierzchni kryształów, filtrowaną, gorącą, rozpyloną wodą o temp. 90o C, w ilości ok. 20 dm3 /100 kg cukrzycy. Stosuje się także dodatkowe wymywanie resztek syropu przy użyciu pary wodnej, wprowadzonej do wirówki. Użyta para (odwodniona) jest wprowadzana do bębna pod ciśnieniem 0,5 MPa w temp. 150o C, rozpręża się wewnątrz bębna i obniża temp. do 100o C. Pod wpływem siły odśrodkowej małe kropelki skroplonej pary przenikają przez warstwę kryształów i obmywają ich powierzchnię. Czas parowania wynosi kilkadziesiąt sekund. Wybielanie powoduje rozpuszczenie ok. 8÷10% masy kryształów. Cukier krystaliczny wybielony wodą zawiera jej ok. 1%, natomiast traktowany dodatkowo parą tylko 0,5% wody. W wyniku tego uzyskuje się wstępne podsuszenie cukru w wirówce. Cukier wybielony uzyskany z cukrzycy I określany jest jako krystaliczny cukier biały. Oddzielony syrop międzykryształowy oraz woda użyta do wybielania stanowią odciek, z którego w dalszych procesach odzyskuje się zawartą w nim sacharozę. Suszenie, segregowanie i magazynowanie cukru białego Suszenie, segregowanie i magazynowanie cukru białego są to czynności, które mają na celu utrwalenie krystalicznego cukru, aby mógł być magazynowany przez dłuższy okres. Podstawową czynnością jest wysuszenie do zawartości 0,03÷0,05% wody i ochłodzenie do temp. poniżej 30o C. Do końcowego wysuszenia stosuje się suszarkę talerzowo - kaskadową (rys. 18). Cukier w takiej suszarce spada na obracające się talerze i jest rozrzucany siłą odśrodkową na tzw. kaskady, z których spada coraz niżej, w przeciwprądzie suszącego powietrza. Powietrze, przepływające przez suszarkę, ma w końcowej fazie suszenia temp. 90÷110o C i porywa pył cukrowy, który jest odzyskiwany w łapaczu cyklonowym. Rys. 18 Pionowa suszarka talerzowo – kaskadowa [2 s. 246] 1 - podnośnik kubełkowy cukru, 2 - obudowa, 3 - wał z pólkami umocowanymi na wale, 4 - stożki zsypowe cukru, 5 - napęd wału, 6 - przenośnik taśmowy cukru, 7 - suchy cyklonowy oddzielacz pyłu, 8 - wentylator wyciągowy powietrza Cukier jest transportowany do urządzeń segregujących przenośnikami taśmowymi. Na przenośnikach są umieszczone nieruchome przeszkody, które rozgarniają cukier i ułatwiają jego chłodzenie. Następnie cukier poddaje się segregowaniu, polegającym na oddzieleniu grudek i zlepów krystalicznych, a także rozsegregowaniu według wielkości. Cukier jest segregowany w urządzeniach zwanych wibratorami, sitami wstrząsanymi lub trzęsłami. Celem segregowania cukru według wielkości jest nadanie mu dobrego wyglądu, co zapewnia lepszy zbyt. Najpierw na sicie o największych oczkach są oddzielane grudki i zlepki cukru. Następuje dalszy rozdział na: − kryształ gruby (przesiew przez sito o wymiarach oczek 3,15 mm), − kryształ średni (1,60 mm), − kryształ drobny (0,71 mm), − bardzo drobną mączkę.

Posegregowany cukier kieruje się do zasobników, stanowiących przejściowy magazyn, przed dalszymi czynnościami. Przy napełnianiu zasobników może powstać pył cukrowy, który ma właściwości wybuchowe, musi więc być usuwany z pomieszczeń przy użyciu ssaw odpylających. Cukier jest pakowany w wielowarstwowe worki, poj. 50 kg, a także opakowania detaliczne (torebki papierowe jednokilogramowe) oraz w małe torebki mieszczące 8 g cukru, przeznaczone do gastronomii. Pakowanie jest zmechanizowane. Cukier w workach jest przekazywany do magazynu przenośnikami taśmowymi. Worki te są układane wielowarstwowo. Temperatura w magazynie nie powinna spaść poniżej 10o C, a wilgotność powietrza powinna być utrzymywana na poziomie 65%. Coraz częściej stosuje się magazynowanie cukru białego w dużych silosach, betonowych lub metalowych, mających wysokość do 30 m i średnicę do 50 m, pojemność 10÷20 tys. ton, wyposażonych w mechaniczne urządzenia do rozładunku. Cukier dostarczony do silosu powinien mieć temperaturę niższą od 30o C i wilgotność 0,03%. W celu utrzymania odpowiedniej temperatury i wilgotności w silosie, do jego wnętrza wtłacza się powietrze o temp. 25o C. Cukier z silosów pakowany jest przed wysyłką w worki lub opakowania o mniejszej pojemności. Według obowiązującej normy, w której określono szczegółowe wymagania organoleptyczne, fizyczne i chemiczne: − zawartość wody w cukrze nie może przekraczać 0,08%, − zawartość sacharozy nie powinna być mniejsza niż 99,8%. Cukier puder otrzymuje się z dobrze wysuszonego cukru krystalicznego białego, przez rozdrobnienie w rozdrabniaczach kołkowych z wirującą tarczą, na której są zamocowane stalowe kołki lub na rozdrabniaczach walcowych. Rafinada (cukier rafinowany) jest to cukier o najwyższej jakości, o zawartości ponad 99,9% sacharozy, otrzymany przez rafinację (oczyszczenie) cukru białego lub cukru surowego (półprodukt otrzymany z soku gęstego, ale nie wybielany). W celu otrzymania rafinady kryształ zwykły biały rozpuszcza się w wodzie i odbarwia za pomocą węgla aktywnego lub przy użyciu żywic odbarwiających (jonitów), filtruje, gotuje w warnikach i poddaje procesowi krystalizacji. Cukier rafinowany może być otrzymywany w postaci: kryształów, kostek lanych i kostek prasowanych. Proces rafinowania cukru składa się z czynności: − obmycie (afinowanie) kryształów, usuwające przylepiony syrop międzykryształowy, − rozpuszczenie obmytych kryształów na ulep rafinadowy (67÷70o Bx), − odbarwianie węglem aktywnym lub jonitami i filtrowanie, − gotowanie w warnikach i otrzymywanie cukrzycy rafinowanej, − krystalizacja w formach lub mieszadłach, − wirowanie i bielenie cukrzycy, otrzymywanie rafinady mokrej (3% wody) w formie płyt i czworokątnych graniastosłupów lub kryształu wilgotnego, − suszenie, − piłowanie, rąbanie i pakowanie. Przerób odcieków Przy produkcji cukru i gotowaniu cukrzycy I, głównym celem jest otrzymanie cukru białego, jako produktu najwyższej jakości. Z tego względu czynności gotowania przeprowadza się kosztem mniejszego wykorzystania cukru, znajdującego się w syropie międzykryształowym. Syrop ten, odpływający z wirówek, jest nazywany odciekiem. Zawiera on jeszcze duże ilości cukru i dlatego musi być przerobiony i poddany ponownej krystalizacji.

Odciek z wirówek gotuje się w warniku II, uzyskując cukrzycę II, którą spuszcza się do osobnych mieszadeł i wiruje na gorąco jak cukrzycę I. Kryształy cukru, osadzone na bębnie wirówki, wybiela się tylko małą ilością wody (bez pary), a uzyskany cukier II rzutu (mączkami) ma kremową barwę. Odciek otrzymany z wirowania II, poddaje się kolejnemu gotowaniu w warnikach III, uzyskując cukrzycę, którą spuszcza się do mieszalnika, gdzie zachodzi dalsza, powolna krystalizacja, przez ok. 3 doby. Po wirowaniu uzyskuje się cukier III rzutu (mączka III), którego barwa jest lekko żółtobrązowa. Kryształy cukru są zabarwione nie tylko na swych zewnętrznych warstwach, ale także wewnątrz kryształu znajdują się zanieczyszczenia. Dlatego zwyczajne wybielanie, takie jakie stosuje się w produkcji cukru białego, w tym wypadku nie daje rezultatu. Konieczne jest rozpuszczenie cukru III rzutu i jego oczyszczenie. Odciek uzyskany przy wirowaniu cukrzycy III jest nazywany melasą (melasem). Ma ona barwę ciemnobrunatną, a nawet czarną, zawiera jeszcze ok. 50% sacharozy, której jednak nie można już wydobyć metodami cukrowniczymi (kolejne podgęszczanie i krystalizacja). Wyższa niż 50% zawartość cukru w melasie świadczy o niezupełnym wykorzystaniu cukru oraz niewłaściwej pracy warników i mieszadeł. Uboczne produkty przemysłu cukrowniczego Do najważniejszych ubocznych produktów przemysłu cukrowniczego należą: − wysłodki, − melasa (melas). Wysłodki są to rozdrobnione kawałki korzeni buraków cukrowych (krajanki buraczanej), pozbawione prawie całkowicie cukru podczas dyfuzji. Wysłodki stanowią wartościową paszę dla zwierząt gospodarskich, szczególnie dla bydła. Rozróżnia się: − wysłodki świeże, opuszczające ekstraktor (6÷7% suchej substancji), − wysłodki wyżęte (10÷12% suchej substancji), wykorzystywane bezpośrednio lub po ukiszeniu na paszę, − wysłodki wyżęte (16÷24% suchej substancji), przeznaczone do suszenia. Wysłodki suszone zawierają 10÷12% wody i mogą być przechowywane przez wiele miesięcy. Mogą być używane jako pasza w dowolnym okresie roku, a także jako składnik pasz suchych. W celu zwiększenia wartości pokarmowej, można je suszyć z dodatkiem do ok. 25÷30% melasy, w stosunku do masy wysłodków wyżętych. Do lepszego operowania wysłodkami suszonymi podczas ich składowania, stosuje się brykietowanie (prasowanie). Melasa (melas) jest to produkt uboczny, powstający przy produkcji cukru z buraków cukrowych lub trzciny cukrowej. Jest to odciek od cukrzycy III rzutu, zawierający sacharozę, której już nie można wykrystalizować oraz niecukry, które nie zostały usunięte podczas przerobu. Melasa jest ciemnobrunatną cieczą, o alkalicznym odczynie, dużej lepkości, o swoistym karmelowym zapachu i słodko – gorzkawym posmaku. Zawartość suchej substancji w melasie wynosi 80%. Głównym składnikiem jest sacharoza, której zawartość wynosi ok. 50%. Melasa zawiera ponadto: − cukrów redukujących – 0,3%, − popiołu – ok. 8%, − aminokwasów – 5,5% − azotu ogólnego – 5%, − inne substancje. Odwirowana w cukrowni melasa, mająca temp. 45÷50o C, kierowana do zbiornika magazynowego, nie powinna zawierać kryształów sacharozy. Melasa jest magazynowana w dużych, wolno stojących, okrągłych zbiornikach, zwanych melaśnikami, których pojemność waha się od tysiąca do kilku tysięcy ton. Cukier, zawarty w melasie, jest pożywką dla różnych drobnoustrojów, wykorzystywanych w przemyśle spożywczym. Drobnoustroje przetwarzają sacharozę na etanol (alkohol etylowy), glicerynę, kwas cytrynowy, kwas mlekowy i inne związki. Melasa jest wykorzystywana głównie w przemyśle spirytusowym, gdzie stanowi ważny surowiec do produkcji spirytusu. Fermentację alkoholową wywołują drożdże gorzelnicze. Pozostały po fermentacji i destylacji wywar melasowy może być podgęszczany, suszony i spalany w piecu specjalnej konstrukcji. Z rozcieńczonej melasy produkuje się również drożdże piekarskie i paszowe (produkcja biomasy). Zagrożenia dla środowiska naturalnego ze strony przemysłu cukrowniczego Głównym zagrożeniem dla środowiska naturalnego są ścieki i odpady stałe. Ponadto w przemyśle cukrowniczym wytwarza się duże ilości pary grzejnej (wyparki, warniki itp.), do której wytworzenia są niezbędne kotły parowe, ogrzewane węglem (miałem), paliwami ciekłymi lub gazem. Spalane w nich paliwo, szczególnie węgiel zawierający siarkę, wytwarza znaczne ilości gazów spalinowych. Także duże ilości gazów są wytwarzane przez piece wapienne. Gazy spalinowe zarówno z kotłów, jak i z pieców wapiennych, zawierają dwutlenek siarki, dwutlenek azotu, a także lotny popiół. Powyższe substancje są emitowane do atmosfery. Kłopotliwymi dla cukrowni i niebezpiecznymi dla środowiska są wody poprodukcyjne i błoto (szlam) defekacyjne. Wody poprodukcyjne zawierają znaczne ilości substancji organicznych w postaci rozpuszczalnej oraz bardzo drobnej zawiesiny. W skład zanieczyszczeń wchodzą: − sacharoza i produkty jej rozkładu, − białka i inne substancje azotowe, − pentozy, − pektyna, − inne związki. Zanieczyszczenia te są bardzo dobrą pożywką dla drobnoustrojów, wskutek czego ulegają procesom fermentacyjnym i gnilnym. Dlatego konieczne jest stosowanie wszystkich możliwych sposobów oczyszczania wód poprodukcyjnych przed odprowadzeniem ich do wód naturalnych. Ilość powyższych ścieków w cukrowni waha się w granicach 25÷70% masy przerabianych buraków. W skład ścieków cukrowni, których BZT5 wynosi średnio ok. 800 mg/dm3 (wartość mniejsza niż w przemyśle mleczarskim, ziemniaczanym czy spirytusowym), wchodzą także: − kwasy organiczne, jako produkty rozpadu cukru, − saponina i trietyloamina. Saponina i trietyloamina są to związki niebezpieczne dla fauny naturalnych zbiorników wody, ze względu na silnie toksyczne właściwości. Saponina ponadto powoduje pienienie wody, a także uszkadza skrzela ryb. Śmiertelna dla ryb dawka saponiny w wodzie wynosi 2 mg/dm3 . Rozpad saponiny w naturalnych zbiornikach wody przebiega bardzo wolno. Najskuteczniejszym sposobem oczyszczania zużytych wód przemysłowych cukrowni, krążących w obiegu zamkniętym, jest biologiczne oczyszczanie beztlenowo – tlenowe. Szlam defekacyjny, wytwarzany w cukrowni, jest gromadzony w osadnikach i zwałowiskach cukrowni, przez co stwarza zagrożenie dla środowiska. Tylko niewielkie ilości szlamu są wykorzystywane jako nawozy w rolnictwie. Szlam stanowi ok. 10% masy przerabianych buraków. Po zakończeniu kampanii cukrowniczej i wiosennym ociepleniu się wód amoniakalnych, a także osadów saturacyjnych, wydziela się z nich siarkowodór i amoniak.

Bardzo rzadko w cukrowniach zdarzają się eksplozje pyłu cukrowego, które stanowią w większym stopniu zagrożenie dla załogi, aniżeli dla otaczającego środowiska. Zasady bhp w cukrowniach Każdy pracownik cukrowni, niezwłocznie po podjęciu pracy, powinien być przeszkolony w zakresie ogólnie obowiązujących zasad i przepisów bhp, a bardziej dokładnie w zakresie powierzonych mu obowiązków i czynności. Na każdej stacji fabrycznej powinny być wywieszone instrukcje bhp, aby każdy pracownik mógł się z nimi zapoznać i przestrzegać je. Instrukcje powinny zawierać sposoby postępowania w przypadku awarii obsługiwanych urządzeń. Powinny być również wykonane wszelkie niezbędne zabezpieczenia, jak bariery i siatkowania części ruchomych. Wszędzie powinno być należyte oświetlenie i znaki ostrzegawcze. Cukrownia ma obowiązek przydzielić pracownikom odzież i obuwie robocze oraz sprzęt ochrony osobistej. Specjalną ostrożność należy zachować w pobliżu maszyn w ruchu, będących pod ciśnieniem lub napięciem, a także przy usuwaniu skutków różnych awarii. Zasady bhp na stacji ekstrakcji. Podczas ruchu ekstraktora nie wolno wyjmować krat z otworów obserwacyjnych, a także wykonywać naprawy i usuwać uszkodzeń, jeżeli to zagraża bezpieczeństwu ludzi. Nie wolno ogrzewać komór grzejnych ekstraktora parą, ani przedmuchiwać sita odciągowego soku powietrzem o ciśnieniu przekraczającym 0,07 MPa. Na stacji krajalnic i ekstrakcji oraz w ich otoczeniu należy utrzymywać czystość i porządek. Jest niedopuszczalne, aby powierzchnie zewnętrzne ekstraktora i innych urządzeń oraz przejścia i posadzki pokrywały rozsypane: krajanka, wysłodki, miazga, piana. Mogą być one powodem poślizgnięć i nieszczęśliwych wypadków przy pracy. Rozsypane krajanka i wysłodki ulegają szybko fermentacji i gniciu oraz wydzielają gnilny zapach. Są źródłem zakażeń zawartości ekstraktora i soków. Bhp na stacjach nawapniania i węglanowania. Podstawowym zagrożeniem może być tlenek węgla. Zatrucia tym gazem są możliwe w przypadku nieszczelności na odcinku tłocznym rurociągu gazowego lub armatury kotłów węglanowania, wadliwej konstrukcji wypływu soku z nich i przedostawania się gazu wraz z sokiem do skrzynki przelewowej oraz podczas postojów cukrowni i oczyszczania kotłów węglanowania i nawapniania. W cukrowni prace wewnątrz aparatów i urządzeń, do których wchodzi się i wychodzi przez włazy, mogą być wykonane dopiero po opróżnieniu aparatu, jego wychłodzeniu i przewietrzeniu jego wnętrza, odłączeniu dopływu pary, gazów i soków oraz dopływu energii elektrycznej. Pracownicy pracujący wewnątrz aparatu muszą być asekurowani przez inne osoby pozostające poza aparatem. Robotnik pracujący wewnątrz jest przywiązany liną, a drugi obserwuje go z zewnątrz, aby w razie potrzeby przyjść z pomocą. Przed wejściem do aparatów węglanowania lub nawapniania należy sprawdzić za pomocą wykrywacza tlenku węgla, czy nie jest on jeszcze w aparacie. Wykonujący te prace powinni mieć w pobliżu aparat tlenowy i umieć posługiwać się nim. Mleko wapienne działa żrąco na skórę. Urządzenia używane do odmierzania mleka są zabezpieczone przed rozpryskiwaniem i rozlewaniem mleka. Przelanie się soku z kotłów może nastąpić jedynie wtedy, gdy zostanie wstrzymany wypływ soku z aparatu węglanowania, a jednocześnie nie zostanie wstrzymany napływ soku do aparatu nawapniania wstępnego. Mleko wapienne i sok mają temperaturę powyżej 80o C i przy rozlaniu grożą oparzeniem.

Bhp na stacjach filtrów zagęszczających i próżniowych. Największe zagrożenie występuje przy wykaszaniu tkanin rozcieńczonym kwasem solnym. Prace przy sporządzaniu roztworów kwasów, napełnianiu filtrów tym kwasem, natryskiwaniu lub szczotkowaniu tkanin w filtrach próżniowych wykonuje się w okularach zabezpieczających oczy, w rękawicach i fartuchach gumowych. Bhp przy obsłudze wyparki. Najczulszym miejscem pod względem bezpieczeństwa są szkła sokowskazowe, ponieważ są one pod ciśnieniem i łatwo ulegają uszkodzeniom. Drugim niebezpiecznym miejscem wyparek są szkła wzierne wykonane z grubego hartowanego szkła. Zdarza się, że szkła pękają i dlatego są zabezpieczone stalowymi drzwiczkami przykręcanymi, które po pęknięciu szkła zabezpieczają przed jego wypadnięciem. Bhp przy gotowaniu cukrzycy. Przy spuszczaniu cukrzycy z warnika do mieszadła należy zachować wzmożoną ostrożność, aby nie ulec poparzeniu przez cukrzycę. Również cukrzyca świeżo rozlana może być powodem poślizgnięcia i upadku, potłuczenia i poparzenia. Podczas spuszczania waru i w przypadkach zaniknięcia próżni nie wolno unosić kurka pobierczego, gdyż powoduje to wypłynięcie gorącej cukrzycy na zewnątrz pod działaniem hydrostatycznego ciśnienia słupa cukrzycy. Zasady bhp przy wirowaniu cukrzyc. Na osłonie wirówek ani w ich wnętrzu nie wolno umieszczać żadnych przedmiotów obcych, np. narzędzi, śrub. Nie wolno opierać się na osłonie ani wspinać na wirówkę będącą w ruchu. Podczas ruchu wirówki nie wolno otwierać pokrywy wirówki. Nie wolno rozpoczynać następnej szarży dopóki bęben wirówki nie został dokładnie oczyszczony z cukru, bo pozostały cukier powoduje wychylenie bębna wirówki od osi geometrycznej. Zasady bhp przy suszeniu, segregowaniu i pakowaniu cukru białego. Największe niebezpieczeństwo stwarza drobny pył cukrowy unoszący się w powietrzu i pokrywający urządzenia oraz ściany pomieszczeń. Niebezpieczeństwo wybuchu pyłu zagraża, gdy stężenie pyłu w powietrzu przekroczy 20 g/m3 . Przy tej zawartości pyłu widoczność w zapylonych pomieszczeniach jest bardzo zła i sięga zaledwie odległości 2÷3 m. W pomieszczeniach przenośników, suszarni, segregatorów i zasobników cukru jest bezwzględnie zabronione palenie tytoniu i wchodzenie z otwartym ogniem. Zasady bhp przy magazynowaniu cukru. Cukier jest materiałem łatwopalnym, toteż podstawową zasadą jest zakaz palenia tytoniu i wchodzenia do magazynu z ogniem. Wewnątrz magazynu są umieszczone gaśnice. Drugą zasadą jest prawidłowe układanie, zabezpieczanie i rozbieranie stosu.