**PRZEMYSŁ FERMENTACYJNY**

**MATERIAŁ NAUCZANIA**

**4.1. Technologia produkcji słodu i piwa**

**4.1.1. Materiał nauczania**

**Wyroby przemysłu fermentacyjnego**

Przemysł fermentacyjny obejmuje produkcję wyrobów spożywczych, otrzymywanych z wykorzystaniem fermentacji jako podstawowego procesu technologicznego. Do najważniejszych kierunków w przemyśle fermentacyjnym zaliczamy: − piwowarstwo, obejmujące produkcję słodu i piwa, − winiarstwo, obejmujące produkcję win i miodów pitnych, − gorzelnictwo, zajmujące się produkcją spirytusu i wódek, − drożdżownictwo, − produkcję kwasów spożywczych, w tym kwasu octowego, mlekowego i cytrynowego. Jako osobną branżę przemysłu spożywczego, niezaliczaną do przemysłu fermentacyjnego, ale również wykorzystującą procesy fermentacyjne, traktuje się przemysł piekarsko-ciastkarski. W procesach technologicznych przemysłu fermentacyjnego do prowadzenia fermentacji wykorzystuje się drobnoustroje – drożdże, bakterie, pleśnie – oraz wytwarzane przez nie enzymy. Aby zapewnić prawidłowy przebieg fermentacji korzysta się z tzw. czystych kultur drobnoustrojów, czyli drobnoustrojów o odpowiednich cechach, wyselekcjonowanych i rozmnożonych z jednej komórki w laboratorium. Produkcja słodu Słodem nazywamy skiełkowane ziarno zboża; w piwowarstwie stosuje się najczęściej słód jęczmienny, rzadziej pszeniczny. Słód jest podstawowym surowcem do produkcji piwa. Słód jest produkowany w słodowni. Słodownia może być jednym z działów browaru lub samodzielnym zakładem. W celu wyprodukowania słodu jęczmiennego (schemat 1) należy najpierw odpowiednio przygotować ziarno jęczmienia, następnie poddać je moczeniu, prowadzić jego kiełkowanie (zwane też słodowaniem); potem trzeba wysuszyć powstały słód, odkiełkować i przekazać do leżakowania. Jęczmień browarniczy do produkcji słodu może być dwu- (jęczmień jary) lub sześciorzędowy (jęczmień ozimy). Ziarna jęczmienia dwurzędowego są grubsze, dają więcej ekstraktu, zawierają mniej białka i bardziej nadają się do produkcji słodu na piwa. Oceniając ziarno jęczmienia uwzględnia się m.in.: − barwę, − zapach (powinien być typowy dla ziarna, swoisty), − kształt, − masę 1000 ziaren, − ciężar objętościowy, wyrażany w kilogramach na hektolitr ziarna, − celność, czyli wyrównanie ziarna, − przekrój (pożądany jest przekrój mączysty a niepożądany przekrój szklisty), − zdolność kiełkowania (energię kiełkowania), liczoną jako procent wykiełkowanych ziaren po 3 i 5 dobach, przy czym po 5 dobach powinna zbliżyć się do 100% (minimum 95%) a po 3 dobach powinna być niższa tylko o 2-3%, − obecność zanieczyszczeń, − skład chemiczny (wilgotność, zawartość białka, garbników, związków goryczkowych).

Schemat 1. Etapy produkcji słodu [opr. własne] Przygotowanie jęczmienia do produkcji słodu polega na oczyszczeniu ziarna (z wykorzystaniem urządzeń takich jak wialnia, tryjer, wychwytywacze magnetyczne, filtry) oraz jego sortowaniu. Sortowanie odbywa się w sortownikach a pozwala podzielić ziarno na frakcje jednakowej wielkości, co ułatwia prowadzenie procesu kiełkowania (ziarna zaczynają kiełkować w tym samym czasie). Moczenie ziarna ma na celu uaktywnienie enzymów, co powoduje pobudzenie ziarna do kiełkowania. Wśród enzymów ziarna szczególne znaczenie mają amylazy, rozkładające skrobię, oraz enzymy proteolityczne – rozkładające białka. W wyniku moczenia wilgotność ziarna wzrasta do ok. 45% oraz wzrasta objętość ziarna. Do moczenia ziarna stosuje się kadzie zalewne, w których jest możliwość przykrycia wodą całej masy ziarna. Kadź wyposażona jest w mieszadło i doprowadzenie sprężonego powietrza. Przebieg moczenia jest kilkuetapowy – najpierw ziarno jest myte, następnie prowadzi się moczenie wstępne, potem moczenie zasadnicze i domaczanie. W poszczególnych etapach stosuje się różny czas przebywania ziarna pod wodą naprzemiennie z przebywaniem bez wody oraz różne temperatury. Taki sposób moczenia zwany jest wodno-powietrznym. W zależności od typu słodowni, moczenie może być prowadzone w systemie okresowym lub ciągłym. W systemie ciągłym ziarno może być nawilżane poprzez natrysk wody. Łączny czas moczenia ziarna może trwać do 3 dób. Ziarno jęczmienia Moczenie Kiełkowanie (słodowanie) Suszenie słodu mokrego Odkiełkowanie Słód Woda Woda Powietrze CO2 Kiełki Czyszczenie Sortowanie Zanieczyszczenia Poślad Leżakowanie Kiełkowanie ziarna (rys. 1) pozwala wytworzyć odpowiednią ilość enzymów i spowodować zmiany w strukturze ziarna, związane z hydrolizą składników ziarna (rozkład skrobi, białek, hemicelulozy, substancji fosforowych i innych). W wyniku wzrostu wilgotności ziarna, przy sprzyjającej temperaturze, co pobudza enzymy, w ziarnie powstają dwa rodzaje kiełków: kiełek liścieniowy i kiełek korzonkowy. Rys. 1. Przebieg kiełkowania ziarna jęczmienia [7, s. 66] Miejscem powstawania kiełków jest zarodek ziarna. Źródłem energii dla prowadzenia procesów życiowych ziarna jest skrobia zawarta w bielmie ziarna. Enzymy amylolityczne rozkładają skrobię do dekstryn i maltozy, potem do glukozy. Glukoza jest wykorzystywana w procesie oddychania ziarna. Aby słodowanie przebiegało prawidłowo, mokre ziarno musi być napowietrzane. Tlen z powietrza umożliwia ziarnu oddychanie (spalanie glukozy), zgodnie z reakcją: C6H12O6 + 6O2 → 6CO2 ↑ + 6H2O + E Należy utrzymywać przy tym odpowiednią temperaturę od ok. 12°C do 20°C (niższe temperatury stosuje się dla słodów jasnych a wyższe dla słodów ciemnych) oraz wilgotność ziarna ok. 43-44%. Czas kiełkowania wynosi ok. 8 dni. W wyniku słodowania otrzymuje się tzw. słód mokry. Wyróżnia się słodownie: − klepiskowe, w których jęczmień rozkłada się w pryzmach o wysokości ok. 30 cm a w trakcie słodowania pryzmy przerzuca się („szufluje”) w celu napowietrzenia i odprowadzania nadmiaru ciepła; − mechaniczne, np. skrzyniowe lub bębnowe, zwane słodowniami pneumatycznymi; są one nowocześniejsze, zapewniają lepsze warunki i kontrolę procesu słodowania oraz zapobiegają psuciu się słodu. Znaczenie enzymów, uaktywniających się podczas słodowania: − hemicelulazy, enzymy cytolityczne, odpowiadają za rozkład hemicelulozy, która stanowi główny składnik błon komórkowych; powodują naruszenie struktury komórki i ułatwiają dostęp innym enzymom do wnętrza komórki; − enzymy proteolityczne rozkładają białka na peptydy i aminokwasy, dostarczają w ten sposób azotu drożdżom oraz przyczyniają się do wzrostu pienistości piwa, co wpływa korzystnie na jakość piwa; − nzymy amylolityczne rozkładają skrobię, dostarczając cukrów wykorzystywanych przez zarodek podczas kiełkowania i przez drożdże w procesie fermentacji brzeczki piwnej; − fosfatazy rozkładają związki fosforowe, uwalniając kwas fosforowy, z którego fosfor jest wykorzystywany przez drożdże. Suszenie słodu mokrego pozwala na jego późniejsze przechowywanie – jest sposobem utrwalenia słodu. Ponadto nadaje słodowi odpowiednie cechy organoleptyczne – barwę, smak, zapach. Wpływa też na skład chemiczny słodu, poprzez reakcje zachodzące w wyniku podwyższonej temperatury pomiędzy składnikami słodu. W efekcie suszenia wilgotność słodu zmniejsza się do ok. 4% i następuje zahamowanie aktywności enzymów. Do suszenia słodu stosuje się suszarnie poziome jedno-, dwu- i trójsiatkowe (rys. 2) lub pionowe.

Podczas suszenia wyróżnia się trzy zasadnicze fazy: − w I fazie, w temperaturze 40-45°C następuje intensywne działanie enzymów, związane głównie z rozkładem skrobi zawartej w bielmie ziarna; − w II fazie, gdy temperatura rośnie do ok. 60°C, dochodzi do wstrzymywania procesów życiowych ziarna, dalej rozkłada się bielmo a w nim skrobia; − III faza to zanik procesów enzymatycznych, pojawienie się zmian chemicznych zachodzących pod wpływem wysokiej temperatury, przekraczającej 70°C, powstawanie charakterystycznej barwy i zapachu. Czyszczenie słodu – odkiełkowanie ma na celu usunięcie kiełków, które utrudniają przechowywanie słodu, gdyż wchłaniają łatwo wodę i pogarszają jakość piwa, zawierają zbyt dużo białka i nadają gorzki smak piwu. Kiełki najlepiej usuwa się na gorąco, używając maszyny zwanej odkiełkownicą. Typowa odkiełkownica posiada obracający się bęben z urządzeniem cepowym, odłamującym kiełki. Po odkiełkowaniu słód przesiewa się. Kiełki wykorzystuje się jako produkt uboczny do produkcji pasz. Magazynowanie słodu (leżakowanie) wiąże się z dojrzewaniem słodu, które trwa ok. 4 tygodni i jest konieczne dla uzyskania dobrej jakości piwa. Rodzaje słodu zależą od rodzaju zastosowanego ziarna i parametrów słodowania oraz suszenia słodu. Najczęściej wykorzystuje się słód jęczmienny do produkcji piw tzw. dolnej fermentacji; słód pszeniczny wykorzystuje się do znacznie rzadziej produkowanych piw tzw. górnej fermentacji. Wśród słodów jęczmiennych najważniejsze to: - słód jasny, suszony w temperaturach do 80-85°C, do produkcji piw jasnych; najbardziej znanym słodem jasnym jest słód typu pilzneńskiego; - słód ciemny, suszony w temperaturach do 105°C, do produkcji piw ciemnych; - słody specjalne: karmelowy i barwiący, suszone w jeszcze wyższych temperaturach (ponad 150°C), stosowane jako surowiec dodatkowy poprawiający barwę, smak i zapach piw ciemnych, znane jako słody palone; - słód diastatyczny, suszony w temperaturach do 70°C, który (z uwagi na niższą temperaturę suszenia) charakteryzuje się szczególnie dużą zawartością czynnych enzymów; może być wykorzystywany do produkcji ekstraktu słodowego (ma on zastosowanie np. w piekarstwie). Rys. 2. Schemat jednosiatkowej suszarni słodu [4, s. 356] 1 – komora suszenia, 2 – komora ciśnieniowa gorącego powietrza, 3 – komora paleniskowa, 4 – przenośnik mokrego materiału, 5 – przenośnik ślimakowy, 6 – rura zsypowa, 7 – napęd urządzenia wywrotowego siatki, 8 – wylot oparów, 9 – zasuwa obrotowa, 10 – siatka uchylna, 11 – redler, 12 – przewód zwrotnego powietrza, 13 – zasłona rozdzielająca, 14 – wlot powietrza, 15 – wentylator, 16 – silnik, 17 – tablica pomiarowa, 18 – drzwi, 19 - palenisko Bezpieczeństwo i higiena pracy w słodowni W słodowniach trzeba utrzymywać w należytej sprawności urządzenia wentylacyjne i odpylające z uwagi na zapylenie towarzyszące przyjmowaniu ziarna, groźne dla pracowników i stwarzające niebezpieczeństwo wybuchów. Kiełkowanie ziarna wiąże się z wydzielaniem dwutlenku węgla a jego duże stężenie jest groźne dla pracowników, dlatego również z tego względu ważna jest sprawna wentylacja. Istotnym obowiązkiem pracowników w słodowni jest utrzymywanie czystości. Ogranicza to możliwość poślizgów i upadków pracowników oraz chroni ziarno i słód przed rozwojem szkodników. Produkcja piwa Piwo jest napojem alkoholowym, sporządzanym ze słodu, chmielu i wody, przy zastosowaniu drożdży. Produkcja piwa obejmuje wytworzenie brzeczki piwnej ze słodu, poddaniu brzeczki fermentacji z udziałem drożdży, leżakowaniu młodego piwa powstałego w wyniku fermentacji oraz filtracji, rozlewu i pasteryzacji piwa. Uproszczony schemat produkcji piwa przedstawiono na rys. 3. Wytwarzanie brzeczki odbywa się w warzelni browaru. Obejmuje ono śrutowanie słodu, zacieranie, filtrowanie zacieru, gotowanie z chmielem i ewentualne odchmielanie. Śrutowanie słodu, czyli jego rozdrobnienie w śrutowniku, ułatwia wymycie składników słodu przez wodę i uzyskanie wysokiej wydajności ekstraktu. Zacieranie polega na zmieszaniu śruty słodowej z odpowiednią ilością wody (w stosunku ok. 1:4) w kadzi zaciernej (rys. 4). Powstały zacier ogrzewa się stopniowo w kotle zaciernym, w całości lub w częściach, stosując tzw. przerwy w określonych temperaturach, podczas których uaktywniają się poszczególne enzymy pochodzące ze słodu, powodując przede wszystkim rozkład skrobi i białek. W wyniku zacierania powstają cukry fermentujące, stanowiące pożywkę dla drożdży, które będą wykorzystane podczas fermentacji brzeczki. Otrzymany zacier poddaje się filtracji w kadzi filtracyjnej (rys. 6) lub w filtrze zacierowym w celu oddzielenia płynnej brzeczki od substancji, które nie uległy rozpuszczeniu. Powstaje produkt uboczny zwany wysłodzinami albo młótem, wykorzystywany jako pasza dla bydła. Brzeczka, jako właściwy półprodukt, kierowana jest do kotła warzelnego, gdzie odbywa się jej gotowanie z chmielem, czyli chmielenie. Gotowanie brzeczki z chmielem (w kotle warzelnym – rys. 7) ma na celu przejście do brzeczki rozpuszczalnych składników chmielu, nadających piwu cennych walorów organoleptycznych (poprawiają smak, zapach i barwę) i mających działanie antyseptyczne. Chmiel do brzeczki (w ilości 200-500g na 1 hl brzeczki) można dodawać w postaci: - szyszek chmielowych lub chmielu prasowanego (prasowane szyszki chmielowe), - ekstraktów i koncentratów chmielowych. Rys. 3. Etapy produkcji piwa [8, s. 109] 1 – śrutownik, 2 – zbiornik, 3 – kadź zacierna, 4 – kocioł zacierny, 5 – pompa, 6 – kadź filtracyjna, 7 – kocioł warzelny, 8 – odchmielacz, 9 – pompa, 10 – kadź osadowa, 11 – wirówka, 12 – płytowy wymiennik ciepła, 13 – kadzie fermentacyjne, 14 – tanki, 15 – filtr, 16 – zbiornik pośredni, 17 – rozlewaczka (kegi, beczki), 18 – rozlewaczka (butelki, puszki) Nowoczesne technologie produkcji piwa odchodzą już od wykorzystywania chmielu w postaci stałej na korzyść preparatów w postaci ekstraktów i koncentratów chmielowych.

Ekstrakty są wyciągami, uzyskiwanymi przy zastosowaniu rozpuszczalnika organicznego, (który później jest oddzielany) będącymi gęstymi, brunatno- czarnymi cieczami, zawierającymi większość ze składników zawartych w chmielu surowym a istotnych dla jakości piwa. Koncentraty otrzymuje się poprzez sproszkowanie szyszek chmielowych i usunięcie składników niezawierających lupuliny; mogą być dodatkowo prasowane np. w pastylki i wzbogacane ekstraktem chmielowym. Preparaty są trwalsze, łatwiejsze w przechowywaniu i stosowaniu, przyczyniają się do lepszego wykorzystania substancji goryczkowych pochodzących z chmielu, a tym samym do poprawy cech organoleptycznych piwa. Rys. 4. Kadź zacierna [5, s. 169] 1 – przedzaciernik, 2 – doprowadzenie gorącej wody, 3 – odprowadzenie zacieru, 4 – mieszadło, 5 – wał mieszadła, 6 – przekładnia ślimakowa, 7 – skrzynka biegów, 8 – silnik, 9 – kanały parowe W wyniku gotowania brzeczki następuje też zniszczenie niepotrzebnych już enzymów oraz jej wyjałowienie, dzięki czemu brzeczka staje się czysta mikrobiologicznie przed zaszczepieniem drożdżami. W czasie gotowania powstają połączenia między białkami i garbnikami, wypadające w postaci osadu i poprawiające klarowność brzeczki. W przypadku użycia szyszek lub chmielu prasowanego konieczne jest odchmielanie po zagotowaniu brzeczki. Odchmielanie ma na celu usunięcie nierozpuszczalnych w brzeczce części chmielu; prowadzi się je w urządzeniu zwanym odchmielaczem. Powstaje produkt uboczny zwany chmielinami. Chłodzenie brzeczki przygotowuje ją do fermentacji; w czasie stygnięcia brzeczki wypadają z niej osady. Osady te usuwa się podczas wstępnego chłodzenia w kadziach osadowych. Głównym składnikiem osadów są związki garbnikowo-białkowe. Po wydzieleniu osadów brzeczkę dalej ochładza się w płytowych wymiennikach ciepła. Rys. 5. Schemat warzelni w browarze [5, s. 168] 1 – przedzaciernik, 2 – kadź zacierna, 3 – kocioł zacierny, 4 – pompa do zacieru, 5 – zasuwa, 6 – kadź filtracyjna, 7 – korytko ściekowe, 8 – pompa do mętnej brzeczki, 9 – przenośnik ślimakowy wysłodzin, 10 – kocioł warzelny, 11 – odchmielacz, 12 – pompa do brzeczki

Rys. 6. Klasyczna kadź filtracyjna [5, s. 178] 1 – pokrywa, 2 – spulchniacz, 3 – sito, 4 – zraszacz, 5 – wał, 6 – przekładnia ślimakowa, 7 – skrzynia biegów, 8 – podnośnik hydrauliczny, 9 – pompa podnośnika, 10 – korytko brzeczkowe, 11 – spust wysłodzin, 12 – rura wyciągowa, 13 – zasuwa, 14 – doprowadzenie wody, 15 – regulator ciśnienia Fermentacja brzeczki odbywa się w kadziach fermentacyjnych w fermentowni po zaszczepieniu brzeczki drożdżami lub w wielkich zbiornikach zwanych tankofermentorami. Najczęściej stosuje się drożdże tzw. dolnej fermentacji, opadające po zakończeniu fermentacji na dno zbiornika, z gatunku Saccharomyces uvarum (carlsbergensis). Drożdże mogą być dodawane w postaci tzw. gęstwy drożdżowej, czyli osadów drożdżowych z poprzedniego cyklu fermentacji, lub w postaci wstępnie namnożonej czystej kultury drożdży wyhodowanej w laboratorium. Można również użyć łącznie i gęstwy i drożdży czystej kultury. Fermentacja piw dolnej fermentacji, poprzedzona rozmnażaniem się drożdży w warunkach tlenowych, najlepiej przebiega w zakresie niskich temperatur, ok. 5°C, według reakcji: C6H12O6 → 2C2H5OH + 2CO2 ↑ + E Wydzielająca się energia, w postaci ciepła, powoduje wzrost temperatury brzeczki; temperaturę tę należy kontrolować a w miarę potrzeby brzeczkę chłodzić. Czas fermentacji zależy od rodzaju produkowanego piwa i zawartości ekstraktu w brzeczce. Zbliżony jest, licząc w dobach, do wielkości ekstraktu.

Na początku następuje zafermentowanie, tworzy się dwutlenek węgla, pojawia się piana, której ilość stopniowo zwiększa się; fermentacja ze stadium tzw. niskich krążków przechodzi do stadium krążków wysokich. Brzeczka zamienia się w młode piwo. Rys. 7. Kocioł warzelny ogrzewany parą [5, s. 188] 1 – zamknięcie włazu, 2 – zamknięcie rury wyciągowej, 3 – rura odpływowa oparów, 4 – zawór bezpieczeństwa, 5 – kurek do napowietrzania, 6 – zawór do redukcji ciśnienia, 7 – termometr, 8 – manometr, 9 – szkło wzierne, 10 – laska miernicza, 11 – mieszadło, 12 – króciec i zawór spustowy, 13 – zawór parowy, 14 – manometr, 15 – zawór redukcyjny W trakcie fermentacji ekstrakt brzeczki jest odfermentowywany, zmniejsza się jego stężenie a przybywa alkoholu. Przykładowo dla piw o zawartości ekstraktu 12% w brzeczce podstawowej, ubytek ekstraktu wynosi ok. 8%, a więc młode piwo, tzw. zielone, zawiera już tylko 4% ekstraktu. Piwo znad osadów drożdżowych ściąga się do leżakowni. Osady przemywa się i wykorzystuje się, jako gęstwę drożdżową, do zaszczepienia nowej partii brzeczki. Drożdże, które nie zostały wykorzystane jako gęstwa drożdżowa, są wykorzystywane do celów paszowych. Leżakowanie piwa w tankach odbywa się po zakończeniu fermentacji, zazwyczaj w temperaturze 0-2°C. Czas leżakowania piwa jest zależny od jego rodzaju; piwa lekkie leżakują krócej, ok. 1 miesiąca, piwa mocne powyżej 3 miesięcy, przy czym piwa typu porter nawet i pół roku.

W czasie leżakowania ma miejsce dofermentowanie, piwo nasyca się dwutlenkiem węgla (jest to tzw. naturalna karbonizacja). Efektem leżakowania jest także zjawisko klarowania się piwa, usuwania składników lotnych przez powstający dwutlenek węgla (tzw. przemywanie piwa), wzbogacenie smaku i zapachu piwa (powstają substancje smakowo-zapachowe jako uboczne produkty fermentacji alkoholowej a także zachodzą reakcje chemiczne między składnikami piwa, np. reakcja estryfikacji). Następuje delikatny wzrost stężenia alkoholu w piwie. Dwutlenek węgla, wydzielający się w wyniku fermentacji, może być zbierany i wykorzystywany, np. w produkcji napojów gazowanych albo do silniejszego nasycenia piwa przed jego rozlewem. Filtracja piwa ma na celu usunięcie zawiesin, które nie opadły w czasie leżakowania (głównie połączeń garbnikowo-białkowych) oraz komórek drożdży zawieszonych w piwie. Efektem filtracji jest poprawienie klarowności piwa, zapobieganie jego zmętnieniu i przedłużenie trwałości. Piwo może być filtrowane kilkakrotnie. Rys. 8. Schemat filtru ramowego do ziemi okrzemkowej [5, s. 227] Do filtracji wykorzystuje się wirówki (do wstępnego klarowania) i filtry (np. prasa filtracyjna, filtr płytowo-ramowy, ceramiczny filtr świecowy). Przy filtracji korzysta się z materiałów pomocniczych: kartonów filtracyjnych, ziemi okrzemkowej (rys. 8), ziemi krzemionkowej i innych ułatwiających zatrzymanie zanieczyszczeń. Stabilizacja piwa może być zabiegiem dodatkowym, stosowanym przed filtracją lub pomiędzy dwiema filtracjami. Piwo można stabilizować poprzez dodatek np. kwasu askorbinowego, środków adsorbujących lub enzymów. Rozlew piwa musi odbywać się bez dostępu tlenu, w warunkach aseptycznych przy bezwzględnym zachowaniu zasad higieny produkcji. Piwo rozlewa się do beczek, kegów (rys. 9), butelek lub puszek. W rozlewni wykorzystuje się myjki butelek, aparat napełniający (napełniarki izobaryczne pracują przy ciśnieniu zbliżonym do ciśnienia atmosferycznego), aparat zamykający opakowania. Pasteryzacja piwa może odbywać się dwoma systemami, jako: − pasteryzacja przepływowa, dokonywana przed rozlewem piwa; − pasteryzacja w opakowaniach, najczęściej natryskowa, rzadziej zanurzeniowa. Po pasteryzacji w opakowaniach – butelkach piwo etykietuje się za pomocą etykieciarek i przekazuje do magazynu. Piwo zaleca się przechowywać w temperaturze ok. 5°C. Piwa dzieli się w zależności od użytego słodu i barwy na jasne i ciemne, a w zależności od zawartości ekstraktu w brzeczce (co związane jest z mocą piwa) na lekkie, pełne i mocne. W zależności od rodzaju użytych drożdży piwa mogą być dolnej lub górnej fermentacji. Rys. 9. Pojemnik na piwo – Keg o pojemności 30 litrów [8, s.112]

Wartość konsumpcyjna piwa wiąże się z jego charakterystycznymi cechami organoleptycznymi oraz wartością odżywczą i energetyczną. Wartość energetyczna piwa zależy od stężenia alkoholu etylowego w piwie (1 gram alkoholu dostarcza ok. 7 kcal energii) oraz zawartości ekstraktu nieodfermentowanego (1 gram ekstraktu dostarcza ok. 4 kcal energii). Należy zwrócić uwagę, że na opakowaniu piwa nie podaje się zawartości ekstraktu w piwie, lecz zawartość ekstraktu w brzeczce, z której piwo wyprodukowano; zawartość ekstraktu w piwie może być ok. 3 razy mniejsza niż w brzeczce. Piwo zawiera takie składniki odżywcze jak witaminy (rozpuszczalne w wodzie, głównie z grupy B, np. B1 i B6, witamina H – biotyna jest witamina z grupy B), związki białkowe (w tym aminokwasy), cukrowce (maltoza, dekstryny), substancje mineralne (np. potas, fosforany), związki aromatyczne. Bezpieczeństwo i higiena pracy w browarze Pomieszczenia i urządzenia browaru powinny być utrzymywane w należytej czystości (regularne mycie i dezynfekowanie) i sprawności, co warunkuje utrzymanie higieny produkcji. Stosowanie środków myjących powinno odbywać się z zachowaniem ostrożności, pracownicy powinni być wyposażeni w strój ochronny, w tym maski ochronne w przypadku zagrożenia wydzielającymi się szkodliwymi gazami. Należy przestrzegać ustalonych parametrów procesów technologicznych i kontrolować je z wykorzystaniem aparatury kontrolno-pomiarowej. W warzelni szczególną uwagę należy zwrócić na urządzenia podlegające dozorowi technicznemu, pracujące pod zwiększonym ciśnieniem i w podwyższonej temperaturze (kotły, odchmielacze). Nie wolno wchodzić do kotłów bezpośrednio po przetłoczeniu z nich gorących płynów, bez uprzedniego ochłodzenia wodą zimną, czy też podczas pracy mieszadła. Warunki pracy w fermentowni są niesprzyjające z uwagi na niską temperaturę, wysoką wilgotność i brak nasłonecznienia oraz świeżego powietrza; fermentownia powinna więc mieć sprawną wentylację. Przed wejściem do kadzi należy sprawdzać obecność dwutlenku węgla; osoba wchodząca powinna być wyposażona w szelki z linką i ubezpieczana przez drugiego pracownika z zewnątrz. Podobnie niesprzyjające warunki pracy mają pracownicy w dziale filtracji. Dodatkowym utrudnieniem jest często mokra posadzka. Stąd duże znaczenie ciepłej odzieży ochronnej, konieczność używania gumowych, przeciwpoślizgowych butów i fartuchów. W rozlewni zagrożenia dla pracowników wynikają z panującego hałasu, zawilgocenia posadzek i dużego umaszynowienia. W przypadku przetaczania beczek należy trzymać się wyznaczonych tras. Dodatkowe niebezpieczeństwo stanowi stłuczka szklana w przypadku rozlewu piwa do butelek, której nie wolno usuwać bezpośrednio rękami. Linie rozlewnicze powinny mieć sprawne wyłączniki miejscowe, blokujące pracę linii w przypadku awarii jednej z maszyn linii

**Rodzaje win**

W zależności od zawartości alkoholu i cukrów, wina dzieli się na: − stołowe, do których zaliczamy wytrawne (zawierają najmniej alkoholu i cukrów) i półwytrawne, − deserowe, do których zaliczamy półsłodkie, słodkie i bardzo słodkie (zawierają najwięcej alkoholu i cukrów). W zależności od barwy wyróżnia się wina czerwone, różowe i białe. Wina mogą być nasycone dwutlenkiem węgla; takimi winami są wina musujące (typu szampan) i gazowane (nasycane sztucznie). Moszcz otrzymuje się z umytych, oczyszczonych i posortowanych owoców w wyniku wytłoczenia z nich soku. Aby ułatwić tłoczenie owoce wstępnie rozdrabnia się (lub gniecie); niekiedy stosuje się fermentację wstępną takiej miazgi owocowej (zwłaszcza z owoców jagodowych, gdyż w tym przypadku uzyskuje się lepszą barwę i zapach, a przy tym wskutek zafermentowania moszcz zawiera pewną ilość alkoholu etylowego, który działa konserwująco). Tłoczenie jest łatwiejsze, jeśli do miazgi doda się preparatu enzymatycznego (pektynolitycznego) i pozostawi miazgę wraz z preparatem na kilka do kilkunastu godzin. Preparat powoduje uszkodzenie błon komórkowych i łatwiejsze wypływanie soku owocowego. W wyniku tłoczenia otrzymuje się moszcz świeży, w ilości ok. 85 litrów ze 100 kg miazgi owocowej, który jest głównym półproduktem do sporządzenia nastawu na wino. Moszcz może być konserwowany (zazwyczaj za pomocą dwutlenku siarki w ilości 300-400 mg/l) lub zagęszczany. Moszcze konserwowane dwutlenkiem siarki poddaje się desulfitacji (usuwanie SO2) przed sporządzaniem nastawu. Produktem ubocznym przy otrzymywaniu moszczu są wytłoki, które mogą być wykorzystane np. do celów paszowych lub do otrzymywania pektyny. Nastaw sporządza się z moszczu z dodatkiem cukru (do ok. 300 g/l nastawu), wody, matki drożdżowej (w ilości 2-5%) i pożywki dla drożdży (najczęściej zawierającej fosforan amonu); jako środek konserwujący stosuje się najczęściej dwutlenek siarki (30-150 mg/l). Sporządzenie matki drożdżowej wymaga wyselekcjonowania komórek drożdży o pożądanych cechach w warunkach laboratoryjnych. Komórki te namnaża się w laboratorium – powstaje szczep „czystej kultury”, który może być dalej namnażany w warunkach produkcyjnych. Aby z drożdży „czystej kultury” uzyskać matkę drożdżową należy przenieść drożdże na sterylne podłoże, zawierające sok owocowy z ewentualnym dodatkiem cukru. Matka drożdżowa namnaża się 2-3 dni w temperaturze ok. 26°C w warunkach tlenowych. Drożdże prowadzą wtedy oddychanie, zgodnie z reakcją: C6H12O6 + 6O2 → 6CO2 ↑ + 6H2O + E Po wprowadzeniu matki drożdżowej do nastawu drożdże czystej kultury zdominują środowisko, nie dopuszczając do rozwoju drożdży dzikich i innej obcej mikroflory. Pożywka dla drożdży ma dostarczyć głównie azotu, który jest budulcem dla nowych komórek drożdży. Typową pożywką jest fosforan amonu, dostarczający oprócz azotu także fosfor. Pożywka może też zawierać inne mikroelementy, np. siarkę, przydatne do budowy aminokwasów. Drożdże korzystają też z soli mineralnych zawartych w moszczu. Cukier wymagany jest przy produkcji win owocowych, zwłaszcza słodkich i o dużej mocy. Ilość cukru, którą należy dodać sporządzając nastaw, można obliczyć znając zawartość cukru w owocach i ich kwasowość. Jeśli wyliczona ilość cukru jest duża, wówczas cukier należy dodawać w porcjach – część przy sporządzaniu nastawu a resztę podczas jego fermentacji. Stężenie cukru tolerowane przez drożdże wynosi ok. 20%; wyższe stężenie powoduje hamowanie rozwoju drożdży. Cukier zaleca się dozować w postaci syropu wodno- cukrowego (może być sporządzony na gorąco i ochłodzony). Woda pozwala uzyskać odpowiednie stężenie cukru w nastawie; jest rozpuszczalnikiem dla cukru i pożywki oraz regulatorem temperatury. Żądana temperatura nastawu to 15-18°C, rośnie ona w czasie fermentacji do 23-25°C, czyli do poziomu najbardziej odpowiadającego drożdżom winiarskim. Dwutlenek siarki w warunkach przemysłowych zabezpiecza nastaw przed rozwojem niepożądanych drobnoustrojów, a głównie drożdży dzikich. Fermentacja nastawu odbywa się w zbiornikach fermentacyjnych zwanych tankami (rys. 10). W trakcie fermentacji obserwuje się następujące jej etapy: − zafermentowanie, które objawia się zmętnieniem nastawu, spowodowanym wzrostem liczby komórek drożdży, oraz wydzielaniem się piany, związanym z powstawaniem dwutlenku węgla, − fermentację główną, czyli burzliwą, związaną z gwałtownym pienieniem się nastawu i wydzielaniem bardzo licznych pęcherzyków CO2; − fermentację cichą, czyli dofermentowanie, w trakcie którego fermentacja słabnie, piana opada, pojawia się coraz mniej pęcherzyków CO2 a na dnie zbiornika powstaje coraz więcej osadów. Rys. 10. Tank fermentacyjny [8, s. 120] 1 – właz, 2 – kran spustowy, 3 – laska miernicza, 4 – otwór do odprowadzania CO2, 5 – płynowskaz, 6 – kran probierczy, 7 – czop fermentacyjny Z uwagi na intensywne pienienie w trakcie fermentacji burzliwej nie zaleca się pełnego napełniania zbiorników a jedynie do poziomu ok. 80%. Wydzielanie się ciepła podczas fermentacji może być tak duże, że zbiorniki trzeba chłodzić. Czas trwania fermentacji to okres 4-8 tygodni. Krócej fermentują wina wytrawne a dłużej wina słodkie. Fermentację można przedłużyć dodając w jej trakcie cukier. Również rasa drożdży ma wpływ na czas fermentacji – niektóre drożdże kończą fermentację szybciej, przy niższej zawartości alkoholu w młodym winie, inne – przy wyższej. Fermentownia powinna być wyposażona w wentylację, umożliwiającą odprowadzanie CO2, i klimatyzację umożliwiającą chłodzenie lub ogrzewanie. Przy wchodzeniu do zbiorników po fermentacji należy zachowywać szczególną ostrożność, ze względu na możliwość gromadzenia się na ich dnie dwutlenku węgla. W pomieszczeniach fermentowni, podobnie jak w całym zakładzie winiarskim, należy zachowywać czystość. Zagrożenia dla przebiegu fermentacji, związane z zainfekowaniem przez drobnoustroje niepożądane, to: − zaoctowanie, związane z wytwarzaniem kwasu octowego wskutek rozwoju bakterii octowych, − odkwaszanie nastawu spowodowane rozwojem szkodliwych drożdży dzikich, − fermentacja mlekowa, zachodząca pod działaniem bakterii kwasu mlekowego.

Obciąg młodego wina powinien być przeprowadzany ostrożnie, aby nie ściągać wraz z winem osadów, zalegających na dnie zbiorników fermentacyjnych. Wino można ściągać stosując: − zasysanie pompą, − lewarowanie przy wykorzystaniu różnicy poziomów cieczy. Młode wino może być poddane pasteryzacji w celu zatrzymania fermentacji i utrzymania odpowiedniej słodkości (giną wtedy drożdże a cukier pozostaje w winie nieodfermentowany). Osad powstały przy produkcji wina może być odwirowany w celu zmniejszenia strat, wysuszony i, jako produkt uboczny, przeznaczony na paszę. Leżakowanie wina ma na celu utworzenie się odpowiedniego „bukietu” wina i umożliwienie klarowania się wina. Podczas leżakowania utrzymuje się odpowiednią temperaturę i wykonuje się szereg operacji pomocniczych: kolejne obciągi wina, klarowanie, filtrowanie, korygowanie cech wina, ewentualnie leczenie wina w przypadku stwierdzenia jego wad. Pomieszczenie, w którym odbywa się leżakowanie, zwane jest leżakownią. Wino przekazywane z fermentowni do leżakowni zwykle jest filtrowane. Leżakowanie odbywa się w temperaturach zależnych od rodzaju wina od 5-18°C (niższe temperatury dla win wytrawnych i półsłodkich, wyższe – dla win słodkich). Pewne wina, tzw. maderyzowane, podczas leżakowania ogrzewa się, aby uzyskać charakterystyczne cechy organoleptyczne. Bukietem wina nazywa się złożony zapach, charakterystyczny dla poszczególnych gatunków wina, na który składają się: aromat użytych owoców, bukiet fermentacyjny – wytworzony w wyniku działania drożdży podczas fermentacji wina, oraz bukiet leżakowy, wytworzony podczas leżakowania. Aby cechy wina były stabilne stosuje się różne zabiegi stabilizacyjne: klarowanie wina, filtrację, pasteryzację. Dla poprawienia cech organoleptycznych wina można mieszać ze sobą różne partie wina o wzajemnie uzupełniających się cechach; zabieg taki zwany jest kupażowaniem. Rozlew win może być dokonywany: − na zimno, z zachowaniem sterylnych warunków, − na gorąco (w temperaturze podwyższonej do 45-55°C), − sposobem kombinowanym (rozlew gorąco-zimny). Produkcja miodów pitnych Miód pitny jest napojem alkoholowym, sporządzanym z płynnego miodu pszczelego, zwanego patoką, oraz wody (lub soku owocowego) przy zastosowaniu drożdży, które prowadzą proces fermentacji alkoholowej. Podział miodów pitnych dokonywany jest w oparciu o stosunek ilościowy miodu, użytego do produkcji, do wody (albo soku owocowego). Rozróżnia się następujące miody pitne: − półtorak, do produkcji którego używa się 1 litr patoki na 0,5 litra wody (razem 1,5 litra), − dwójniak, 1 litr patoki na 1 litr wody (razem 2 litry), − trójniak, 1 litr patoki na 2 litr wody (razem 3 litry), − czwórniak, 1 litr patoki na 3 litr wody. Technologia produkcji miodów pitnych jest zbliżona do technologii win owocowych. Różnice związane są z innym sposobem przygotowania surowca, którym jest miód. Bezpieczeństwo i higiena pracy przy produkcji win W przemyśle fermentacyjnym wymaga się od pomieszczeń, aby ich ściany i posadzki dawały się łatwo umyć i oczyścić, powinny być odporne na działanie wilgoci. Urządzenia powinny być tak rozmieszczone, aby dostęp do nich i ich obsługa nie sprawiały trudności.

W winiarstwie obowiązują podobne zasady, odnoszące się do bhp, jak w browarnictwie. Bardzo ważne jest chronienie nastawów winiarskich przed zakażeniami, a więc utrzymywanie utrzymanie higieny produkcji – należytej czystości pomieszczeń i urządzeń a także ich sprawności oraz przestrzeganie ustalonych parametrów procesów technologicznych i ich kontrolowanie. Podobnie jak w browarze, szczególnie fermentownia win powinna mieć sprawną wentylację. Zaleganie dwutlenku węgla w fermentowni może stanowić nawet zagrożenie dla życia pracowników, jako że jest on cięższy od powietrza i gromadzi się w dolnych częściach pomieszczeń i opróżnionych pomieszczeń.

**4.3. Technologia produkcji surówki, spirytusu i wódek**

**4.3.1. Materiał nauczania**

**Produkcja surówki spirytusowej**

Kierunkiem przemysłu fermentacyjnego obejmującym produkcję spirytusu surowego, czyli tzw. surówki, spirytusu rektyfikowanego oraz wódek i denaturatu jest gorzelnictwo. W gorzelniach korzysta się z surowców zawierających cukry. Schemat 3. Produkcja surówki spirytusowej (spirytusu surowego) [na podst. 12, s.17] Podział gorzelni: − rolnicze, przetwarzające surowiec pochodzenia rolniczego, tj. zboża, ziemniaki, owoce i przefermentowane nastawy winiarskie, − przemysłowe, przerabiające odpady innych przemysłów, np. melas (produkt uboczny otrzymywany podczas produkcji cukru), brzeczkę podrożdżową (produkt uboczny Surowiec skrobiowy Mycie, ważenie Parowanie Scukrzanie Zacier słodki Fermentacja Zacier odfermentowany Destylacja Spirytus surowy Woda Ścieki Para Preparaty enzymatyczne Drożdże Gazy fermentacyjne Wywar otrzymywany podczas produkcji drożdży), ługi posiarczynowe (odpad przemysłu drzewnego), skrobię (z przemysłu ziemniaczanego). Najlepsze spirytusy do celów spożywczych otrzymuje się z ziemniaków lub zboża. W surowcach tych obecna jest skrobia, W wyniku jej hydrolizy powstają cukry, które mogą być fermentowane przez drożdże, co prowadzi do powstania alkoholu etylowego, który jest podstawowym składnikiem surówki i spirytusu. Produkcja surówki z ziemniaków (schemat 3) wymaga spowodowania pełnej hydrolizy skrobi ziemniaczanej. Ziemniaki myje się i poddaje parowaniu (rys. 11). W czasie parowania skrobia rozluźnia się i ulega częściowej hydrolizie. Aby spowodować pełną hydrolizę skrobi do uparowanych ziemniaków dodaje się świeżego słodu (tzw. zielonego), bogatego w enzymy, otrzymanego przez skiełkowanie jęczmienia. Powstaje półprodukt zwany zacierem. Enzymy ze słodu rozkładają skrobię na dekstryny a następnie do maltozy i glukozy, czyli cukrów fermentowanych przez drożdże. Zacieranie w kadzi (rys. 12) trwa ok. 2 godz. Po zacieraniu dodaje się do zacieru drożdże zarodowe (tzw. matkę drożdżową), czyli odpowiednio rozmnożone drożdże, które spowodują fermentację zacieru i wytworzenie alkoholu etylowego; powstają przy tym produkty uboczne fermentacji, między innymi inne alkohole. Po fermentacji, która trwa ok. 70 godz. w 30°C, z przefermentowanego zacieru „odpędza się” alkohol etylowy na drodze destylacji. W ten sposób powstaje surówka spirytusowa. Rys. 11. Schemat parnika [6, s. 81] 1 – zasyp surowca, 2 – zawór bezpieczeństwa, 3 – manometr, 4 – zawór odpowietrzający, 5 – dopływ pary, 6 – dopływ wody, 7 – odpływ skroplin, zawór spustowy, 8 – zawór spustowy, 9 – kurek do spuszczania wody Rys. 12. Gorzelnicza kadź zacierna [9, s. 74] 1 – zbiornik, 2 – wymienniki ciepła (wężownice), 3 – kurek spustowy, 4 – podstawa, 5 – belka nośna, 6 – przekładnia pasowa, 7 – silnik, 8 – kołpak, 9 – króciec wyciągu, 10 – mieszadło, 11 – kurek probierczy, 12 – termometr Produkcja surówki z melasu jest prostsza, gdyż zawiera on cukry fermentujące i dlatego nie wymaga zacierania stosowanego przy wykorzystaniu surowców skrobiowych.

W tym przypadku przygotowuje się brzeczkę z melasu (zawierającego ok. 80% ekstraktu), poprzez jego rozcieńczenie wodą, aby uzyskać ekstrakt ok. 10-13% (przy zbyt wysokim stężeniu ekstraktu drożdże nie mogą prowadzić fermentacji). Brzeczkę zaszczepia się przygotowanymi drożdżami zarodowymi i prowadzi się fermentację. Po fermentacji dokonuje się odpędu (rys. 13), w wyniku czego powstaje surówka. Rys. 13. Schemat aparatury do destylacji prostej z deflegmacją [8, s. 114]: 1 – kocioł destylacyjny, 2 – deflegmator, 3 – skraplacz, 4 – odbiornik destylatu Produktem ubocznym po odpędzie spirytusu z surówki jest wywar, który może być wykorzystywany np. do produkcji drożdży paszowych. Produkcja spirytusu Ponieważ metodą prostej destylacji nie można otrzymać czystego alkoholu etylowego, surówkę po destylacji poddaje się rektyfikacji z wykorzystaniem kolumn rektyfikacyjnych (rys. 15). Rektyfikacja to proces rozdzielania cieczy przez wielokrotne odparowywanie i skraplanie. Rektyfikację traktuje się jako wielokrotną destylację, ale zachodzącą w jednym aparacie, zwanym kolumną rektyfikacyjną. Można ją prowadzić w kolumnach o działaniu okresowym lub o działaniu ciągłym. Celem rektyfikacji jest oczyszczenie surówki otrzymanej po destylacji prostej. W przypadku surówki chodzi o rozdzielenie alkoholu etylowego od wody i produktów ubocznych fermentacji, negatywnie wpływających na jakość spirytusu. Produktami rektyfikacji ze względu na charakter chemiczny są: - etanol, - alkohole wyższe zwane fuzlami, w tym propylowy, izobutylowy i izoamylowy, - aldehydy, - estry, - kwasy karboksylowe. Rys. 14. Schemat jednokolumnowego aparatu odpędowego [9, s. 127] 1 – półki zacierowe, 2 – półki spirytusowe, 3 – wężownice, 4 – wyrzutnik wywaru, 5 – manometr, 6 – termometr, 7 – wzierniki, zawór spustowy, 8 – bełkotka

Ze względu na temperaturę wrzenia wyróżniamy: - przedgony, czyli substancje mające niższą temperaturę wrzenia niż alkohol etylowy, odbierane są przed etanolem, - etanol, mający temperaturę wrzenia 78,3°C, - niedogony, czyli substancje o temperaturze wrzenia wyższej od temperatury wrzenia etanolu, odbierane są więc po etanolu, - związki o charakterze pośrednim, trudne do oddzielenia od etanolu nawet na drodze rektyfikacji, nieprzechodzące ani do przedgonów, ani do niedogonów. Rys. 15. Uproszczony schemat aparatu rektyfikacyjnego do produkcji ciągłej [8, s. 115]: 1 – kolumna aspiracyjna, 2 – kolumna rektyfikacyjna Rys. 16. Schemat półki dzwonowej w kolumnie rektyfikacyjnej [7, s. 12] Rodzaje spirytusu Stosując rektyfikację nie można uzyskać czystego 100% spirytusu; otrzymuje się spirytus o mocy do 96,5%. W zależności od stopnia jego oczyszczenia wyróżniamy rodzaje spirytusu spożywczego: − zwykły (najsłabiej oczyszczony, o mocy 96%), − wyborowy, − luksusowy (najmniej zanieczyszczony, o mocy 96,5%). Ponadto produkuje się również spirytus techniczny (do celów technicznych), który jest bardziej zanieczyszczony niż spirytus zwykły. Produkcja wódek i denaturatu Rodzaje wódek Wyróżnia się wódki czyste i wódki gatunkowe. Wódki czyste otrzymuje się poprzez rozcieńczenie spirytusu za pomocą wody. Wódki gatunkowe powstają ze spirytusu rozcieńczonego wodą z dodatkiem substancji smakowo-zapachowych i barwiących. W zależności od rodzaju użytego spirytusu wyróżnia się wódki czyste: − zwykłe, − wyborowe, − luksusowe.

Produkcja wódek czystych W procesie produkcji wódek czystych wyróżniamy następujące etapy: − uzdatnianie wody (zazwyczaj jej zmiękczanie, ale również usuwanie smaku, zapachu, odżelazienie, usuwanie CO2), mające zasadniczy wpływ, obok jakości spirytusu, na jakość wódki, − rozcieńczanie spirytusu uzdatnioną wodą, − oczyszczanie (sączenie przez węgiel drzewny i filtracja), − wyrównywanie mocy wódki, − rozlew. Produkcja wódek gatunkowych W procesie produkcji wódek gatunkowych wyróżniamy następujące etapy: − przygotowanie surowców: spirytusu, wody, dodatków (esencji, nalewek, destylatów owocowych, soków i innych dodatków), − połączenie surowców ze sobą, czyli „zestawianie” wódek, według receptury, − leżakowanie wódek, w czasie którego następuje ich dojrzewanie, − filtrację, - rozlew. Schemat 4. Produkcja wódek czystych [na podstawie 12, s. 20]

Produkcja denaturatu

Denaturat to spirytus z dodatkiem środków skażających, powodujących jego nieprzydatność konsumpcyjną; spożycie denaturatu może spowodować poważne zatrucie człowieka. Używany jest do celów gospodarczych, np. w gospodarstwach domowych. Demineralizacja Woda Spirytus rektyfikowany Sporządzanie zestawów Gotowy zestaw wódek Woda odmineralizowana Pakowanie Wódka czysta Czyste opakowania NaOH, H2SO4 Ścieki Opakowania Mycie Woda, środki myjące

W procesie produkcji denaturatu wyróżniamy następujące etapy: − przygotowanie spirytusu, − skażanie spirytusu i ewentualne barwienie, − klarowanie, − filtracja, − rozlew.

**4.4. Technologia produkcji drożdży i kwasów spożywczych**

**4.4.1. Materiał nauczania**

Produkcja drożdży piekarskich Drożdże piekarskie są to drożdże z gatunku Saccharomyces cerevisiae. Produkuje się je najczęściej z wykorzystaniem melasu jako surowca podstawowego będącego źródłem cukru. Drożdże stosuje się głównie jako: − środek spulchniający – w tym celu wykorzystuje się drożdże piekarskie prasowane lub suszone, − dodatek wzbogacający wartość odżywczą pieczywa i innych wyrobów – w tym celu stosuje się drożdże nieaktywne (martwe komórki drożdży), − składnik pasz (drożdże nieaktywne). Etapy produkcji drożdży piekarskich prasowanych z wykorzystaniem melasu (schemat 5) obejmują następujące operacje i procesy jednostkowe: - rozcieńczanie melasu (zawierającego ok. 75% ekstraktu) gorącą wodą (w stosunku 1:2 lub 1:3), przy czym powstaje brzeczka melasowa, – zakwaszanie brzeczki za pomocą kwasu siarkowego, – ogrzewanie, w wyniku którego dochodzi do sterylizacji brzeczki melasowej, – klarowanie, np. w wirówkach zwanych klaryfikatorami, w celu oddzielenia osadów i zawiesin wytrąconych po dodaniu kwasu i ogrzewaniu, – dodanie pożywki (zawierającej azot i fosfor, które są potrzebne do wzrostu komórek drożdży), – zaszczepianie drożdżami czystej kultury, wyhodowanymi w laboratorium, – prowadzenie hodowli przez kilkanaście godzin w temperaturze ok. 25°C w kadzi fermentacyjnej (rys. 17) z jednoczesnym napowietrzaniem (powietrzem czystym mikrobiologicznie, wprowadzanym przez barboter, czyli bełkotkę), które warunkuje szybkie rozmnażanie się drożdży; drożdże prowadzą wtedy oddychanie, zgodnie z reakcją: C6H12O6 + 6 O2 → 6 CO2 ↑ + 6 H2O + E przy czym następuje intensywny przyrost biomasy, – odwirowanie z wykorzystaniem wirówek, – prasowanie z wykorzystaniem pras filtracyjnych (rys. 18) lub filtrów próżniowych, do uzyskania zawartości suchej masy ok. 25%, – formowanie, – pakowanie. Rys. 17. Kadź drożdżowa [9, s. 168]: 1 – płaszcz kadzi ze stali kwasoodpornej, 2 – rura perforowana do zraszania kadzi, 3 – chłodnica wewnętrzna, 4 – mieszadło, 5 – napęd mieszadła, 6 – cyklon, 7 – doprowadzenie i odpływ wody chłodzącej, 8 – rura powietrzna, 9 – doprowadzenie melasu, 10 – regulator poziomu piany, 11 – przegub wahliwy, 12 – dozownik melasu, 13 – doprowadzenie powietrza Drożdże suszone aktywne, w postaci nitek, płatków lub granulek, uzyskuje się poprzez suszenie w temperaturze do 38°C do osiągnięcia zawartości wody w drożdżach od 10 do 30%. Drożdże nieaktywne suszy się w wyższych temperaturach, aby komórki obumarły.

Rys. 18. Filtr próżniowy [9, s. 188]1 – bęben, 2 – komora natryskowa, 3 – tkanina, 4 – łożysko lewe, 5 – próżniomierz, 6 – końcówka do podłączania pomp próżniowych, 7 – naprężacz pasa, 8 – noga lewa, 9 – nóż skrawający, 10 – zawór szybko zamykający, 11 – noga prawa, 12 – łożysko prawe, 13 – ucho tylne, 14 – odprowadzenie wody z komory natryskowej, 15 – doprowadzenie wody do dysz, 16 – nóż wyrównujący, 1 7 – wanna, 18 – przekładnia bezstopniowa, 19 – silnik, 20 – ucho przednie Schemat 5. Produkcja drożdży piekarskich prasowanych [opr. własne] Melas Sporządzanie brzeczki, sterylizacja, klarowanie Dodanie pożywki Zaszczepianie Fermentacja Woda Pożywka Drożdże czystej kultury CO2 Odwirowanie Powietrze Prasowanie Odciek Formowanie, pakowanie Drożdże prasowane Opakowania Odciek Kwas siarkowy Osad Woda głębinowa

Wymagania stawiane drożdżom piekarskim prasowanym związane są z ich cechami organoleptycznymi i siłą pędną: − barwa kremowa, dopuszczalny szary odcień (powierzchnia powinna być bez nalotów), − smak i zapach swoisty (bez posmaku gorzkiego, pleśni, bez obcych zapachów), − konsystencja ścisła (bez kruszenia się, bez zewnętrznych objawów mazistości), − rysa szorstka (rysę sprawdza się poprzez pociągnięcie paznokciem kciuka po powierzchni kostki drożdży; nie powinna być gładka, mazista), − przełom muszlowy (przełom sprawdza się po przełamaniu na pół kostki drożdży; nie powinien być gładki), − wysoka siła pędna (siłę pędną mierzy się czasem potrzebnym do podniesienia ciasta przez drożdże na określoną wysokość). Uwagi dotyczące bhp Ponieważ przy produkcji drożdży wykorzystuje się stężony kwas siarkowy, który jest substancją silnie żrącą, należy bezwzględnie przestrzegać zasad ostrożnego obchodzenia się z nim. Pracownicy zatrudnieni przy manipulacji z kwasami powinni mieć strój ochronny – gumowe buty, fartuchy i rękawice oraz okulary w oprawie kwasoodpornej i gazoszczelnej (lub inną dopuszczoną osłonę twarzy). Kontakt ze środkami żrącymi należy ograniczać do minimum. Należy pamiętać o niebezpieczeństwach związanych z zaleganiem dwutlenku węgla w opróżnionych kadziach fermentacyjnych. Produkcja kwasów spożywczych Produkcja kwasu octowego Kwas octowy (E 260) jest powszechnie stosowanym kwasem spożywczym, zarówno w przemyśle jak i w gospodarstwach domowych. Jego słaby roztwór, przeznaczony do celów spożywczych, najczęściej 5-10%, zwany jest octem. Przemysł spożywczy produkuje kwas octowy na drodze fermentacji octowej, prowadzonej przez bakterie octowe Acetobacter. Fermentacja octowa, w wyniku której powstaje kwas octowy, przebiega w warunkach tlenowych według następującej reakcji (zapis sumaryczny): CH3CH2OH + O2 → CH3COOH + H2O + E etanol kwas octowy Surowcami do produkcji kwasu octowego są: alkohol etylowy (spirytus, najlepiej ziemniaczany), woda (którą rozcieńcz się spirytus), pożywka dla bakterii (sole mineralne, ekstrakt słodowy. Obecnie stosuje się metodę wgłębną z wykorzystaniem zbiorników ze stali kwasoodpornej, zwanych acetatorami (rys. 19), z intensywnym napowietrzaniem. Rys. 19. Schemat acetatora [9, s. 269] 1 – silnik, 2 – napowietrzacz, 3 – pompa zacieru octowego, 4 – płynowskaz, 5 – wlot górny, 6 – właz dolny, 7 – rura cyrkulacyjna, 8 – chłodnica, 9 – filtr powietrza

Produkcja kwasu mlekowego Kwas mlekowy jest dodatkiem do żywności (jego symbol to E 270). Można go otrzymać metodą fermentacyjną (schemat 6), wykorzystując czyste kultury bakterii kwasu mlekowego Lactobacillus delbrückii. Schemat 6. Produkcja kwasu mlekowego [opr. własne Melas Sporządzanie brzeczki, sterylizacja Dodanie pożywki Zaszczepianie Fermentacja Wytrącenie kwasu mlekowego Szlam H2SO4 Woda Pożywka Bakterie mlekowe Zacier CO2 Uwalnianie kwasu mlekowego CaCO3 Filtracja Filtracja Gips, szlam Zagęszczanie, Leżakowanie Roztwór kwasu mlekowego Osady

Fermentacja mlekowa, w wyniku której powstaje kwas mlekowy, przebiega według następującej reakcji (zapis sumaryczny): C6H12O6 → 2 CH3CH(OH)·COOH + E Fermentacja zachodzi w kadziach fermentacyjnych bez udziału tlenu, najlepiej w temperaturze 48-50°C przy pH środowiska ok. 4,2. Surowcami do produkcji kwasu mlekowego są surowce zawierające cukry: cukier biały, cukier żółty (przemysłowy), krochmal, melas, serwatka, kukurydza i inne surowce, bogate w polisacharydy. W czasie produkcji dodaje się węglanu wapnia (kredy) CaCO3, którego zadaniem jest neutralizacja wytworzonego już się kwasu mlekowego, ponieważ powstający kwas mlekowy hamuje proces fermentacji; węglan wapnia wiąże się z kwasem mlekowym i wypada w postaci mleczanu wapnia. Po 6-7 dniach fermentacji zacier, zawierający mleczan wapnia, traktowany jest kwasem siarkowym – uwalnia się kwas mlekowy i powstaje osad gipsu CaSO4. Za pomocą filtru próżniowego oddziela się osady. W celu dalszego oczyszczenia kwas może być jeszcze poddawany leżakowaniu (ok. 14 dni), aby wytrąciły się osady (głównie krzemionki). Otrzymany kwas mlekowy zagęszcza się do stężenia 50 lub 80%. Produkcja kwasu cytrynowego Kwas cytrynowy jest popularnym dodatkiem do żywności (jego symbol to E 330). Można go otrzymać na drodze: − wydobycia go z surowców roślinnych (np. z cytryn), − fermentacji cytrynowej (cytrynianowej), w której surowcem są cukry; fermentacja może być prowadzona metodą powierzchniową lub wgłębną (nowocześniejszą i wydajniejszą). Fermentacja cytrynowa, w wyniku której powstaje kwas cytrynowy, przebiega według następującej reakcji (zapis sumaryczny): 2C6H12O6 + 3O2 → 2C6H8O7 + 4H2O glukoza kwas cytrynowy Fermentację tę prowadzi się najczęściej przy wykorzystaniu pleśni Aspergillus niger. W procesie produkcji kwasu cytrynowego wyróżniamy następujące etapy: − sporządzanie brzeczki z melasu (zawierającej 13-20% cukru), poprzez rozcieńczenie melasu wodą i jej sterylizację, − dodanie pożywki dla pleśni (sole mineralne, fosfor i substancje azotowe), − zaszczepianie pleśniami czystej kultury Aspergillus niger, − prowadzenie fermentacji, podczas której ma miejsce napowietrzanie; w metodzie wgłębnej fermentacja trwa ok. 10 dni, − oddzielenie grzybni, gdyż pleśnie prowadząc fermentację rozmnażają się, − ogrzewanie i dodawanie chlorku wapnia CaCl2, który ma za zadanie wytrącić kwas szczawiowy (powstający podczas fermentacji jako produkt uboczny) w postaci szczawianu wapnia, − odsączenie szczawianu wapnia, − ogrzewanie przesączu do wrzenia, − dodawanie mleka wapiennego Ca(OH)2, które powoduje wytrącenie kwasu cytrynowego w postaci cytrynianu wapnia, − oddzielanie cytrynianu wapnia na prasach filtracyjnych, − dodawanie H2SO4 do cytrynianu wapnia, przy czym wytrąca się osad gipsu CaSO4 i uwalnia kwas cytrynowy w roztworze, − krystalizacja kwasu cytrynowego.

Zagrożenia dla środowiska powodowane przez zakłady przemysłu fermentacyjnego Przemysł fermentacyjny obejmuje wiele różnych kierunków, charakteryzujących się różnym wpływem na środowisko naturalne. Skala zagrożeń zależy właśnie od kierunku produkcji i jej wielkości. Szczególne zagrożenia stwarza przemysł spirytusowo-drożdżowy, ze względu na dużą skalę produkcji i jej charakter. Mniejsze zagrożenia występują ze strony zakładów winiarskich i piwowarskich, choć wielkość produkcji jest tu dość znaczna. Produkcja kwasów spożywczych odbywa się w małej skali, stąd ten kierunek produkcji nie stwarza dużego zagrożenia dla środowiska naturalnego. Wpływ na atmosferę Specyficznymi dla zakładów przemysłu fermentacyjnego zanieczyszczeniami przedostającymi się do atmosfery są etanol i dwutlenek węgla, powstające w procesie technologicznym; źródłem emisji są np. słodownie, kadzie, w których rozmnaża się drożdże i prowadzi procesy fermentacyjne, oddziały rektyfikacji. Przemysł fermentacyjny wykorzystuje znaczne ilości pary grzejnej a przy jej produkcji powstają duże spaliny zanieczyszczające atmosferę. Pyły powstają w słodowniach, podczas wyładowywania, transportu wewnętrznego i operacji jednostkowych, którym poddawane są ziarno oraz słód. W połączeniu z powietrzem, pyły stwarzają niebezpieczeństwo wybuchów. Systemy chłodzenia, spełniające ważną rolę w przemyśle fermentacyjnym, mogą być źródłem wycieków amoniaku, groźnego szczególnie dla najbliższego otoczenia. Powstawanie ścieków Przemysł fermentacyjny zużywa bardzo duże ilości wody, a tym samym produkuje znaczną ilość ścieków, choć znaczna ilość wody znajduje się też w produktach przemysłu fermentacyjnego – w piwie, winach, wódkach. Źródłem ścieków w przemyśle fermentacyjnym są głównie: − ścieki technologiczne – płukanie, filtrowanie i prasowanie drożdży, filtrowanie wódek gatunkowych, mycie ziemniaków w gorzelniach rolniczych czy mycie ziarna w słodowniach, odcieki z młóta i chmielin w browarach; bardzo groźny jest wywar z gorzelni melasowych, powstający w procesie technologicznym produkcji spirytusu surowego, − ścieki powstające przy czyszczeniu powierzchni produkcyjnych, myciu urządzeń i opakowań w rozlewniach, myciu środków transportu, − ścieki będące wyciekami wskutek awarii i nieszczelności aparatury, − ścieki socjalne i wody opadowe, − wody z wymienników ciepła, które nie zawierają zanieczyszczeń, a jedynie charakteryzują się podwyższoną temperaturą; są to wody pochłodnicze – chłodzenie mleczka drożdżowego, brzeczki drożdżowej w czasie hodowli, chłodzenie w procesach fermentacji i rektyfikacji. Wody pochłodnicze nie muszą być kierowane do oczyszczalni ścieków, ale podnoszą temperaturę wód, z którymi się mieszają. BZT (biologiczne zapotrzebowanie tlenu) ścieków przemysłu fermentacyjnego jest różne w zależności od kierunku produkcji – dla przykładu jest niezwykle wysokie dla wywaru z gorzelni melasowych, bardzo wysokie w przypadku drożdżowni a dość niskie w przypadku browarów. Ponadto ścieki z drożdżowni mogą powodować rozwój tzw. grzyba ściekowego, groźnego dla wód. Ścieki pochodzące z różnych działów zakładu nie powinny być mieszane, lecz poddawane osobnej obróbce, co ułatwia ich utylizację. Wywar z gorzelni rolniczych może być wykorzystywany jako pasza dla bydła. Wywar z gorzelni melasowych może być częściowo wykorzystany jako pasz, może być też spalany (powstaje jednak przykry zapach).

Odpady stałe Przemysł fermentacyjny również negatywnie może oddziaływać na środowisko poprzez produkcję odpadów stałych. Odpadami takimi są: − zanieczyszczenia mineralne i organiczne ziarna, obce ziarno i ziarno złej jakości obecne w ziarnie dostarczanym do słodowni, − pyły zgromadzone w urządzeniach odpylających, − zużyta ziemia okrzemkowa i kartony filtracyjne wykorzystywane przy filtracji piwa, − pozostałości owoców, przypraw i ziół wykorzystywanych w przemyśle spirytusowym, wysłodziny, chmieliny i osady brzeczne pochodzące z browarów, − osady ściekowe, np. szlamy pozostające po biodegradacji ścieków z drożdżowni, − stłuczka szklana, odpady papierowe, folie i odpady plastykowe, które można zagospodarowywać jako surowce wtórne, − żużel jako odpad z kotłowni i inne. Bhp, ochrona przeciwpożarowa i ochrona środowiska w przemyśle fermentacyjnym Wymienione wcześniej niebezpieczeństwa wymuszają ścisłe przestrzeganie zasad i przepisów bhp, ochrony przeciwpożarowej i ochrony środowiska w przemyśle fermentacyjnym. W zakładach przemysłu fermentacyjnego przy wielu operacjach technologicznych istotnym problemem jest uciążliwy dla załogi hałas i wibracje, których źródłami są w działy technologiczne (np. linie do rozlewu produktów, śrutowniki) jak i infrastruktura (wentylatory, chłodnie, urządzenia transportowe) czy zły stan urządzeń. Pracownicy powinni używać w tych przypadkach ochraniaczy słuchu (np. słuchawek ochronnych). Urządzenia należy utrzymywać w sprawności, regularnie smarować, stosować osłony izolacyjne, o ile to możliwe – wykładać masami głuszącymi. Bardzo istotne jest wytłumianie pomieszczeń produkcyjnych (ekrany dźwiękochłonne, pochłaniacze przestrzenne). Dwutlenek węgla, powstający w procesach technologicznych przemysłu fermentacyjnego, jest niebezpieczny dla pracowników. Przy wchodzeniu pracowników do zbiorników po fermentacji w celu ich czyszczenia należy zachowywać szczególną ostrożność, ze względu na możliwość gromadzenia się na ich dnie dwutlenku węgla i możliwość omdlenia. Gromadzenie się dwutlenku węgla i niebezpieczeństwo wycieków amoniaku z urządzeń chłodniczych wymusza wyposażenie w sprzęt ratunkowy – maski ochronne, aparaty tlenowe i odzież ochronną, a także wymaga regularnego sprawdzania sprzętu kontrolno-pomiarowego. Istnieje również zagrożenie pylicą, zwłaszcza pylicą krzemową pod wpływem pyłu towarzyszącego ziarnu. Krzemionka, obecna w pyle zbożowym, może wywoływać u pracowników chorobę – pylicę krzemową. Dlatego przy pracach, podczas których pracownik narażony jest na wdychanie pyłu, należy używać maseczek ochronnych. Zakłady powinny posiadać systemy wentylacyjne. Z uwagi na grożące niebezpieczeństwa wybuchu ze strony pyłów konieczne jest odpylanie pomieszczeń i zakaz używania otwartego ognia. Instalację elektryczną należy szczególnie zabezpieczać i nie dopuszczać do iskrzenia. Obiekt powinien być wyposażony w sprzęt przeciwpożarowy. Urządzenia odpylające należy zachowywać w pełnej sprawności. Nie należy dopuszczać do gromadzenia się pyłów, zarówno w pomieszczeniach produkcyjnych, na obudowie maszyn jak i na elementach konstrukcji budynków. Środki pomocnicze, chemikalia stosowane w procesach mycia i dezynfekcji oraz oleje opałowe i odpady należy przechowywać w warunkach uniemożliwiających przenikanie do środowiska i dbać o stan zbiorników magazynowych. Urządzenia oczyszczające należy zachowywać w pełnej sprawności, stosować segregację odpadów i ścieków. Ścieki powinny być oczyszczane fizyczne i biologiczne.

Praca przy produkcji napojów alkoholowych stwarza warunki do uzależnienia się pracowników od alkoholu – pracowników obowiązuje więc całkowita abstynencja. Pracownicy zobowiązani są przestrzegać stosowne przepisy również z powodu typowych zagrożeń wypadkowych, podobnie jak w innych branżach, ze strony maszyn, aparatury i instalacji. Generalną zasadą jest zakaz czyszczenia oraz usuwania usterek podczas pracy maszyn i urządzeń. Nowoczesne zakłady, dbające o swój wizerunek, wdrażają zintegrowane systemy jakości, łączące system zarządzania jakością z systemem zarządzania środowiskiem oraz systemem zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy, co przynosi pozytywne efekty zarówno dla zakładu, jego pracowników jak i dla otoczenia oraz środowiska naturalnego.