



Patent dodatkowy  
do patentu \_\_\_\_\_

Zgłoszono: 31.V.1963 (P 101 764)

Pierwszeństwo: \_\_\_\_\_

Opublikowano: 18.II.1966

Kl. 6 b, 16/01

MKP C 12 c

11/20

UKD

BIBLIOTEKA

Urzędu Patentowego  
1963

Współtwórcy wynalazku: mgr inż. Marek Bartko, mgr inż. Irena Jaworowska, mgr inż. Dionizy Krzyżaniak, mgr inż. Barbara Kukla, Zbigniew Kufel, inż. Bernadeta Lech, Alojzy Małkowski

Właściciel patentu: Cukrownia Chełmża, Chełmża (Polska)

## Sposób prowadzenia fermentacji etanolowej w gorzelnii melasowej

1 Przedmiotem wynalazku jest sposób prowadzenia fermentacji etanolowej, pozwalający na trzykrotne zwiększenie wydajności drożdży paszowych w gorzelnianach melasowych bez stosowania napowietrzania w procesie głównej fermentacji, a więc umożliwiający wykorzystywanie gazów fermentacyjnych do wytwarzania suchego lodu i ciekłego dwutlenku węgla.

Drożdże paszowe posiadają duże znaczenie jako niezbędny składnik mieszanek paszowych, ponieważ podwyższają w nich zawartość biologicznie wartościowego białka, jak również zawartość witamin. Zapotrzebowanie na drożdże suszone jest tak duże, że nawet po wykorzystaniu do ich produkcji odpadów przemysłu papierniczego, przemysłu mleczarskiego i innych, podstawowym surowcem do wyrobu drożdży pozostaje melas, produkt uboczny przemysłu cukrowniczego. Ze względu na wysoką cenę melasu, zasadnicze znaczenie na wybór takiej metody produkcji drożdży paszowych, która zapewniłaby maksymalną wydajność białka z 1 kg melasu. W związku z tym od kilku lat stosuje się w gorzelnianach melasowych wydzielanie drożdży, powstających w procesie fermentacji etanolowej, przy czym koszt drożdży suszonych, uzyskiwanych 20 jako produkt uboczny, jest prawie dwukrotnie niższy od kosztu drożdży, produkowanych przez drożdżownię.

Obecnie stosuje się kilka sposobów prowadzenia fermentacji etanolowej melasu, przy czym można 30

2 wyróżnić ogólnie trzy etapy procesu fermentacyjnego. Pierwszym etapem jest przygotowanie czystej kultury drożdży, do czego stosuje się szereg ras i szczepów *Saccharomyces cerevisiae*. Drugi etap 5 ma na celu przygotowanie zacieru drożdżowego, tak zwanej matki drożdżowej, a trzeci etap stanowi proces głównej fermentacji. Dla pierwszego i drugiego etapu przygotowuje się brzeczkę melasową o stężeniu 10—14° Ballinga, zaś stężenie 10 brzeczek melasowej do głównej fermentacji wynosi 15—50° Ballinga, w zależności od sposobu prowadzenia głównej fermentacji.

O ile w dwóch pierwszych etapach nie ma istotnych różnic w technologii poszczególnych gorzelnii melasowych, to w sposobach prowadzenia głównej fermentacji istnieje szereg różnic. Stosuje się więc metody fermentacji periodycznej i fermentacji ciągłej. Przy periodycznym prowadzeniu procesu brzeczka melasowa może być dodawana w porcjach 15 w określonych odstępach czasu, względnie przez ciągłe dolewanie, aż do zapełnienia kadzi fermentacyjnej. Metoda fermentacji ciągłej melasu została opracowana w roku 1937 przez F.O. Gładkiego. Jej zasadniczym celem jest zmniejszenie zatrudnienia oraz zwiększenie zdolności produkcyjnej urządzeń przez skrócenie czasu fermentacji.

Przy stosowaniu znanych metod prowadzenia fermentacji etanolowej w gorzelnianach melasowych uzyskuje się jednakże średnio tylko 40—60 kg drożdży suszonych  $D_{82}$  na 1000 litrów wyprodukowanego

wanego 100%-owego etanolu. Największą wydajność, wynoszącą około 65 kg drożdży suszonych  $D_{92}$  na 1000 litrów etanolu, można osiągnąć przy stosowaniu metody Boinot'a, będącej metodą zwrotnej separacji drożdży. Polega ona na tym, że część drożdży z odfermentowanego zacieru pozbawia się bakterii przez przemywanie roztworem kwasu siarkowego, aktywuje przez krótkotrwałą fermentację w rozcieńczonych roztworach melasu, a następnie skierowuje do szczepienia następnych zacierów głównej fermentacji.

Należy nadmienić, że w celu zwiększenia masy komórkowej drożdży przy etanolowej fermentacji melasu nie można adaptować metod, stosowanych w drożdźnictwie właściwym, ponieważ przy fermentacji drożdżowej stosuje się rozcieńczenie melasu 1:25, podczas gdy w gorzelnii ze względów ekonomicznych stopień rozcieńczenia melasu wynosi 1:3 do 1:3,3. Fermentowanie zacierów o niskiej końcowej zawartości alkoholu nie byłoby opłacalne z powodu zwiększonych kosztów destylacji i zagęszczaniu wywaru.

W ostatnich latach opracowano metodę fermentacji melasu, której zastosowanie umożliwia dwukrotne zwiększenie uzysku drożdży suszonych, a mianowicie uzyskiwanie około 120 kg drożdży suszonych  $D_{92}$  na 1000 litrów produkowanego 100%-owego spirytusu. Zwiększenie przyrostu komórek drożdżowych uzyskuje się w tej metodzie drogą stosowania w fazie głównej fermentacji stosunkowo silnego napowietrzania. Intensywność napowietrzania jest różna w poszczególnych okresach głównej fermentacji i wynosi 1–30  $m^3$  powietrza na 1  $m^2$  podstawowej powierzchni i godzinę. Metoda ta nie może być jednak stosowana w tych gorzelniach melasowych, w których gazy fermentacyjne wykorzystuje się do produkcji suchego lodu i ciekłego dwutlenku węgla. Niewielka bowiem nawet ilość powietrza w gazach fermentacyjnych stanowi przeszkodę do otrzymania ciekłego dwutlenku węgla, zaś proces usuwania powietrza z tych gazów jest kosztowny i wymaga szeregu skomplikowanych urządzeń. Ponieważ wykorzystywanie gazów fermentacyjnych do wytwarzania suchego lodu jest ze względów gospodarczych wprowadzane w większości gorzelnii melasowych, przeto wspomniana metoda w praktyce nie może znaleźć szerszego zastosowania.

Znane metody prowadzenia fermentacji alkoholowej w gorzelniach melasowych, zmierzające do zwiększania uzysku drożdży suszonych, polegają więc bądź na stosowaniu rozcieńczonych zacierów, bądź też na napowietrzaniu zacierów głównej fermentacji. Sposoby te mają szereg wad, z których najważniejsze to zwiększanie zużycia pary do odpędu spirytusu i zagęszczania wywaru oraz rozcieńczanie gazu fermentacyjnego powietrzem.

Celem wynalazku jest wyeliminowanie tych wad i opracowanie takiej metody prowadzenia fermentacji w gorzelnii melasowej, która by zabezpieczała zwiększenie produkcji drożdży paszowych do 150 kg drożdży suszonych  $D_{92}$  na 1000 litrów wyprodukowanego 100%-owego alkoholu, przy równoczesnym umożliwieniu wykorzystywania gazów fermentacyjnych do produkcji suchego lodu. Osiąga się to we-

dług wynalazku dzięki temu, że proces przygotowania drożdży do głównej fermentacji prowadzi się w taki sposób, iż uzyskuje się stosunkowo duży zasiew drożdży o znacznej zawartości azotu i o wysokiej aktywności biologicznej. Drożdże te, dodane do zacieru głównej fermentacji, wykazują zdolność rozmnażania się przez kilka generacji w warunkach anaerobowych. Potrzebny zasiew drożdży otrzymuje się przez przygotowanie takiej ilości matki drożdżowej, której objętość stanowi 82–83% objętości zacieru głównej fermentacji.

Wysoką aktywność biologiczną drożdży uzyskuje się dzięki temu, że w fazie przygotowania drożdży do głównej fermentacji zmienia się skokowo temperaturą fermentacji w ten sposób, że przez dwie godziny od początku trwania cyklu wynosi ona 30°C, a na przeciąg dwóch następnych godzin zostaje obniżona do 26°C. W momencie obniżenia temperatury fermentującej cieczy dodaje się 0,86 kg 25%-owej wody amoniakalnej na 1  $m^3$  brzezki, przy czym następuje intensywne asymilowanie przez drożdże azotu nieorganicznego i przez to zwiększenie zawartości azotu w drożdżach o około 7%.

Obniżanie temperatury w kadzi fermentacyjnej z równoczesnym dodawaniem wody amoniakalnej jest zabiegiem, który jako taki jest znany i stosowany niekiedy w drożdźniach na zakończenie procesu produkcji drożdży. Stosuje się go mianowicie w tych przypadkach, gdy kosztem nieznacznego zmniejszenia wydajności chodzi o otrzymanie drożdży prasowanych o większej trwałości i większej sile podnoszenia. Na podstawie doświadczeń na skalę fabryczną stwierdzono obecnie, że tak przygotowane drożdże, wprowadzone do głównej fermentacji etanolowej melasu, podczas której utrzymuje się temperaturę najkorzystniejszą wynoszącą 30°C, pomimo warunków anaerobowych wykazują tendencję do dużego przyrostu komórek drożdżowych w okresie fermentacji głównej. Przyrost ten jest równy nawet dwukrotnej ilości drożdży, zastosowanych jako zasiew do kadzi głównej, a więc znacznie przekracza wyniki, jakie osiąga się przy stosowaniu znanych metod, stosowanych w gorzelniach melasowych.

Zgodnie z wynalazkiem, w okresie trwania głównej fermentacji, w celu zabezpieczenia dalszego wzrostu, komórek drożdżowych i skrócenia cyklu fermentacyjnego, stosuje się energiczne mieszanie fermentującej cieczy. W tym celu kadź fermentacyjną zaopatruje się w specjalny przewód obiegowy, w który włącza się pompę, korzystnie pompę przevalową, to jest mającą dużą wydajność przy niskim podnoszeniu. Za pomocą tej pompy przepompowuje się ciecz fermentującą w kierunku przeciwnym do kierunku spływania gęstego roztworu melasu.

Sposób według wynalazku umożliwia trzykrotne zwiększenie uzysku drożdży paszowych w porównaniu do wyników, uzyskiwanych przy stosowaniu znanych metod i pozwala na prowadzenie procesu przy użyciu stężonych zacierów, a dzięki temu na utrzymanie korzystnych wskaźników zużycia energii cieplnej. Równocześnie sposób ten daje możliwość wykorzystywania gazów fermentacyjnych do

produkcji suchego lodu i ciekłego dwutlenku węgla.

Sposób według wynalazku jest dokładnie wyjaśniony w poniższym przykładzie i w odniesieniu do rysunku, przedstawiającego znany w zasadzie układ urządzeń technologicznych gorzelni melasowej, wraz z pompami obiegowymi przy kadziach głównej fermentacji, stosowanymi w sposobie według wynalazku.

Przykład. Podstawową brzeczkę melasową o dwóch stopniach rozcieńczenia przygotowuje się w ten sposób, że ze zbiornika 1 wprowadza się melas do kaskadowego mieszalnika 2, w którym przez odpowiednie dozowanie wody otrzymuje się brzeczkę o gęstości 70°Blg. Brzeczka ta służy do zasilania kadzi głównej fermentacji 12. W drugim natomiast mieszalniku kaskadowym 3 przyrządza się brzeczkę o niższym stężeniu, to jest o gęstości 8—10°Blg. Brzeczka ta służy do rozmnażania drożdży. Do mieszalnika kaskadowego 3 doprowadza się kwas siarkowy ze zbiornika 4, wyciąg superfosfatu ze zbiornika 5 i roztwór wody amoniakalnej ze zbiornika 6.

Proces fermentacji dzieli się na trzy fazy. W pierwszej fazie przygotowuje się czystą kulturę drożdży. Przygotowanie tej kultury w aparatach propagacyjnych Lindnera 7, 8 i 9 prowadzi się jednym ze znanych sposobów, stosując stężenie brzeczek 8—9°Blg, temperaturę fermentacji 29°C oraz okresowe napowietrzanie. Czystą kulturę drożdży *Saccharomyces cerevisiae*, szczep O<sub>11</sub>, po rozmnożeniu w laboratorium wprowadza się w ilości 20 litrów do aparatu propagacyjnego 7. Wymiany czystej kultury w aparatach propagacyjnych dokonuje się co 7 dni. Zwiększenie ilości drożdży zarodkowych uzyskuje się przez systematyczne wprowadzanie w okresach 90-cio godzinnych do aparatu 7 po 10 kg drożdży nastawnych D<sub>25</sub>.

Przed wprowadzeniem do aparatu propagacyjnego drożdże nastawne rozdrabnia się i zalewa 10 litrami 5%-owego roztworu wodnego kwasu siarkowego. Czas trwania kąpieli kwasowej wynosi 20 minut. W pierwszym aparacie propagacyjnym 7 o pojemności 200 litrów przygotowuje się brzeczkę o stężeniu 9°Blg, dodaje pożywki w postaci kwasnego fosforanu amonowego w ilości odpowiadającej 0,29 kg kwasu, do uzyskania kwasowości 1,2—1,3°D. Całą zawartość sterylizuje się za pomocą pary wodnej, ogrzewając brzeczkę przez 30 minut do 100°C.

Po ochłodzeniu brzeczek do 29°C wprowadza się drożdże czystej kultury, względnie drożdże nastawne po kąpieli kwasowej. Po ukończeniu fermentacji całą zawartość aparatu, to jest 150 litrów, przetłacza się sprężonym powietrzem do przygotowanej, wysterylizowanej i ochłodzonej brzeczek w drugim aparacie propagacyjnym 8. Objętość brzeczek wynosi 550 litrów. Następnie, po rozmnożeniu się drożdży w drugim propagatorze 8, całą jego zawartość przetłacza się do trzeciego aparatu propagacyjnego 9, którego całkowita pojemność wynosi 4000 litrów. W tym propagatorze przygotowuje się uprzednio sterylizowaną brzeczkę o stężeniu 9°Blg, ukwaszoną do 1,2—1,4°D. Objętość przygotowanej brzeczek wynosi 1000 litrów.

Jako pożywki dodaje się wyciągu superfosfatu w ilości odpowiadającej 0,75 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> oraz 1,2 kg siarczanu amonowego. Temperatura fermentacji 29°C. Objętość brzeczek w trzecim propagatorze 9 po dodaniu drożdży z drugiego aparatu 8 wynosi łącznie 1700 litrów. Po odfermentowaniu cieczy do gęstości 4,5°Blg dodaje się porcjami po 600 litrów brzeczek, wysterylizowanej i ochłodzonej w drugim propagatorze 8.

Po dodaniu trzech porcji po 600 litrów, całkowita objętość drożdży zarodkowych w trzecim propagatorze 9 wynosi 3500 litrów. 2000 litrów odfermentowanego płynu oddaje się do nastawiania fermentacji drożdżowej, a do pozostałych 1500 litrów dodaje się porcjami wysterylizowanej i ukwaszonej brzeczek, aż do ponownego zapełnienia. Cykl ten powtarza się do czasu ponownego wprowadzenia czystej kultury do pierwszego aparatu 7.

Drugą fazę stanowi przygotowanie drożdży do głównej fermentacji. Fermentację drożdżową prowadzi się w odpowiednio przygotowanych kadziach drożdżowych 10. Kadzie te są wyposażone dodatkowo w urządzenie do napowietrzania zacierów drożdżowych, na przykład w wiązki perforowanych rurek miedzianych 11, ułożonych na dnie kadzi. Jako źródło sprężonego powietrza stosuje się sprężarkę 22 z pierścieniem wodnym. Powietrze jest kierowane poprzez filtr 23 do poszczególnych kadzi drożdżowych. Całkowita pojemność kadzi drożdżowych powinna wynosić co najmniej 22% objętości kadzi głównej fermentacji. Ze względu na zjawisko pienienia, stopień napełnienia kadzi drożdżowej wynosi 80% jej całkowitej pojemności. Przygotowanie drożdży w kadzi drożdżowej odbywa się w ten sposób, że do kadzi drożdżowej wprowadza się 20% brzeczek melasowej o gęstości 9°Blg w stosunku do końcowej objętości cieczy w kadzi.

Następnie przeprowadza się sterylizację brzeczek za pomocą ogrzewania parą. Po ochłodzeniu do 28°C dodaje się ze zbiornika 4 kwasu siarkowego aż do uzyskania kwasowości 0,9—1,1°D oraz wodnego wyciągu superfosfatu ze zbiornika 5. Dodaje się taką ilość pożywki, aby dawka ta w przeliczeniu na P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> wynosiła 0,65 kg na 1 m<sup>3</sup> końcowej ilości cieczy w kadzi. Do tak przygotowanej brzeczek wprowadza się 2000 litrów drożdży zarodkowych z trzeciego aparatu propagacyjnego 9. Przez cały czas trwania fermentacji prowadzi się napowietrzanie brzeczek, stosując 20 m<sup>3</sup> powietrza na 1 m<sup>3</sup> brzeczek i godzinę. Dopływ wody chłodzącej reguluje się tak, ażeby temperatura fermentacji wynosiła 30°C. Po odfermentowaniu brzeczek do gęstości 4,5°Blg rozpoczyna się ciągłe dolewanie ukwaszonego, rozcieńczonego do 9°Blg melasu. Szybkość dopływu brzeczek reguluje się w ten sposób, aby gęstość fermentującej cieczy utrzymać w granicach 6—6,5°Blg.

Po napełnieniu kadzi wstrzymuje się dopływ brzeczek i następuje teraz proces dojrzewania drożdży. Po uzyskaniu gęstości 4,5°Blg 52% całej objętości drożdży odprowadza się do kadzi głównej fermentacji, a do pozostałej ilości cieczy w kadzi drożdżowej dodaje się brzeczkę melasową o gęstości 9°Blg, w ilości 10% w stosunku do czynnej pojemności kadzi. Ukwasza się całość kwasem siar-

kowym do uzyskania kwasowości 1,1—1,3°D, a następnie dodaje się wyciągu superfosfatu w ilości wyżej podanej. Temperaturę cieczy doprowadza się do 30°C i rozpoczyna ciągle dolewanie rozcieńczonej brzezki, przy stałym napowietrzaniu zawartości kadzi.

Po dwóch godzinach obniża się temperaturę cieczy do 26°C i w tym momencie dodaje ze zbiornika 5 roztwór 25%-owy wody amoniakalnej, w ilości 0,86 kg na 1 m<sup>3</sup> brzezki. Nie przerywając dopływu brzezki i napowietrzania cieczy utrzymuje się temperaturę fermentacji 26°C aż do całkowitego napełnienia kadzi odfermentowania brzezki do 4,5°Blg. Gazy fermentacyjne, rozcieńczone powietrzem, skierowuje się do oddzielnej płuczki wodnej 24, a następnie odprowadza je do atmosfery. Po zakończeniu fermentacji 52% zawartości odpuszcza się do nastawienia głównej fermentacji i cykl w kadziach drożdżowych powtarza na nowo. Czas trwania cyklu wynosi cztery godziny.

Trzecią fazę stanowi główna fermentacja. Do wymytej, wysterylizowanej i ochłodzonej kadzi głównej fermentacji 22 wprowadza się dojrzałą brzezke drożdżową z poszczególnych kadzi drożdżowych, w ilości 82% w stosunku do czynnej pojemności kadzi fermentacyjnej. Następnie ze zbiornika 1, przez kaskadowy mieszalnik 2, rozpoczyna się ciągle dolewanie melasu o gęstości około 70°Blg, aż do napełnienia kadzi. Szybkość dopływu stężonej brzezki reguluje się tak, aby gęstość fermentującej cieczy utrzymać na poziomie 8—8,5°Blg. Kadzie fermentacyjne mają dodatkowe wyposażenie w postaci pomp obiegowych 13, włączonych w specjalny przewód cyrkulacyjny. Wydajność pomp wynosi 2000 l/min i wysokość podnoszenia 1,52 m słupa wody. Pompy są tak włączone, że kierunek cieczy wewnątrz kadzi jest od dołu do góry, a więc przeciwny do kierunku dopływu melasu do kadzi.

Pompa ma za zadanie utrzymanie fermentującej cieczy w stałym ruchu. Stosowanie tego rodzaju mieszania jest konieczne ze względu na dość dużą lepkość dopływającego melasu oraz ze względu na to, że gaz fermentacyjny jest przeznaczony do wytwarzania suchego lodu, a więc nie powinien

być rozcieńczony powietrzem, co miałyby miejsce, gdyby stosować znaną metodę napowietrzania. Gaz fermentacyjny, po częściowym oczyszczeniu w płuczce wodnej 25, zostaje skierowany do zbiornika dwutlenku węgla. Przez cały czas trwania głównej fermentacji pompa obiegowa powinna być w ruchu. Temperaturę fermentacji utrzymuje się w granicach 30—32°C. Czas fermentacji wynosi 26—28 godzin. W ten sposób otrzymuje się odfermentowany zacier o następującej charakterystyce:

|                             |                                    |
|-----------------------------|------------------------------------|
| zawartość alkoholu          | — 9,5 — 10,5% obj.                 |
| zawartość suchej substancji | — 10 — 11,5%,                      |
| kwasowość                   | — 0,3 — 0,6°D,                     |
| zawartość drożdży           | — 50 — 52 g D <sub>25</sub> /litr. |

Po ukończonej fermentacji zacier przesyła się za pomocą pompy wirowej 14 na stację separatorów I 15. Uzyskane mleczko drożdżowe I przemycia się wodą w zbiorniku 16, a następnie za pomocą pompy 17 kieruje na separatory II 18. Mleczko drożdżowe z separatora II spływa do zbiornika 19, skąd przepływa do plazmolizera 20. Po ukończeniu procesu plazmolizy skierowuje się je na suszarkę walcową 21.

#### Zastrzeżenie patentowe

Sposób prowadzenia fermentacji etanolowej w gorzelnii melasowej przy wykorzystywaniu gazów fermentacyjnych do produkcji suchego lodu i ciekłego dwutlenku węgla, **znamienny tym**, że do głównej fermentacji stosuje się duży zasiew, wynoszący na 1 m<sup>3</sup> brzezki głównej fermentacji co najmniej 3,5 kg suchej masy drożdży o znacznej zawartości azotu i o wysokiej aktywności biologicznej, otrzymanych w fazie przygotowawczej, podczas której obniża się skokowo temperaturę fermentacji z 30°C do 26°C, dodając równocześnie 25%-owego roztworu wody amoniakalnej, przy czym w fazie głównej fermentacji miesza się fermentującą ciecz za pomocą pompy cyrkulacyjnej, zwłaszcza pompy o dużej wydajności i niskim podnoszeniu, powodując ruch cieczy w kierunku przeciwnym do kierunku dopływu melasu.

