

Dr inż. Krzysztof KUCHARCZYK
Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Prof. dr hab. inż. Tadeusz TUSZYŃSKI
Krakowska Wyższa Szkoła Promocji Zdrowia w Krakowie
Dr inż. Tadeusz KUCHCIAK
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności, Politechnika Łódzka w Łodzi
Dr inż. Piotr ANTKIEWICZ
Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

OPIS NOWOCZESNEGO ZBIORNIKA (TANKOFERMENTORA) STOSOWANEGO DO FERMENTACJI I DOJRZEWANIA PIWA[®]

Description of the modern tank (fermentation tank) used to fermentation
and maturation beer[®]

Słowa kluczowe: brzeczka piwna, tankofermentor, proces fermentacji i dojrzwania piwa.

W większości browarów do produkcji piwa obecnie używa się tankofermentory, tzw. tanki cylindryczno-koniczne (CKT) lub unitanki. To nowoczesne zbiorniki o różnorodnej wielkości, dostosowanej do zdolności wytwórczej browaru, ułatwiającej proces produkcji oraz zapewniające wytwarzanie piwa w sterylnych warunkach.

Bardzo duży wpływ na cechy sensoryczne i skład chemiczny piwa ma proces fermentacji brzeczki i dojrzwania. Na tych etapach kształtuje się ostateczny skład chemiczny i profil sensoryczny napoju. Oprócz zastosowanego szczepu drożdży, istotne znaczenie ma dobór odpowiednich parametrów technologicznych.

Połączenie nowoczesnej techniki z zastosowaniem optymalnych parametrów technologicznych procesu fermentacji i dojrzwania, stwarza możliwość wyprodukowania piwa wysokiej jakości. Rezultatem wyboru odpowiedniej technologii produkcji piwa, jest właściwy skład komponentów lotnych oraz korzystne cechy sensoryczne.

Key words: beer wort, fermentation tank, processes of fermentation and maturation beer.

In the most of the breweries to produce beer used tankfermenters, conical-cylindrical tanks (CKT). It is a modern fermentation tank of various sizes, adapted to the capacity of the brewery to facilitate the manufacturing process and to ensure the production of beer in a sterile conditions.

A very large impact on the sensory characteristics and chemical composition of a process of fermentation and maturation of beer wort. On these stages is as the final chemical composition and sensory profile of the drink. In addition to the applied strain of yeast is essential to the selection of appropriate technological parameters.

Combining modern technology with the use of optimal technological parameters of the process of fermentation and maturation, it makes it possible to produce high-quality beer. The result of the selection of appropriate technology of beer production, the correct composition of the volatile components and favorable sensory characteristics.

WPROWADZENIE

Przez wiele stuleci stosowano w browarach drewniane kadzie fermentacyjne i kufy do leżakowania piwa. Prace nad zamkniętym tankiem cylindryczno-konicznym prowadził szwajcarski uczonec dr Leopold Nathan, który w roku 1908 opatentował w Niemczech sposób fermentacji w systemie wielkozbiornikowym [10].

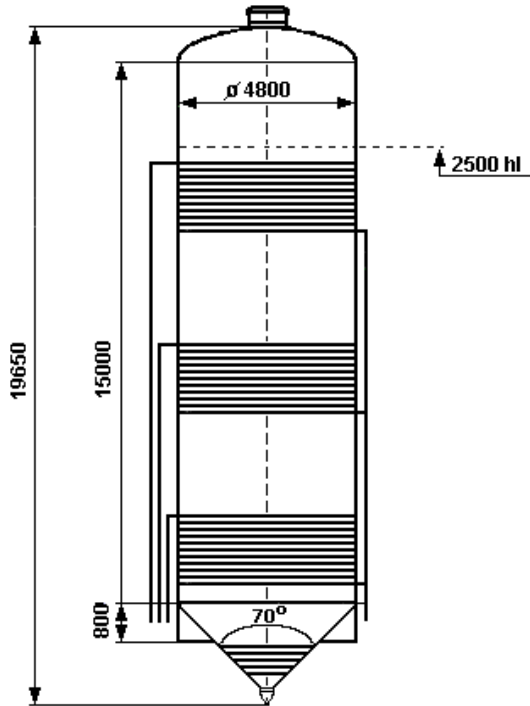
Dopiero po wielu latach wprowadzono automatyczny system mycia i dezynfekcji CIP (clean in place) i od tego czasu wzrosło zainteresowanie tym systemem fermentacji.

Obecnie prawie cały proces fermentacji brzeczki i dojrzwania piwa w browarach przebiega w tankofermentorach zwanych unitankami lub skrótowo CKT (cylindryczno-koniczny tank, rys.1). Zasada tej metody polega na pionowym ustawieniu cylindrycznego zbiornika zakończonego u dołu

stożkiem, w którym po fermentacji głównej osiadają drożdże. Można je usunąć bez jego opróżniania co sprawia, że proces dojrzwania piwa przebiega w tym samym tankofermentorze, przy udziale komórek drożdży pozostających jeszcze w odfermentowanej brzeczce [1, 2, 3, 4].

Głównym pozytywem fermentacji w CKT jest znacznie większe bezpieczeństwo biologiczne, skrócony czas fermentacji i dojrzwania, mniejsze straty piwa, większa ochrona przed natlenieniem, zamknięty proces mycia i dezynfekcji (CIP), odzysk CO₂ oraz możliwość zautomatyzowanego sterowania przebiegającym procesem. Otwarte kadzie fermentacyjne nie zapewniały bezpieczeństwa mikrobiologicznego, jakkolwiek warstwa CO₂ nad fermentującym piwem uniemożliwia rozwój drobnoustrojów aerobowych, głównie niektórych szczepów drożdży i bakterii.

Unitank zbudowany jest ze stali węglowej - kwasoodpornej, typ 1.4301, o wysokiej zawartości chromu, krzemu, niklu i magnezu [9]. Pojemności tanków są różne i wahają się od kilkudziesięciu do kilkunastu tysięcy hektolitrow. Są one 3-4 razy wyższe niż wynosi ich średnica ($h = 10 - 20$ m; $d = 2,5 - 6$ m). Najważniejszą cechą tych zbiorników jest stożkowe dno o kącie rozwarcia ok. 70° . Zapewnia to skuteczne ściąganie osadzonych w części stożkowej komórek drożdży i osadów pofermentacyjnych [12, 13].



Rys. 1. Przykładowy schemat tankofermentora.

Fig. 1. Exemplary scheme of fermentation tank.

Źródło: Kucharczyk K. 1998 [7]

Source: Kucharczyk K. 1998 [7]

Celem artykułu jest prezentacja nowoczesnego zbiornika (tankofermentora) stosowanego do fermentacji i dojrzewania piwa.

OPIS TANKU CYLINDRYCZNO-STOŻKOWEGO

Tankofermentor to nowoczesny zbiornik w różnym stopniu zautomatyzowany i najczęściej sterowany programem komputerowym (rys. 2), służący do fermentacji, dojrzewania i leżakowania piwa.

Tankofermentor ma kształt cylindryczny, z dnem stożkowym, przykryty jest wyobloną pokrywą.

W praktyce przemysłowej stosunek wysokości zbiorników do ich średnicy zawiera się najczęściej w zakresie 3:1 do 6:1, a kąt stożka nie powinien przekraczać 70° [11, 14].

Zbiorniki mogą być posadowione na odpowiednich wspornikach lub pierścieniach nośnych. Tanki o większych pojemnościach ustawione są wyłącznie na pierścieniu. Ustawienie tanków może być następujące [6]:

- całkowicie na powierzchni podłoża bez obudowy ściągami (wolnostojące),

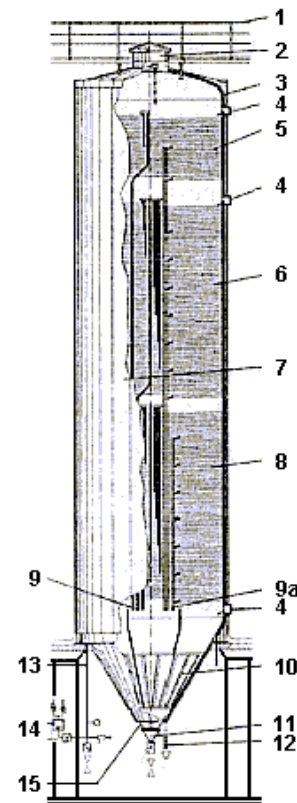
- zabudowana tylko część stożkowa tanku,
- całe tanki w budynku (małe tanki).

Wskazane jest obudowanie tanków ze względu na izolację cieplną, estetykę i inne wymagania.

Decyzja o tym, który wariant budowy zostanie wybrany, powinna zapaść po głębokim rozważeniu wszystkich wchodzących w grę argumentów. Na rzecz tanków wolnostojących, przemawia możliwość indywidualnego regulowania temperatury w każdym zbiorniku z osobna, oraz brak oddziaływania temperatury jednego tanku na drugi.

Tanki wolnostojące wymagają jednak lepszej izolacji z uwagi na większe straty ciepła [9].

Ważny jest także sposób polerowania wewnętrznej części tankofermentora, zwłaszcza stożka. Gładkość powierzchni ocenia się przez pomiar amplitudy nierówności, która nie powinna przekraczać $1,6 \mu\text{m}$, a należy dążyć aby była ona poniżej $0,8 \mu\text{m}$. Wynikają jednak z tego dodatkowe koszty.



Rys. 2. Tank cylindryczno – stożkowy.

1. pomost obsługi, 2. kopuła tanku z armaturą,
3. kable i rura odwadniająca w warstwie izolacyjnej,
4. czujnik termometru, 5. mała strefa chłodzenia dla leżakowania,
- 6-8. strefy chłodzenia fermentacji głównej, 7. izolacja, 9. przewody ciepłego amoniaku,
- 9a. odprowadzenie par amoniaku, 10. strefa chłodzenia stożka,
11. króciec spusowy stożka i zamknięcie wjazdu, 12. kurek probierczy,
13. przewody łączące z kopułą (CO_2 , odpowietrzanie, CIP), 14. zawór czopujący, 15. sonda poziomego zawartości tanku.

Fig. 2. The cylindrical-conical tank.

Źródło: Kunze W. 1999 [9]

Source: Kunze W. 1999 [9]

Duża gładkość powierzchni ważna jest szczególnie w części stożkowej tanku, aby zapobiec nadmiernemu osadzeniu się drobnoustrojów zakażających fermentację i przede wszystkim umożliwić łatwą sedimentację gęstwy drożdżowej oraz odprowadzenie po zakończonej fermentacji. Należy pamiętać, że komórki bakterii i drożdży dzikich są mniejsze od komórek drożdży piwnych i mogą osadzić się w zagłębieniach źle oszlifowanej powierzchni tanku i stanowić źródło stałej infekcji. Z tego względu wewnątrz tanku powinno być co pewien czas dokładnie badane na obecność drobnoustrojów zakażających piwo, aby w razie potrzeby zastosować specjalny, dezynfekujący program mycia [9].

Wizualna kontrola procesu w tanku cylindryczno-stożkowym jest dla piwowara niedostępna. Tym ważniejsza jest więc rola urządzeń pomiarowych, za pomocą których można kontrolować procesy, aby odpowiednio wpływać na ich przebieg. Do urządzeń takich należą [5]:

- termometry (czujniki temperatury),
- wskaźniki stanu napełnienia,
- wskaźniki ciśnienia,
- czujniki (sondy) minimalnego i maksymalnego poziomu cieczy w tanku,
- króćce do pobierania próbek.

Do regulacji temperatury służą płaszcze chłodzące wypełnione odpowiednim czynnikiem chłodzącym, zlokalizowane częściowo w części cylindrycznej jak i stożkowej tankofermentora [5].

Podczas procesu fermentacji powstaje ciepło, które należy odprowadzić. Ponadto w okresie zimnego leżakowania, piwo powinno być schłodzone do temperatury od 0 do -1°C. Na ilość ciepła, które trzeba odprowadzić, składa się:

- ciepło powstające podczas fermentacji,
- ciepło, które trzeba odprowadzić przy chłodzeniu piwa do temperatury leżakowania,
- ciepło przenikające z otoczenia.

Przenoszenie ciepła zachodzi za pośrednictwem segmentów rur i różnych form płaszczy chłodzących. Instalacje muszą być tak skonstruowane, aby na danym odcinku jak największa powierzchnia ściany tanku była poddawana chłodzeniu. Przy chłodzeniu systemem bezpośredniego odparowania, powierzchnie chłodzenia tanku podlegają obowiązkowej kontroli, gdyż ciśnienie par czynnika chłodzącego może okresowo dochodzić do 11,6 bar [9].

Przy wysokich zbiornikach fermentacyjnych nie można rezygnować z chłodzenia części stożkowej tankofermentora. Podwyższona temperatura, występująca w tej części zbiornika, może powodować niekorzystne zmiany, m.in. autolizę drożdży z dalszymi tego konsekwencjami [14].

W celu ochrony przed wpływem wysokich i niskich temperatur otoczenia, wolnostojące tanki powinny być dobrze zaizolowane. Te ustawione w budynku, także wymagają indywidualnego chłodzenia. Jako materiał izolacyjny stosuje się najczęściej twardą piankę poliuretanową, którą nakłada się w warstwach o grubości 100 do 150 milimetrów. Izolacja jest od zewnątrz chroniona blachą aluminiową lub ze stali nierdzewnej. Twarda pianka poliuretanowa ma bardzo dobre właściwości izolujące, tak że nawet bardzo niskie tempe-

ratury otoczenia nie mają wpływu na temperaturę procesów w tanku [9]. W trakcie procesów fermentacji i dojrzewania piwa, należy zapewnić optymalny zakres temperatur a więc także odpowiednie chłodzenie.

Procesem fermentacji można kierować poprzez:

- sterowanie ręczne jako forma najprostsza,
- sterowanie półautomatyczne z zaprogramowanymi temperaturami,
- pełną automatykę sterowania procesem w zależności od temperatury, czasu oraz stopnia odfermentowania.

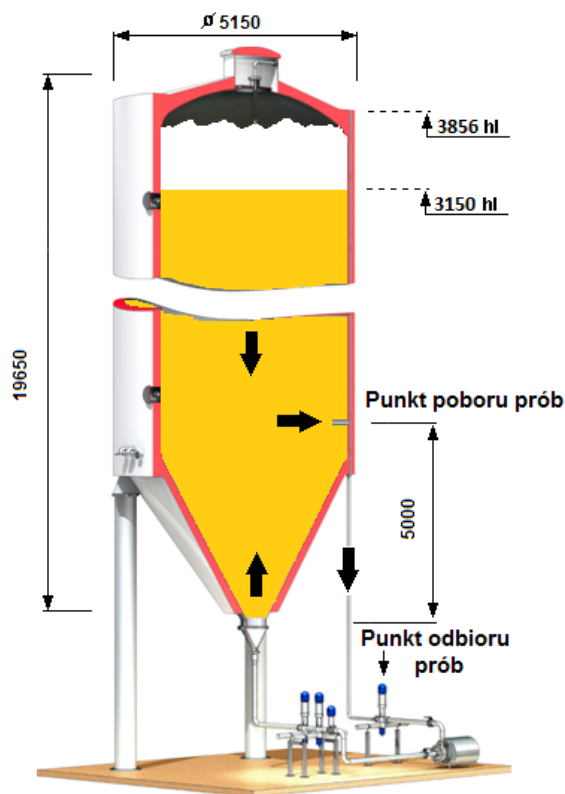
Tanki cylindryczno-stożkowe są napełniane i opróżniane od dołu. Muszą więc być łączone rurociągami doprowadzającymi brzeczkę, odprowadzającymi drożdże oraz piwo, jak również doprowadzającymi i odprowadzającymi roztwory CIP.

Ważną rzeczą jest, aby te połączenia były skonstruowane w sposób zabezpieczający przed infekcją i dostępem tlenu, bowiem kontakt piwa z powietrzem, zawsze powoduje pogorszenie jego jakości. Dla usunięcia powietrza z rurociągów piwnych, napełnia się je przed obciążeniem odgazowaną wodą. Aby łącznik łukowy nie wprowadził do rurociągu powietrza, trzeba go po podłączeniu odpowiedzieć przez kurek odpowietrzający, zainstalowany w najwyższym punkcie połączenia. Jeszcze lepszym sposobem odpowietrzania rurociągów i połączeń jest wypełnienie ich dwutlenkiem węgla, który całkowicie usuwa powietrze. W większości browarów instaluje się stałe układy rurociągów. Zawory są mechanicznie zdalnie obsługiwane przy zastosowaniu sterowania z pulpitu operatora lub komputerem. Instalacje te są droższe ale wymagają mniej licznego personelu do ich obsługi. Zawory takie są zainstalowane na każdym tanku z osobna (łączenie indywidualne), istnieją też połączenia grupowe do wszystkich tanków na jednej ramie nośnej rozgałęzionych rurociągów. Przy tym drugim wariantcie duża liczba zaworów zgromadzona bywa w małej przestrzeni, co może być zaletą, ale też wadą eksploatacyjną.

Próbki piwa z tankofermentora można pobierać, przez cały czas trwania procesu produkcyjnego. Do pobierania próbek stosuje się specjalne urządzenie, wyposażone w zainstalowaną na stałe małą pompę pracującą w obiegu zamkniętym. Umożliwia to pobranie w każdej chwili próbek fermentującej breczki lub dojrzewającego piwa (rys. 3).

Punkt odbioru prób umiejscowiono pod stożkową częścią fermentora, jednak faktyczny odpływ czerpalny strumienia zlokalizowany jest nad częścią stożkową, zwykle około 5 m od dna zbiornika, w przypadku CKT o całkowitej pojemności 3856 hl. W celu uzyskania reprezentatywnej próby, pompka cyrkulacyjna pracuje podczas całego procesu technologicznego, z wyjątkiem wyłączenia jej (na około 24 godziny) przed odbiorem drożdży (końcowy etap dojrzewania w wyższej temperaturze) i osadów drożdżowych (w trakcie leżakowania).

Obieg próbobiorczy zamontowany na części cylindrycznej, tuż nad częścią stożkową, pozwala na powrót strumienia breczki, a w dalszym etapie i piwa do najniższej usytuowanej części zbiornika.



Rys. 3. Tank cylindryczno-koniczny (CKT) z zaznaczonym punktem poboru prób.

Fig. 3. Cylindrical-conical tank (CCT) with a marked point sampling.

Źródło: Kucharczyk K. 2013 [8]

Source: Kucharczyk K. 2013 [8]

Tanki cylindryczno - stożkowe, są myte systemem CIP, przez splukiwanie powierzchni roztworami myjącymi. Urządzenia myjące zaliczają się do uzbrojenia kopuły tanku [9].

Do wewnętrznego czyszczenia CKT służą obrotowe głowice. Do dyspozycji są spryskiwacze o wydajności od 50 do 500 hl/h. Głębokość zabudowy wynosi 20 i 50 cm, w zależności od typu i wymiaru zbiornika. Szczególnie ważne jest przy tym, prawidłowe zwymiarowanie przekroju przewodu doprowadzającego ciecz myjącą [14].

PODSUMOWANIE

Browary, aby móc konkurować na rynkach światowych, są zmuszone wprowadzać nowoczesne rozwiązania technologiczne i techniczne. Głównym celem tych zmian, jest poprawa jakości piwa oraz obniżenie kosztów jego produkcji.

Większość polskich browarów w krótkim czasie wykonała i wprowadziła wiele nowych inwestycji. Często wymieniano wszystkie urządzenia: od przyjęcia słodu do nowoczesnych linii rozlewniczych. Do zmiany wyglądu browarów, w największym stopniu przyczyniła się chyba wymiana naczyń klasycznej fermentacji na nowoczesne zbiorniki cylindryczno – stożkowe, w których przebiega fermentacja, dojrzewanie i leżakowanie piwa.

Wspomniane oddziały fermentacyjne i leżakownie, zajmujące do tej pory tak ogromne przestrzenie, zostały ograniczone do zabudowy w których najczęściej znajdują się tylko stożki zbiorników.

Metoda produkcji piwa w oparciu o kształt tego zbiornika, znalazła zastosowanie począwszy od piwnych gigantów, poprzez większe, średnie i małe browary. Niepodważalnym pozytywnym fermentacji w CKT, jest bezpieczeństwo biologiczne, skrócony czas fermentacji i dojrzewania, mniejsze straty piwa, ochrona piwa przed natlenieniem, łatwość mycia i odzysku CO₂ oraz możliwość sterowania temperaturą procesu fermentacji i dojrzewania piwa.

W niedalekiej przyszłości należy oczekiwać dalszego skrócenia czasu gotowania brzezki poprzez bezpośrednie dozowanie pary grzewczej, ale także zastosowanie ciągłych lub półciągłych procesów fermentacji i dojrzewania piwa.

LITERATURA

- [1] ANNEMULLER G., H. J. MANGER. 2009. Gärung und Reifung des Bieres, VLB Berlin.
- [2] ANTKIEWICZ P., A. CAPIK. 2002. Nowoczesne metody fermentacji brzezki, Wydawnictwo VII Szkoły Technologii Fermentacji, Łódź: 104–105.
- [3] BEDNARSKI W., M. NORDBERG, J. TOMASIK. 1997. „Nowe możliwości technologiczne w redukcji zawartości dwuacetylu w piwie”. Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny 1: 13-15.
- [4] BRUDZYŃSKA A. 1995. „Fermentacja w tankach cylindryczno-stożkowych”. Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny 10: 7-8.
- [5] HOUGH J., D. BRIGGS, R. STEVENS, T. YOUNG. 1982. Malting and Brewing Science - Volume 2 Hopped Wort and Beer, An Aspen Publication.
- [6] JEŹ B. 1998. „Jednofazowa produkcja piwa”. Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny 12: 6-8.
- [7] KUCHARCZYK K. 1998. Fermentacja brzezki piwnej i propagacja drożdży. Praca dyplomowa wykonana w Technikum Przemysłu Browarniczego w Tychach.
- [8] KUCHARCZYK K. 2013. Wpływ fermentacji i dojrzewania piwa w tankofermentorach na zawartość aldehydu octowego i innych komponentów lotnych. Praca doktorska wykonana w Katedrze Technologii Fermentacji i Mikrobiologii Technicznej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie: 62-63.
- [9] KUNZE W. 1999. Technology Brewing and Malting, VLB Berlin.
- [10] NATHAN L. 1930. “Improvements in the fermentation and maturation of beers”. Journal of the Institute of Brewing 36: 538-544.
- [11] SMAGOŃ W. 1995. Opis i produkcja piwa w tankofermentorach. Praca dyplomowa wykonana w Technikum Przemysłu Browarniczego w Tychach.
- [12] SPEERS R., S. STOKES. 2009. „Effects of vessel geometry, fermenting volume and yeast repitching on fermenting beer”. Journal of the Institute of Brewing 115: 148-150.
- [13] UNTERSTEIN K. 1992. Cylindroconical fermenting tanks. Brauwelt: 132, 1280-1282, 1284-1286.
- [14] VERLOG H. C. 1995. Handbuch der Brauerei – Praxis, VLB Berlin.