

Metoda „zimnej pasteryzacji” chroni środowisko naturalne

Porównanie metod pasteryzacji



Reiner Gaub

inż. dypl. TU Berlin – Przetwórstwo żywności, dyplomowany piwowar
Dyrektor ds. Systemów Browarniczych
Pall GmbH, Niemcy

Wstęp

Podstawowym wyznacznikiem sukcesu każdego piwowara jest wyprodukowanie i sprzedaż piwa, które jest atrakcyjne dla konsumenta i spełnia jego oczekiwania pod względem aromatu, świeżości, smaku i wyglądu.

Cechą, na którą najbardziej zwracają uwagę konsumenci kupujący produkt, jest bezpieczeństwo mikrobiologiczne. Ze względu na naturalne właściwości konserwujące składników piwa: chmielu, dwutlenku węgla (CO₂) i alkoholu, jak również niskie pH, jakiegokolwiek ryzyko ze strony patogenów jest małe i łatwe do zminimalizowania w procesie produkcyjnym.

Istnieje jednak grupa mikroorganizmów powodujących psucie się piwa, które – jeśli są w nim obecne – mogą oddziaływać negatywnie na jego smak i zapach lub powodować mętnienie. Zakażenia powodowane obecnością tych mikroorganizmów zniechęcają konsumentów do zaatakowanych nimi marek piwa i skłaniają ich do kupowania innych produktów.

Dlatego czystość mikrobiologiczna piwa jest najważniejszą i podstawową cechą jakościową, która musi być spełniona, żeby browar utrzymał się w biznesie.

Stabilizacja mikrobiologiczna

Do osiągnięcia stabilności mikrobiologicznej piwa stosuje się następujące technologie i procesy:

1. Obróbkę termiczną, zwykle w pasteryzatorze tunelowym lub przepływowym.
2. Filtrację na zimno przy użyciu filtrów wglębnych lub membranowych w celu usunięcia mikrobiologicznych zanieczyszczeń produktu.
3. Stosowanie dodatków, które pozwolą osiągnąć efekt konserwujący podobnie jak podczas produkcji wina, soków i napojów bezalkoholowych.
4. Czystość procesu technologicznego.

Stabilizację mikrobiologiczną najczęściej osiąga się poprzez obróbkę termiczną lub filtrowanie. Istnieje ogólna tendencja do zastępowania pasteryzacji tunelowej procesem przepływowym oraz, coraz częściej, filtracją membranową. Jest to powodowane względami ekonomicznymi i coraz wyższymi standardami higienicznymi w procesie pakowania. W browarnictwie nie jest powszechne stosowanie dodatków konserwujących; istnieją doniesienia o dodawaniu do piwa dwutlenku siarki (SO₂), ale nie jest to częsty proceder [1].

Głównymi czynnikami sprzyjającymi osiągnięciu stabilności mikrobiologicznej i długiego okresu przydatności do spożycia piwa w butelkach lub puszkach jest czystość procesu technologicznego i czystość środowiska procesowego. Tysiące piwowarów wierzy w czystość swoich operacji produkcyjnych; nie stosując żadnych dodatkowych zabiegów – i to podejście się sprawdza. Czystość procesu produkcji jest absolutną koniecznością, nawet jeśli prowadzona jest obróbka termiczna lub filtracja, procesy pozwalające uzyskać gwarantując docelową datę „Najlepiej spożyć przed”.

Obróbka termiczna w procesie pasteryzacji tunelowej

Pasteryzatory tunelowe, wykorzystywane w 60% procesów produkcyjnych, są najczęściej stosowaną technologią do mikrobiologicznej stabilizacji piwa. Podczas procesu pasteryzacji produkt w opakowaniu poddawany jest działaniu temperatury. Na proces wpływa temperatura, ilość i stopień rozprzodzenia rozpylonej wody, prędkość przesuwu transportera, jak również rodzaj i grubość opakowania. Parametry te wpływają na rozkład temperatury i ilość ciepła, które dochodzi do krytycznego „zimnego punktu” wewnątrz opakowania.

Skuteczność kontroli mikrobiologicznej określa się pośrednio, przez pomiar jednostek pasteryzacji (PU), przy użyciu czujników w linii lub przenośnego urządzenia pomiarowego.

Jedyną zaletą pasteryzacji tunelowej jest stabilizacja mikrobiologiczna produktu zapakowanego, po rozlaniu. Ponieważ produkt jest rozlewany przed pasteryzacją tunelową, nie ma istotnego ryzyka zakażenia pochodzącego z procesu rozlewu.

W porównaniu z pasteryzacją przepływową i filtracją membranową, parametry pasteryzacji tunelowej nie wpływają korzystnie na jakość produktu, ekonomikę procesu i łatwość jego prowadzenia.

Poniżej przykład z literatury zawierający dane dotyczące zużycia mediów i procesu [2, 3, 4, 5] dla wydajności 300 hl/h:

- Woda 3–5 m³/h lub 400 l/1000 butelek, co odpowiada od 0,2 do 0,8 hl/hl piwa.
- Zainstalowana moc elektryczna 45–70 kW lub 1–2,5 kW/1000 butelek.
- Energia zużyta 4–6 kWh/hl.
- Strata piwa w przypadku butelek 0,5 NRW standard, jakość zgodna z normą EN: 80–90 hl/miesiąc (dla linii 45 000 butelek/h).
- Wskaźnik odzysku ciepła od 60 do 70%.
- Tolerancja obliczenia jednostki pasteryzacji 90%.
- Koszty operacyjne 0,30–1,35 EUR/hl.

Obróbka termiczna w procesie pasteryzacji przepływowej

Pasteryzatory przepływowe są stosowane w pasteryzacji termicznej piwa przed rozlewaniem. Są one stosowane powszechnie w Europie, mniej powszechnie w Azji i rzadko na zachodniej półkuli. W procesie pasteryzacji przepływowej piwo przechodzi przez płytowe wymienniki ciepła i otaczające je rury w strefach ogrzewania, zatrzymania i chłodzenia. Pasteryzatory przepływowe nie są instalowane bezpośrednio przed etapem rozlewania. Między procesem termicznym a etapem rozlewania zawsze znajduje się zbiornik buforowy. Proces pasteryzacji przepływowej jest prowadzony zazwyczaj w temperaturze o 8÷12°C wyższej niż proces pasteryzacji tunelowej, natomiast czas ekspozycji termicznej jest krótszy.

Tak jak w przypadku pasteryzacji tunelowej, skuteczność kontroli mikrobiologicznej określa się pośrednio, przez pomiar jednostki pasteryzacji (PU) używając czujników w linii.

Konstrukcja urządzeń i parametry procesu pozwalają istotnie zmniejszyć zużycie energii w porównaniu z pasteryzacją tunelową.

Poniżej przykład z literatury zawierający istotne dane [4, 6, 7, 8], również dla wydajności 300 hl/h:

- Woda 0,3–1 m³/h plus woda zużyta na mycie, co odpowiada 0,05–0,15 hl/hl piwa.
- Zainstalowana moc elektryczna 9–18 kW.
- Energia zużyta 1,7–2 kWh/hl.
- Straty piwa 0,05–0,3%, w zależności od stosowanego procesu i liczby zmian marki.
- Wskaźnik odzysku ciepła 80 do 96%.
- Tolerancja obliczenia jednostki pasteryzacji 90%.
- Koszty operacyjne 0,07–0,19 EUR/hl.

Pasteryzatory przepływowe nie są zbyt odporne na zmiany przepływu i temperatury ze względu na stałe powierzchnie wymiany ciepła. Wzrost wskaźnika odzysku ciepła jest wprost proporcjonalny do wzrostu powierzchni wymiany ciepła i objętości urządzenia. Obserwuje się jednak zwiększenie

początkowego zużycia energii, zwiększenie faz mieszania i strat piwa podczas procesu oraz zmniejszenie tolerancji jednostki pasteryzacji.

Zużycie dwutlenku węgla w zbiorniku buforowym jest często pomijane w zestawieniach kosztów; a może ono wynosić do 0,07 EUR/hl w przypadku nierówno działających linii napełniania.

Filtracja membranowa

Filtracja membranowa jest stosowana w zimnej „sterylizacji” piwa, bezpośrednio przed etapem rozlewania. Sterylizacja jest terminem powszechnie stosowanym w całym przemyśle piwowarskim do opisu procesu otrzymywania piwa wolnego od zdolnych do życia mikroorganizmów, powodujących jego psucie [17].

W przeszłości filtrację membranową wykorzystywano w produkcji droższych gatunków piwa/wyższej jakości, natomiast obecnie jest ona stosowana coraz częściej do wszystkich gatunków. Azjatyckie browary z powodzeniem stosują filtrację na zimno od lat, natomiast producenci w Europie i obu Amerykach dopiero teraz zaczęli inwestować coraz więcej w urządzenia do filtracji membranowej.

W procesie filtracji membranowej stosuje się: wkłady do filtracji membranowej instalowane w obudowach filtracyjnych, urządzenia do badania integralności oraz prostą procedurę CIP. Instalacja filtracyjna znajduje się bezpośrednio przed linią napełniania, bez konieczności stosowania zbiornika buforowego. Membrany filtracyjne wykonane są z polietersulfonu lub z Nylonu 66. Typowy poziom odcięcia to 0,45 do 0,65 mikrona.

Skuteczność kontroli mikrobiologicznej jest potwierdzana pośrednio badaniami integralności wkładów, przed i po filtrowaniu.

Koszt operacyjny filtracji membranowej zależy przede wszystkim od czasu życia wkładu filtracyjnego. Czas życia elementu filtracyjnego mierzy się jako całkowitą przepustowość równoważnej powierzchni 10-calowego wkładu; może ona wahać się od 500 do 1200 hl na moduł filtracyjny 10 cali. W przeszłości czas życia membran określano jako czas „do zablokowania” i był to główny powód wymiany filtra. Obecnie na czas życia filtrów wpływa głównie stabilność mechaniczna, wynikająca z narażenia na działanie związków chemicznych oraz powtarzające się cykle sterylizacji i/lub mycia przy użyciu gorących roztworów ługu.

Czas nieprzerwanego działania między procesami mycia wynosi do 55 godzin. Stosuje się trzy etapy mycia:

1. Płukanie gorącą wodą.
- 2*. Mycie gorącym roztworem ługu.
3. Mycie enzymatyczne.

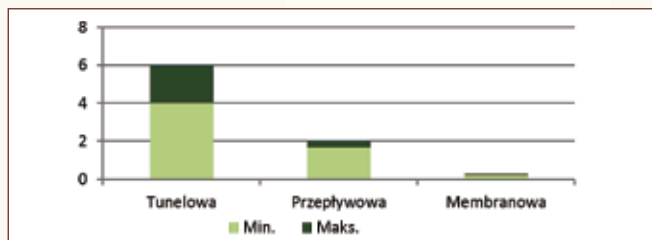
Czas mycia wynosi od 45 do 90 min (etapy 1 i 2), natomiast dodatkowe intensywne mycie enzymatyczne może trwać do 22 h i zazwyczaj wykonuje się je raz w miesiącu – w zależności od filtrowanej objętości i od filtrowności piwa.

Poniżej przykład z literatury zawierający istotne dane dotyczące procesu i zużycia mediów [6, 9, 11, 12], dla wydajności 300 hl/h i 24-godzinnej pracy filtra:

- Woda 5,5–8 m³/mycie (2*), co odpowiada 0,013–0,04 hl/hl piwa.
- Zainstalowana moc elektryczna 2,5–4 kW.
- Energia cieplna maks. 0,2 kWh/hl (2*).
- Straty piwa 0,05–0,3%, w zależności od stosowanego procesu i liczby zmian marki (łącznie 300–500 l/przebieg i zmianę marki).
- Koszty operacyjne 0,13–0,3 EUR/hl.



Fot. 1. System Pall CFS® z technologią modułową



Rys. 1. Zużycie energii cieplnej w kWh/hl

Zachowanie profilu aromatycznego i witaminowego piwa jest różne dla filtracji membranowej i procesu termicznego. Stabilność smaku i zachowanie witamin jest lepsze po filtracji membranowej, szczególnie przy wyższej lub zmniejszającej się zawartości tlenu w piwie.

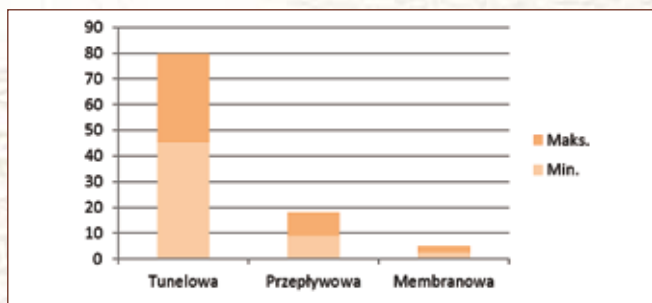
Technologia modułowa CFS, w której wkłady membranowe są podzielone na mniejsze moduły, daje dodatkowe korzyści w procesie mycia filtrów, tj. możliwe jest dalsze zmniejszenie zużycia wody przy jednoczesnym wzroście efektywności mycia.

Porównanie technologii – aspekty środowiskowe

Z porównania tych trzech technologii wynika, że zużycie mediów w procesie filtracji membranowej i pasteryzacji przepływowej jest znacznie mniejsze niż w pasteryzacji tunelowej.

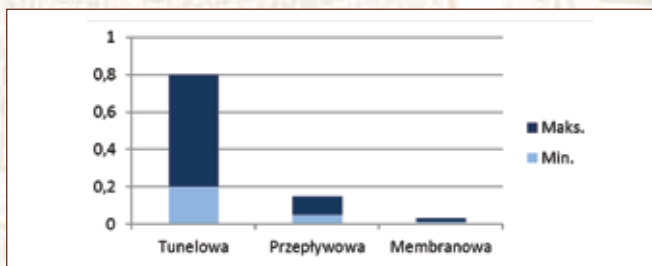
Największa różnica występuje w zużyciu energii, ponieważ w pasteryzacji tunelowej zużywa się jej 6 razy więcej niż w procesie pasteryzacji przepływowej i 20 razy więcej niż w filtracji membranowej. Pasteryzacja przepływowa zużywa 8 razy więcej energii niż technologia membranowa.

Podobnie wygląda sytuacja, jeśli chodzi o zainstalowaną moc elektryczną, która w procesie pasteryzacji tunelowej jest 6 razy większa, a w pasteryzacji przepływowej 3 razy większa niż w przypadku filtracji membranowej.



Rys. 2. Zainstalowana moc elektryczna, kW

Zużycie wody w procesie pasteryzacji tunelowej jest 10 razy większe niż w pasteryzacji przepływowej i 15÷20 razy większe niż w filtracji membranowej; pasteryzacja przepływowa zużywa 4÷8 razy więcej wody niż technologia membranowa. Dane te nie uwzględniają odzysku i ponownego wykorzystania wody w oczyszczalni ścieków; są to czyste dane dotyczące zużycia.



Rys. 3. Zużycie wody w hl wody/hl piwa

Porównanie technologii – bezpieczeństwo mikrobiologiczne

Główną zaletą stosowania pasteryzatora tunelowego jest stabilizacja mikrobiologiczna produktu po procesie rozlewania. W scenariuszu tym skutecznie eliminowane jest potencjalne ryzyko zakażenia podczas procesu napełniania.

Zarówno w procesie pasteryzacji przepływowej, jak i w filtracji membranowej rozlewanie następuje po etapie stabilizacji mikrobiologicznej, dlatego należy uwzględnić ryzyko zakażenia podczas napełniania butelek, puszek lub beczek i opracować sposób uzyskania sterylnego środowiska napełniania. Według literatury ok. 60% zakażeń ma miejsce podczas procesu napełniania; jego źródłem są głównie urządzenia napełniające i zamykające [12]. Dlatego obszar rozlewania wymaga najwyższej uwagi i staranności w zakresie kontroli mikrobiologicznej. Bakterie szkodliwe dla piwa znajdują idealne środowisko wzrostu na powierzchni urządzeń dzięki odpowiedniej temperaturze, wilgotności i dostępności pożywki z warstw żelu wytwarzanego przez bakterie kwasowe [13].

Metabolizm bakterii kwasowych prowadzi do obniżenia zawartości tlenu lub wytworzenia środowiska beztlenowego, które pozwala bakteriom psującym piwo na powolne przystosowanie się do środowiska, a zaraz potem na wykładniczy wzrost.

Wczesna identyfikacja tych „ognisk zakażenia” ma kluczowe znaczenie dla utrzymania dobrego stanu higienicznego urządzeń do napełniania. Obecnie różne firmy oferują testy w sprayu, które powodują barwienie miejsc występowania pozostałości organicznych. Testy takie należy stosować regularnie w celu kontroli efektywności czyszczenia powierzchni urządzeń dozących i pakujących [15].

Innymi źródłami zakażenia mogą być stosowane w procesie media – powietrze, dwutlenek węgla, woda. Dlatego filtracja sterylna w punkcie poboru, gdzie media wchodzi do obszaru napełniania lub mają styczność z produktem, jest ważna w całym środowisku rozlewania i pakowania. Kolejne typowe punkty krytyczne ze względu na ryzyko zakażenia to mierniki, zawory próżniowe i nadciśnieniowe, zaślepki, węże, przewody gazowe i linie powrotne piwa. Uszkodzone podłogi to również idealne warunki dla rozwoju mikroorganizmów [14].

Dobłą praktyką jest zamykanie drzwi i okien, utrzymywanie gładkich i czystych powierzchni oraz brak odpływów wokół obszaru napełniania i zamykania opakowań, ponieważ są to typowe źródła zakażenia bakteriami *Pectinatus* i *Megasphera*. Zarówno kontrola wizualna, jak i organoleptycz-



Fot. 2. Nowoczesne urządzenie do analizy metodą PCR – Pall GeneDisc®

na w czasie, gdy nie odbywa się produkcja, odgrywa ważną rolę jako część wszechstronnego programu zapewnienia higieny. Dla każdej linii pakowania muszą być dostępne instrukcje, protokoły i listy punktów kontrolnych operacji czyszczenia [14].

Czynnikiem o największym znaczeniu dla zmniejszenia ryzyka zakażenia procesowego, szczególnie w obszarze napełniania, jest świadomość operatorów urządzeń napełniających dotycząca ryzyka mikrobiologicznego. Powinni oni rozumieć powody i cele czyszczenia oraz odbywać regularne szkolenia dotyczące zasad czystości mikrobiologicznej oraz konsekwencji niskiej higieny środowiska.

Kolejnym elementem o istotnym znaczeniu jest pobieranie próbek i identyfikacja mikroorganizmów. Badanie mikroorganizmów metodą „reakcji łańcuchowej polimerazy” (polymerase chain reaction – PCR) umożliwia szybkie wykrywanie i identyfikację specyficznych mikroorganizmów powodujących psucie się piwa w wielu punktach procesu [16]. Niewątpliwą zaletą tej metody jest to, że daje ona prawie natychmiastowy obraz obecności zanieczyszczeń, ale również umożliwia zastosowanie środków zapobiegawczych na wczesnym etapie, wskazanie pierwotnej przyczyny oraz zmniejszenie negatywnych skutków finansowych poprzez podjęcie

działań naprawczych zanim wyprodukowane zostaną duże objętości zesputego produktu.

Zastosowanie nowoczesnego systemu monitorowania higieny w obszarze rozlewania wspomaga browary w dostarczeniu klientom mikrobiologicznie stabilnego i bezpiecznego produktu bez stosowania pasteryzacji tunelowej.

Porównanie technologii – ryzyko i pomiary mikrobiologiczne

Skutki każdego działania prowadzącego do zmiany obciążenia mikrobiologicznego – czy to będzie zabieg termiczny, chemiczny czy oparty na metodzie filtracyjnej – są zgodne z prawami statystyki. Skutki te wyraża się podając zmiany miana mikroorganizmów lub logarytmicznego współczynnika redukcji (ang. logarithmic reduction value – LRV).

LRV opisuje prawdopodobieństwo przeżycia mikroorganizmu i jest bezpośrednio związany ze stosowanymi procesami i parametrami, typem, objętością produktu poddawanego pasteryzacji, ilością mikroorganizmów przed pasteryzacją, rodzajem i stanem fizjologicznym oraz ilością mikroorganizmów po pasteryzacji [17].

Wartości LRV dla każdej z trzech różnych technologii: pasteryzacji tunelowej, pasteryzacji przepływowej i filtracji membranowej – są podobne. Zmiennymi w pasteryzacji tunelowej względem przepływowej są temperatura i czasy przebywania produktu w pasteryzatorze; w filtracji definiuje się wielkość porów membrany [4, 6, 8].

Wyższa temperatura wpływa ujemnie na aromat, natomiast mniejsze pory filtrów wpływają negatywnie na czas życia membran, a w konsekwencji – na koszty operacyjne.

Efektywność pasteryzacji podczas trwania procesu jest zawsze mierzona pośrednio. Efektywność procesów termicznych mierzy się w jednostkach pasteryzacji (PU) jako współczynnik czasu i temperatury.

Efektywność filtracji membranowej potwierdza się poprzez wykonanie testu integralności membrany. W teście integralności zastosowane urządzenie monitorujące mierzy w czasie, w określonych warunkach, dyfuzję gazu testowego przez zwilżoną membranę i będący jej następstwem spadek ciśnienia, a następnie porównuje tę wartość ze skorelowaną wartością współczynnika redukcji bakterii [18].

Pomiary jednostki pasteryzacji (PU) i test integralności są wskazówką do oceny efektywności procesu. Czułość testów integralności membrany można zwiększyć przez zmniejszenie liczby jednocześnie badanych wkładów. Zasada ta ma zastosowanie w technologii modułowej Pall CFS, w której zainstalowane elementy filtracyjne dzielone są na odrębne moduły, badane oddzielnie [10, 23].

Porównanie technologii – jakość piwa

Przez wiele lat obróbka cieplna – obok czystości procesu – była jedynym sposobem uzyskania mikrobiologicznie stabilnego produktu. Obserwowano ujemny wpływ działania wysokiej temperatury na stabilność oksydacyjną aromatu piwa. Wyzwaniem związanym z procesem pasteryzacji była obecność w piwie tlenu w stężeniach przekraczających 0,02 ppm oraz obecność jonów żelaza i manganu, pochodzących z ziemi okrzemkowej stosowanej często w procesie wstępnego klarowania piwa. W literaturze opisano 2-metylobutanol i 3-metylobutanol jako typowe wskaźniki obecności tlenu, natomiast wysokie stężenia 2-furfuralu świadczyły o pasteryzacji termicznej [19].

W procesie niskotemperaturowej filtracji membranowej reakcje utlenienia również zachodzą, jednak są mniej intensywne i wolniejsze, co pozwala utrzymać stabilny smak piwa.

Wpływ obróbki termicznej i filtracji membranowej na zawartość aminokwasów i witamin badano na Uniwersytecie w Weihenstephan w Niemczech. Stwierdzono, że podczas pasteryzacji przepływowej witamina B₁ ulega rozkładowi w znacznym stopniu, zaobserwowano tendencję do zmniejszania się zawartości witaminy B₂, a zawartość aminokwasów zmniejszyła się o 10%. Filtracja membranowa nie powodowała w czasie testów zmiany zawartości istotnych składników piwa [20].

W pasteryzatorach podczas obróbki termicznej mogą powstawać cząstki powodujące zmętnienie. Ich źródłem jest piana z szyjek butelek i ze ścian zbiornika buforowego, która opadła i wyschła. Cząstki te są opisywane jako bardzo trwałe i utrzymujące się w piwie bardzo długo [21]. Natomiast filtry membranowe bardzo skutecznie oddzielają cząstki powodujące zmętnienie piwa.

Z punktu widzenia konsumenta i marketingu, piwo poddawane obróbce na zimno jest niewątpliwie preferowane w porównaniu z pro-

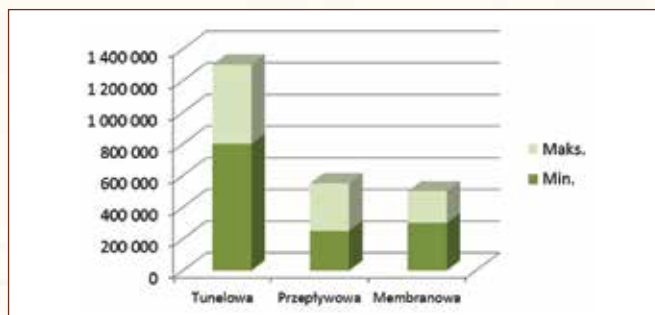
duktami po obróbce termicznej, co jest zgodne z trendem panującym w konsumpcji soków i produktów mleczarskich.

Porównanie z punktu widzenia ekonomii – CAPEX i OPEX

Pasteryzatory tunelowe wymagają trzy do pięciu razy większych wydatków inwestycyjnych (CAPEX) w porównaniu z pasteryzatorami przepływowymi i urządzeniami do filtracji membranowej. Ostatnie dwie technologie są porównywalne, jeśli chodzi o CAPEX, z niewielkimi różnicami dotyczącymi urządzeń peryferyjnych.

Pasteryzator przepływowy posiada strefę ogrzewania, blok wzrostu ciśnienia, strefę przetrzymania i strefę chłodzenia. Instalację dopełnia system CIP i zbiornik buforowy za pasteryzorem. W zależności od czynności wykonywanych przed i po procesie wymagane może być zastosowanie dodatkowych modułów z zaworami i sprzętem do dozowania.

Natomiast urządzenie do filtracji membranowej składa się z wkładów membranowych zainstalowanych w obudowach wkładów, urządzenia do badania integralności filtrów i systemu CIP.



Rys. 4. Porównanie wydatków inwestycyjnych, EUR

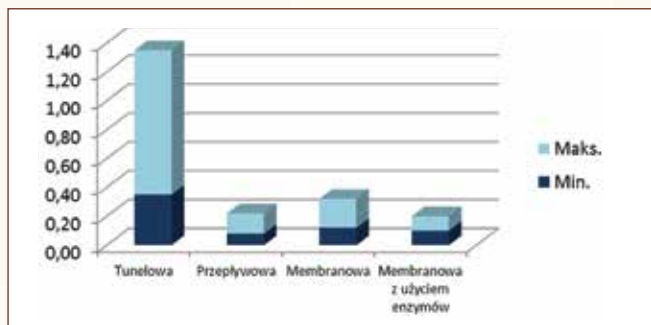
Koszty operacyjne (OPEX) w przypadku pasteryzatorów tunelowych wahają się od 0,30 do 1,35 EUR/hl, ale w przypadku nowoczesnego sprzętu bardziej realna jest wartość niższa. Wartości OPEX dla pasteryzatora przepływowego i filtracji membranowej są porównywalne i stanowią ok. połowy ww. wartości dla pasteryzatora tunelowego.

Koszty operacyjne filtracji membranowej uległy w ostatnich latach znacznemu zmniejszeniu dzięki optymalizacji procesu mycia i nowym konstrukcjom systemów. Mycie z zastosowaniem technologii modułowej CFS jest bardziej efektywne dzięki zmniejszeniu zużycia wody i skróceniu czasu trwania procesu. Mycie enzymatyczne umożliwia regenerację zablokowanych membran, co ogranicza, a nawet eliminuje ryzyko przedwczesnej lub nieoczekiwanej ich blokady [23]. Obecnie wymiana filtrów membranowych jest rzadziej spowodowana blokowaniem filtra, a częściej zmęceniem materiału powodowanym przez skumulowane cykle sterylizacji i/lub czyszczeniem gorącymi roztworami ługu przed każdym cyklem filtracji. Gromadzenie danych o integralności umożliwia przeprowadzenie analizy trendu, którą można wykorzystać do wyznaczenia końcowego stopnia zmęczenia membrany. Dla systemu o wydajności 300 hl/h wymiana zestawu membran następuje zazwyczaj po filtracji 300 000 hl.

W pasteryzatorach tunelowych straty piwa są mniejsze. W przypadku puszek straty nie przekraczają 0,01% [4]. W przypadku butelek szklanych ilość stłuczki zależy od jakości szkła. Austriacka grupa piwowarska informuje o ilości stłuczki sięgającej od 13 do 15 t miesięcznie, co odpowiada stratom piwa w ilości od 80 do 90 hl na linii o wydajności 220 hl/h [22]. Amerykański producent pasteryzatorów informuje o stratach butelek szklanych w zakresie 0,05 do 0,1% [4].

Stosowanie pasteryzatorów przepływowych skutkuje stratami piwa od 0,03 do 0,3%, w zależności od stosowanej metody, szczególnie operacji przed i po produkcji oraz procedur zmiany marki. Częste przerwy w pracy urządzenia napelniającego przyczyniają się do większych strat podczas operacji.

Poza pasteryzacją tunelową piwa w puszkach, najmniejsze straty piwa mają miejsce podczas filtracji membranowej – od 0,01 do 0,05%. Dzięki instalacji systemu do filtracji membranowej bezpośrednio przed urządzeniem do rozlewania możliwe jest ograniczenie czynności przed i po procesie. Przerwy w pracy urządzeń napelniających nie wpływają



Rys. 5. Porównanie kosztów operacyjnych, EUR/hl

na wydajność, a dzięki wypychaniu piwa przy użyciu CO₂ na koniec procesu, w obudowach filtrów i w przewodach urządzenia napelniającego pozostają tylko niewielkie ilości piwa.

Zużycie energii i wody omówiono szczegółowo wyżej; także pod tym względem filtracja membranowa wykazuje niższe zużycie w porównaniu z obróbką cieplną.

Podczas gdy pasteryzatory tunelowe nadal wymagają do obsługi osoby zatrudnionej na 0,5÷1 etatu (FTE), filtracja membranowa i pasteryzacja przepływowa są, poza serwisowaniem, procesami w pełni zautomatyzowanymi, od rozlewania do końcowego pakowania.

Koszty serwisu, w tym konserwacji licznych pomp, pasów, urządzeń pomiarowych, zagospodarowanie potluczonych opakowań sprawiają, że koszty obsługi pasteryzatorów tunelowych są bardzo wysokie. Roczne koszty obsługi liczone od 3. roku działania wynoszą od 2 do 3% kwoty CAPEX.

Pasteryzatory przepływowe wymagają stałego monitorowania/kalibracji oraz konserwacji urządzeń kontrolno-pomiarowych. Płyty grzewcze i chłodzące są dodatkowym elementem podlegającym procedurze HACCP i wymagają corocznych inspekcji pod kątem obecności szczelin i uszkodzeń uszczeltek.

Głównym elementem serwisu urządzeń do filtracji membranowej jest wymagana okresowa wymiana elementów filtracyjnych. Zalecana jest okresowa rutynowa wymiana uszczeltek obudów i zaworów oraz monitorowanie/kalibracja przepływomierzy oraz ciśnieniomierzy. Konserwacja urządzenia do testowania integralności jest wymagana co 24 miesiące.

Podsumowanie

Zapotrzebowanie na wodę i energię podczas filtracji membranowej jest mniejsze w porównaniu z każdą z opcji obróbki termicznej, dlatego korzyści ze stosowania tej metody są istotne również z punktu widzenia ekologicznego.

Z punktu widzenia bezpieczeństwa mikrobiologicznego pasteryzacja tunelowa nie jest już koniecznością. Przestrzeganie wysokich standardów higieny w obszarze rozlewania i pakowania w połączeniu z eliminacją mikroorganizmów daje w rezultacie piwo bezpieczne, pozbawione bakterii powodujących jego psucie.

Z punktu widzenia kosztów, filtracja membranowa stała się w ostatnich latach wysoce konkurencyjna, wyprzedzając pod tym względem pasteryzację tunelową i dorównując pasteryzacji przepływowej.

Zastosowanie filtracji membranowej umożliwia utrzymanie aromatu i świeżości piwa, dlatego wzrasta wśród konsumentów poziom akceptacji dla piwa pasteryzowanego metodą filtracji.

Podsumowując, stosowanie filtracji membranowej do stabilizacji mikrobiologicznej jest najlepszym wyborem, umożliwia zaspokojenie oczekiwań konsumentów i wpływa na ich przyszłe zachowania zakupowe.

Uwaga

Szczególne podziękowania dla Kathleen Berry – Global Marketing Pall Food & Beverage – za informacje techniczne i wsparcie.

Literatura dostępna w redakcji