

JAK WYKONYWAĆ POMIARY TLENU W BROWARZE

W brzeczce

Najnowsze technologie zapewniają całkowite rozpuszczenie gazów w roztworze. Tlen wykorzystywany jest w nowych urządzeniach w celu zapobiegania powstawaniu nadmiernych objętości gazu. Stosowaną w nowoczesnym browarnictwie praktyką jest ścisła kontrola rozpuszczonego tlenu ($\pm 0,5$ ppm) oraz używanie tylko wystarczającej jego ilości. Zapewnia to fermentacje i minimalną utratę piwa w przypadku nadmiaru drożdży.

Z powodu istnienia niewielkich substancji i konieczności przeprowadzania kontroli, preferowane jest używanie czujnika inline do pomiarów w brzeczce.



Piwo jasne

Typowe wartości rozpuszczonego tlenu różnią się w zależności od browaru, ale nie powinny przekraczać 0,05 ppm. Niezależnie od tego, czy mierzy się piwo jasne czy brzeczke, istotne jest, aby wszystkie gazy znajdowały się w roztworze przed zmierzeniem tlenu przez analizator.

Pomiary przenośne

Podczas pobierania próbek piwa zawsze należy całkowicie otworzyć zawór poboru próby i regulować przepływ piwa po stronie wylotowej urządzenia. W ten sposób czujnik będzie miał zawsze kontakt z ciśnieniem piwa co zapewni, że piwo w drodze do czujnika będzie czyste i wolne od pęcherzyków.

Tempo przepływu przez urządzenie nie jest najważniejsze, ale powinno być wystarczająco niskie, by nie dochodziło do odgazowywania czujnika tlenu.

Należy pamiętać, że pierwszy pomiar w danym dniu będzie charakteryzował się dłuższym czasem odpowiedzi, ponieważ czujnik musi pozbyć się powietrza zgromadzonego w urządzeniu. Konieczne jest również dostosowanie do temperatury piwa.

Aby wyśledzić źródło zanieczyszczenia tlenu, można użyć przenośnego analizatora rozpuszczonego tlenu 3100 do kontroli na miejscu, należy jednak pozostawić go w punkcie poboru prób na kilka godzin, aby działał jak przenośny rejestrator danych.



Przenośny analizator tlenu rozpuszczonego Hach 3100

Stosowane w branży normy poziomów tlenu w browarze

W brzeczce	8 – 17+ ppm
Fermentacja	< 10 ppb
Filtracja	5 – 50 ppb
Piwo jasne po filtracji	10 – 50 ppb
Piwo przy filtrze	10 – 30 ppb
O ₂ rozpuszczony w opakowaniu (butelka)	20 – 50 ppb
O ₂ rozpuszczony w opakowaniu (puszka)	30 – 60 ppb
Całkowity O ₂ rozpuszczony w opakowaniu	40 – 150 ppb

Analiza in-line



Gotowe piwo jest produktem bardzo drogim. Jeśli ulegnie uszkodzeniu np. przez utlenianie, skutków tych nie da się odwrócić. Zalecane jest ciągłe monitorowanie procesu produkcji w celu wywołania natychmiastowego alarmu w przypadku pobierania tlenu.

Czujniki tlenu można zainstalować na większości linii produkcyjnych piwa, muszą się one jednak znajdować jak najdalej od pomp oraz miejsc wprowadzania CO₂ lub napowietrzania brzości.

Czujnik zawsze należy instalować tak, aby znajdował się w pozycji poziomej. Wyjątkowo ważne jest aby nie umiejscowić czujnika tlenu w pozycji pionowej w górnej części rury, ponieważ może dojść tam do uwięzienia powietrza, co uniemożliwiłoby skuteczny proces CIP.

Urządzenia firmy Hach umożliwiają odcięcie termiczne tzn. dzięki ustawieniu wartości temperatury, tuż powyżej temperatury piwa, czujnik wyłączy się automatycznie, jeśli linia będzie pusta lub kiedy w linii przebiegać będzie proces oczyszczania. Dzięki takiemu rozwiązaniu czujnik nie ulegnie uszkodzeniu.

Analiza w opakowaniach

Docelowe wartości rozpuszczonego tlenu różnią się, ale idealne stężenie nie powinno przekraczać 0,5 ppm.

Próbki pobierane są dzięki zastosowaniu ciśnienia gazu CO₂ lub N₂ w celu wprowadzenia piwa.

Próbki są uzyskiwane z butelek lub puszek za pomocą przebijaka dzięki powstałemu ciśnieniu w wolnej przestrzeni opakowania w celu przejścia piwa przez czujnik tlenu. (Systemy umożliwiają również mierzenie łącznej wartości O₂, CO₂ i N₂ w cieczy i górnej części szyjki w jednym opakowaniu).

Ważne punkty:

- Zastosowane ciśnienie CO₂ lub N₂ musi być wyższe niż ciśnienie łącznych rozpuszczonych gazów w piwie, aby zapobiec powstawaniu bąbelków.
- Zawsze należy mierzyć opakowania tuż po napetnieniu i przed pasteryzacją, ponieważ proces podgrzewania powoduje interakcję tlenu rozpuszczonego z piwem.
- Przed przebicciem należy zawsze wstrząsać energicznie opakowaniem, aby wprowadzić stan równowagi pomiędzy wolną przestrzenią i rozpuszczonymi gazami.



Czas przydatności

Tlen uwięziony w opakowaniu przyczynia się do pogorszenia smaku piwa. Im większa ilość tlenu, tym większa degradacja smaku. Zawartość tlenu w opakowaniu można zmierzyć w celu określenia, czy tlen pochodzi z wolnej przestrzeni opakowania czy z operacji napetniania.

W przypadku większości piw, większość tlenu jest zużywana w okresie tygodnia, ale smak nie zmienia się przez okres od dwóch do trzech miesięcy. Poniżej znajduje się wykres przedstawiający zmiany stężenia tlenu w czasie. Na poniższym wykresie widać brak jakichkolwiek jednostek. Dzieje się tak, ponieważ zużycie tlenu w zapakowanym piwie może się znacznie różnić w zależności od temperatury, typu piwa i zawartości drożdży.



Tlen w opakowaniu

Tlen jest wprowadzany do opakowania w dwóch miejscach: podczas napętniania lub z wolnej przestrzeni butelki lub puszki. Tlen może pochodzić z powietrza już obecnego w piwie lub z powietrza uwięzionego w butelce lub rurkach napętniających podczas napętniania opakowania. Tlen w wolnej przestrzeni opakowania pochodzi z powietrza uwięzionego w wolnej przestrzeni opakowania po zamknięciu. Ponieważ ciśnienia parcjalne gazów w wolnej przestrzeni opakowania i cieczy nie są w równowadze tuż po zamknięciu, wszystkie opakowania powinny być wstrząsane przed zmierzeniem rozpuszczonego O_2 (lub N_2 i CO_2).

W celu określenia, czy urządzenie napętniające jest głównym czynnikiem obecności tlenu, można wykonać następujące czynności. Wszystkie pomiary powinny dotyczyć piwa niepasteryzowanego.

1. Pobrać sześć opakowań z ruchomego napętniacza.
2. Zmierzyć trzy opakowania po wstrząsaniu przez pięć minut.
3. Zmierzyć trzy opakowania, które nie zostały wstrząśnięte.
4. Porównać stężenia rozpuszczonego O_2 dla średniego pomiaru z obu grup.

Jeśli wartość rośnie po wstrząsaniu, głównym źródłem jest wolna przestrzeń w opakowaniu. Jeśli wartość maleje, głównym źródłem jest ciecz. W ten sposób można określić, czy jetter lub napętniacz są źródłem największej zawartości tlenu.

Kontakt z tlenem po zapakowaniu

Po zapakowaniu piwo sprzedawane w butelkach jest nadal narażone na zwiększony kontakt z tlenem przez kapsle. Kapsle zapewniają półprzepuszczalną barierę między piwem w butelkach a powietrzem na zewnątrz butelki. Normalna zawartość tlenu w butelce jest znacznie niższa niż zawartość tlenu w powietrzu poza butelką. Dzięki dyfuzji pasywnej tlen i azot przenikają do opakowania. Z wyjątkiem wymiany zamknięć kapslowych, niewiele można zrobić w celu wyeliminowania przepływu przez zamknięcie.

Tlen reaguje wówczas z piwem w butelce i wpływa na jego smak. Taki przeciek stara się wówczas wyrównać ciśnienia parcjalne gazów wewnątrz i na zewnątrz butelki. Ponieważ tlen w butelce stale reaguje z piwem, zawartość tlenu w butelce pozostaje bardzo niska.

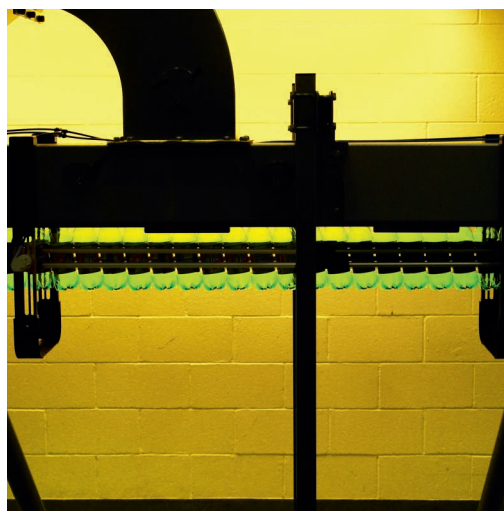
Typowe kapsle wykazują współczynnik „przeciekania” do opakowania od 1 do 2 ppb tlenu na dzień. W okresie trzech miesięcy łączna wartość może wynieść aż 180 ppb tlenu. W wielu przypadkach napływ ten jest większy niż łączna wartość kontaktu z tlenem przed butelkowaniem piwa. Zważywszy, że w ostatnich latach poczyniono duże kroki w zakresie redukcji łącznej ilości tlenu w piwie podczas jego pakowania, wiele browarów może wykazywać łączny poziom zawartości tlenu niższy niż 40 ppb.

Analiza fazy gazowej

System Hach pozwala na mierzenie zarówno stężeń rozpuszczonego tlenu w piwie, jak i dwutlenku węgla używanego do opróżniania zbiorników. Analizatory oferują możliwość podwójnej fazy, co pozwala użytkownikowi na przetaczanie między pomiarami fazy ciekłej i gazowej.

Aby zmierzyć objętość % O_2 , należy zapewnić ciśnienie atmosferyczne, korzystając z następującej metody:

- Skontrolować przepływ przez urządzenie, z miejsca skąd pochodzi próbka.
- Otworzyć przepływ w analizatorze w celu zminimalizowania ciśnienia w urządzeniu.
- Użyć przepływu próbki gazu na poziomie 100 ml/min lub mniej.



Podczas wprowadzania CO₂ do piwa, dodany CO₂ nie może zawierać praktycznie żadnego tlenu, ponieważ duże stężenia CO₂ są dodawane pod wysokim ciśnieniem, co może szybko doprowadzić do wytwarzania się rozpuszczonego tlenu.

Dodawanie CO₂ pod wysokim ciśnieniem

Ilość dodanego CO ₂ CO ₂	Stężenie O ₂ w CO ₂		
	0,001 %	0,005 %	0,02 %
0,5 V/V	7 ppb	35 ppb	142 ppb
1,0 V/V	14 ppb	71 ppb	284 ppb
2,0 V/V	28 ppb	142 ppb	567 ppb
Rozpuszczony tlen dodany do piwa			

Przydatne jednostki i konwersje

Tlen

W 20°C suche powietrze zawiera 20,94 % O₂ = 209 400 ppm wg objętości.
100 % wilgotnego powietrza zawiera 20,45 % O₂ = 204 500 ppm wg objętości.
W roztworze 1 mg/kg O₂ jest często nazwany 1 ppm (wg wagi).

Wszystkie poniższe dane dotyczące rozpuszczalności zakładają ciśnienie 1 atmosfery.

Kiedy woda jest nasycana powietrzem, zawiera:
9,10 ppm O₂ w 20°C (68°F): 14,64 ppm O₂ w 0°C (32°F).
W związku z tym, zakładając pomiary tlenu w 20°C:
204 500 ppm wg objętości odpowiadają 9,10 ppm wg wagi.
Kiedy woda jest nasycana czystym tlenem, zawiera:
43,45 ppm O₂ w 20°C (68°F): 69,90 ppm O₂ w 0°C (32°F).

Dwutlenek węgla

Suche powietrze zawiera ok. 0,03 % CO₂.
1 objętość CO₂ na objętość piwa = 1,98 g / kg przy 20°C.
Dwutlenek węgla jest dużo bardziej rozpuszczalnym roztworem w wodzie niż tlen.
Kiedy woda jest nasycana CO₂ w ciśnieniu 1 atm, zawiera:
1,72 g/kg CO₂ przy 20°C (68°F): 3,37 g/kg CO₂ przy 0°C (32°F).

Azot

Suche powietrze zawiera ok. 78 % N₂.
W roztworze 1 mg/kg N₂ jest często nazwany 1 ppm.
Azot jest mniej rozpuszczalny w wodzie niż tlen.
Kiedy woda jest nasycana powietrzem, zawiera:
15,3 ppm N₂ w 20°C (68°F): 23,2 ppm N₂ w 0°C (32°F).
Kiedy woda jest nasycana azotem, zawiera:
19,7 ppm N₂ w 20°C (68°F): 29,8 ppm N... w 0°C (32°F).

Ciśnienie

1 atm = 1013,25 mbara = 1,013 bara = 760 torr = 0 atm.

Wszystkie ciśnienia dla danych rozpuszczalności powyżej są jednostkami bezwzględnyymi.

Opakowania

W typowym małym opakowaniu ta sama waga tlenu znajdzie się w 15 mL wolnej przestrzeni opakowania, jak i w 440 ml piwa. W związku z tym wstrząsanie jest wymagane w celu zapewnienia równowagi przed analizą.