

OPGELOSTE-ZUURSTOF METEN IN DE BROUWERIJ

In wort

Er zijn tegenwoordig technieken ontwikkeld waarmee een volledige ontbinding van gas wordt verkregen. In deze nieuwe apparaten kan het beste zuurstof worden gebruikt om te hoge gasvolumes te voorkomen. In een moderne brouwerij wordt meestal de opgeloste zuurstof streng gereguleerd ($\pm 0,5$ ppm) en nauwkeurig gedoseerd. Hiermee wordt een consistente vergisting verkregen en gaat er zo min mogelijk bier verloren in een buitensporige hoeveelheid gist. Vanwege deeltjes en de noodzaak van terugvoerregeling is het raadzaam om een inline-zuurstofanalyser te gebruiken voor metingen in wort.



Helder bier

Normale opgeloste-zuurstofwaarden variëren per brouwerij, maar de waarden moeten lager zijn dan 0,05 ppm. Of nu wordt gemeten in helder bier of in wort, het is essentieel dat alle gasen zijn opgelost voordat zuurstof wordt gemeten door de analyser.

Draagbare metingen

Tijdens monsterneming van bier moet de monsterklep altijd helemaal zijn geopend en de bierstroom worden geregeld met de regelaar aan de uitlaatzijde van het instrument. Op deze manier ondervindt de sensor altijd dezelfde bierdruk, waardoor het bier dat naar de sensor stroomt helder is en geen luchtbelletjes bevat.

De stroomsnelheid door het instrument is niet van essentieel belang, maar het moet laag genoeg zijn om te voorkomen dat er gasvorming optreedt bij de zuurstofsensor.

Let op dat de eerste meting van de dag een tragere respons heeft, omdat de sensor eerst alle verzamelde lucht in het instrument moet kwijtraken. Tevens moet de sensor zich aanpassen aan de temperatuur van het bier.

Om de bron van zuurstofvervuiling te vinden, kan de draagbare 3100 opgeloste-zuurstofanalyser worden gebruikt voor controle ter plaatse, maar kan deze ook een aantal uur worden achtergelaten op het monsterpunt als draagbare datalogger.



ORBISPHERE 3100 draagbare opgeloste-zuurstofanalyser

Zuurstofniveaus volgens industriestandaarden in de hele brouwerij

In wort	8 – 17+ ppm
Vergisting	< 10 ppb
Filtratie	5 – 50 ppb
Helder bier na filtratie	10 – 50 ppb
Bier bij de vuller	10 – 30 ppb
Pakket opgelost O ₂ (fles)	20 – 50 ppb
Pakket opgelost O ₂ (blik)	30 – 60 ppb
Totale pakket opgelost O ₂	40 – 150 ppb

Inline-analyse



Gelagerd bier is een zeer duur product; als het beschadigd raakt door oxidatie, kunnen deze effecten niet meer ongedaan worden gemaakt. Het is raadzaam om het proces voortdurend te controleren, zodat u meteen een waarschuwing krijgt wanneer er zich een opbouw van zuurstof voordoet.

Zuurstofsensoren kunnen in de meeste delen van de bierproductielijn worden geïnstalleerd, maar moeten zo ver mogelijk verwijderd staan van locaties met pompen en waar CO₂-injectie of wortbeluchting plaatsvindt.

Installeer de sensor altijd in een horizontaal liggende stand. Het is met name belangrijk om een sensor, voor zuurstof of voor iets anders, nooit verticaal in de bovenkant van een leiding te installeren, omdat hier een luchtzak kan ontstaan en een effectieve CIP onmogelijk zou zijn.

Instrumenten van Hach stellen u in staat om thermische onderbrekingen in te stellen. Door deze waarde op een lage temperatuur in te stellen, iets boven de temperatuur van het bier, schakelt de sensor zich automatisch uit wanneer de leiding leeg is of wordt gereinigd.

Verpakkingsanalyse

Doelwaarden voor opgeloste zuurstof variëren, maar de ideale concentratie moet lager zijn dan 0,5 ppm.

Monsters worden verkregen van fusten door de toepassing van een bovendruk met CO₂- of N₂-gas op de fust om het bier eruit te drijven.

Monsters worden verkregen van flessen of blikjes met behulp van een pakketprikker, waarbij de kopruimte onder druk wordt gezet zodat het bier langs de zuurstofsensoren wordt geduwd. (Er zijn ook systemen beschikbaar om de totale vloeistof en O₂, CO₂ en N₂ de kopruimte van één pakket te meten.)

Belangrijke punten:

- De toegepaste CO₂- of N₂-druk moet hoger zijn dan de druk van de totale opgeloste gassen in het bier, om de schuimvorming te voorkomen.
- Meet pakketten altijd onmiddellijk na het vullen en vóór pasteurisatie, omdat door het verwarmingsproces opgeloste zuurstof snel reageert met het bier.
- Schud pakketten altijd flink voordat u het pakket doorprikkt, om de kopruimte en de opgeloste gassen te stabiliseren.



Houdbaarheid

Zuurstof die opgesloten zit in de verpakking draagt bij aan de smaakafname in het bier. Hoe meer zuurstof, hoe hoger de smaakafname. De zuurstofinhoud van een pakket kan worden gemeten om te bepalen of de zuurstof afkomstig is van de kopruimte of het gevolg is van de vulbewerking.

In het meeste bier wordt het merendeel van de zuurstof binnen een week opgenomen, maar de smaak verandert pas na twee of drie maanden. Hieronder ziet u een grafiek met het tijdsverloop van de zuurstofconcentratie in een pakket. De onderstaande grafiek bevat geen eenheden. Dit is omdat de zuurstofopname in gelagerd bier enorm kan verschillen, afhankelijk van de opslagtemperatuur, het type bier en het gistingsgehalte van het bier.



Zuurstof in het pakket

Zuurstof wordt op twee plaatsen geïntroduceerd in het pakket: tijdens het vullen of in de kopruimte als gevolg van onvoltooid overschuimen. Vullingszuurstof kan het gevolg zijn van lucht die zich al in het bier bevindt, of lucht die is vast komen te zitten in de fles of de vulslangen tijdens het vullen. Zuurstof in de kopruimte is het gevolg van lucht die is vast komen te zitten in de kopruimte nadat het product is afgesloten. Omdat de partiële druk van gassen in de kopruimte en de vloeistof niet meteen na verpakking is gestabiliseerd, moeten alle verpakkingen eerst worden geschud voordat de opgeloste O₂ (of N₂ en CO₂) wordt gemeten.

Aan de hand van de volgende stappen kunt u bepalen of de vuller of de sproeier de belangrijkste factor is voor het toevoegen van zuurstof. Alle metingen moeten worden verricht op gepasteuriseerd bier.

1. Trek zes pakketten van een bewegende vuller af die niet aan het starten is of is gestopt.
2. Meet drie van de pakketten nadat ze vijf minuten lang zijn geschud.
3. Meet drie van de pakketten die niet zijn geschud.
4. Vergelijk de opgeloste O₂-concentratie van de gemiddelde meting van elke groep.

Als de waarde stijgt na het schudden, bevindt de belangrijkste bron zich in de kopruimte. Als de waarde daalt, vormt de vloeistof de belangrijkste bijdrage. Hieruit kan worden afgeleid dat de sproeier de bron vormt voor het hoogste zuurstofgehalte.

Blootstelling aan zuurstof na verpakking

Na verpakking is het bier in flesjes nog steeds ontvankelijk voor verhoogde blootstelling aan zuurstof dat binnendringt via de kroonkurksluitingen. Kroonkurksluitingen vormen een semi-doordringbare barrière tussen het bier in een fles en de lucht aan de buitenkant van de fles. Het normale zuurstofgehalte in de fles is aanzienlijk lager dan het zuurstofgehalte van de lucht aan de buitenkant van de fles. Als gevolg van passieve inductie lekken er zowel zuurstof als stikstof in het pakket. Met uitzondering van nieuwere zuurstofbinders en kroonkurken met barrièresluiting kan er weinig worden gedaan om het lekken via de sluiting te voorkomen.

De zuurstof reageert met het bier in de fles en beïnvloedt de smaak van het bier. Met lekken of binnendringen wordt geprobeerd het drukverschil tussen de binnenkant en de buitenkant van de fles te stabiliseren. Omdat de zuurstof in de fles blijft reageren met het bier, blijft de zuurstofinhoud van de fles erg laag.

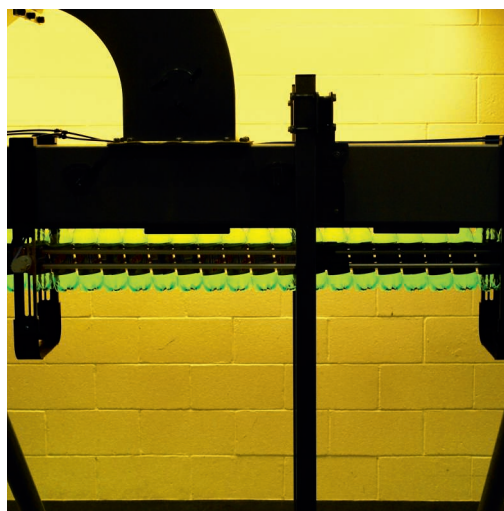
Normale kroonkurksluitingen "lekken" per dag 1 tot 2 ppb zuurstof in de verpakking. Gedurende een periode van drie maanden, kan de cumulatieve hoeveelheid oplopen tot wel 180 ppb aan binnengedrongen zuurstof. In veel gevallen is deze binnendringing groter dan de totale blootstelling aan zuurstof van het bier voor het bottelen. Als we kijken naar de enorme vooruitgang die in de afgelopen jaren is geboekt met het terugdringen van het zuurstofgehalte in het bier tijdens de verpakking, kunnen veel brouwerijen nu een totale zuurstofinhoud in het pakket bereiken van minder dan 40 ppb.

Analyse in de gasfase

Dankzij het Hach-systeem kunt u zowel de opgeloste-zuurstofconcentraties van het bier of de koolstofdioxide die is gebruikt voor het reinigen van de tank meten. Deze analysers bieden een dubbele functionaliteit, waarmee de gebruiker kan overschakelen tussen vloeistof- en gasfasemetingen.

Voor het meten van volume % O₂ moet u ervoor zorgen dat het gas een atmosferische druk heeft door de volgende methode toe te passen:

- Regel de stroom door het instrument vóór de analyser waar het monster wordt afgenomen.
- Open de regelaar op de analyser voor zo min mogelijk tegendruk via het instrument.
- Gebruik een gasmonsterstroom van 100 ml/min of lager.



Bij de koolzuurgastoevoeging

Tijdens de toevoeging van CO₂ aan bier mag de toegevoegde CO₂ bijna geen zuurstof bevatten, aangezien hoge concentraties CO₂ onder hoge druk worden toegevoegd, waardoor er een ophoping van opgeloste zuurstof kan ontstaan.

Kooldioxide toevoegen onder hoge druk

Hoeveelheid toegevoegde CO ₂ CO ₂	Concentratie van O ₂ -onzuiverheden in 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
Opgeloste zuurstof toegevoegd aan het bier			

Nuttige eenheden en conversies

Zuurstof

Bij 20°C bevat droge lucht 20,94 % O₂ = 209.400 ppm in volume.
100 % vochtige lucht bevat 20,45 % O₂ = 204.500 ppm in volume.
In oplossingen wordt 1 mg/kg O₂ vaak aangeduid met 1 ppm (in gewicht).

Alle volgende oplosbaarheidscijfers gaan uit van een druk van 1 atmosfeer.

Wanneer water verzadigd is met lucht, bevat het:

9,10 ppm O₂ bij 20°C (68°F): 14,64 ppm O₂ bij 0°C (32°F).

Als we daarom uitgaan van zuurstofmetingen bij 20°C:

204.500 ppm op volume is gelijk aan 9,10 ppm in gewicht.

Wanneer water verzadigd is met zuivere zuurstof, bevat het:

43,45 ppm O₂ bij 20°C (68°F): 69,90 ppm O₂ bij 0°C (32°F).

Koolstofdioxide

Droge lucht bevat ongeveer 0,03 % CO₂.

1 volume CO₂ per volume bier = 1,98 gram / kg bij 20°C.

Kooldioxide lost veel beter op in water dan zuurstof.

Wanneer water verzadigd is met CO₂ bij een druk van 1 atmosfeer, bevat het:

1,72 g/kg CO₂ bij 20°C (68°F): 3,37 g/kg CO₂ bij 0°C (32°F).

Stikstof

Droge lucht bevat ongeveer 78% N₂.

In oplossingen wordt 1 mg/kg N₂ vaak aangeduid met 1 ppm.

Stikstof lost minder goed op in water dan zuurstof.

Wanneer water verzadigd is met lucht, bevat het:

15,3 ppm N₂ bij 20°C (68°F): 23,2 ppm N₂ bij 0°C (32°F).

Wanneer water verzadigd is met stikstof, bevat het:

19,7 ppm N₂ bij 20°C (68°F): 29,8 ppm N... bij 0°C (32°F).

Drukmeting

1 absolute atmosfeer = 1013,25 mbar = 1,013 bar = 760 torr = 0 atm-meter.

Alle bovenstaande gegevens voor oplosbaarheidsdruk zijn in absolute eenheden.

Pakketten

In een normaal klein pakket vinden we hetzelfde gewicht aan zuurstof in 15 ml kopruimte, zoals in 440 ml bier. Daarom moet er ter stabilisatie vóór de analyse worden geschud.