



Katja Grolle, Wageningen Universiteit
 Peter Wierenga, Wageningen Universiteit
 Grietje Zeeman, Wageningen Universiteit

Onderzoek naar schuimproblemen in slibvergisters

Milieutechnisch onderzoek naar schuimproblemen heeft vaak als doel de schuimbepalende parameter te vinden om de ingrediënten te identificeren die de schuimproblemen veroorzaken. In de levensmiddelensector is uitgebreid fundamenteel onderzoek gedaan naar schuim en daar is die schuimbepalende parameter (nog) niet gevonden. In dit artikel worden suggesties gedaan voor milieutechnisch onderzoek naar schuimproblemen in slibvergisters op basis van de kennis die opgedaan is in de levensmiddelen-technologie.

Schuimvorming in slibvergisters wordt als hinderlijk ervaren in verband met de veiligheid van medewerkers en omwonenden, de efficiëntie van de vergisting en de extra maatregelen die moeten worden genomen met andere woorden, overmatige schuimvorming kost geld. Hoeveel geld is amper bekend¹⁾, maar wel is bekend dat schuimproblemen steeds frequenter worden per vergister en dat het aantal vergisters met schuimproblemen toeneemt²⁾.

Kosten schuimproblemen in slibvergisters:

- anti-schuim + extra werkuren + verlies biogas: 73 euro per 1000 kubieke meter per dag.
- anti-schuim: 1,5 tot 15 eur per 1000 kubieke meter per dag

Schatting kosten schuimproblemen van 92 slibvergisters in Nederland:

- 187.000 kubieke meter vergistervolume met 50* dagen/jaar schuimproblemen + 23.000 kubieke meter vergistervolume met 7* dagen/jaar schuimproblemen à 73 euro per 1000 kubieke meter per dag = 700.000 euro per jaar

* aanname van tijdsduur structurele en incidentele schuimproblemen

Resultaten van wereldwijd wetenschappelijk milieutechnisch onderzoek naar schuimproblemen zijn tegenwoordig ruimschoots te vinden en de diversiteit van aandachtspunten

en meetmethodieken groeit enorm³⁾. Om deze informatie in een perspectief te plaatsen dat relevant is voor schuim, is een wetenschappelijk kader nodig met de factoren die van belang zijn in schuimvorming en schuimstabiliteit. Dit kader ontleen we aan de levensmiddelen-technologie waar schuim en emulsies juist positief zijn, omdat er geld aan wordt verdiend. In die hoek is dan ook veel fundamenteel onderzoek naar schuimparameters en schuim gedaan^{4),5)}.

Schuim

Wat schuim is en hoe schuim evolueert in de tijd met de achterliggende mechanismen is zeer goed beschreven⁶⁾: kort samengevat is schuim een gas/vloeistof-dispersie. Zodra gasbellen gevormd worden, raken de gas/vloeistof-grensvlakken beladen met oppervlakte-actief materiaal. De gasbellen romen op en de vloeistoflamellen tussen de gasbellen draineren. Na de vorming kan het schuim destabiliseren, omdat de gasbellen coalesceren of verdwijnen door disproportioneering. De andere mogelijkheid is dat het schuim stabiel blijft. Schuim kan stabiel genoemd worden als de lamellen tussen bellen intact blijven gedurende een bepaalde termijn. Dit is het geval als voldoende stabiliserend óf juist te weinig destabiliserend materiaal aanwezig is.

Schuimproblemen ontstaan wanneer de afbraaksnelheid kleiner is dan de productiesnelheid. Een zeer instabiel schuim kan dus ook schuimproblemen geven als de schuimproductie zeer groot is, met andere woorden de gasproductie of gasinbreng hoog is.

Parameters

Omdat gasproductie of gasinbreng bij veel milieutechnische processen niet te verhinderen is, dient schuimonderzoek zich te richten op schuimstabilisatie en -destabilisatie. Dit wordt bepaald door eigenschappen van zowel de gasfase, de geadsorbeerde laag en de vloeistof (met daarin aanwezige niet-geadsorbeerde deeltjes of moleculen). Grensvlakparameters die in literatuur vaak geassocieerd worden met schuimstabiliteit, zijn de (dynamische) oppervlaktetension, grensvlakmodulus, grensvlakviscositeit en de breuksterkte van het grensvlak. De (dynamische) oppervlaktetension beschrijft de mate van grensvlakbelading en de snelheid waarin deze wordt bereikt. De andere parameters zijn indicaties voor de eventuele grensvlakeigenschappen, zoals de flexibiliteit en sterkte bij vervorming van het gevormde netwerk van de geadsorbeerde stoffen.

Uit onderzoek aan zuivere eiwitoplossingen met kleine eiwitaggregaten blijkt dat voornoemde parameters gedeeltelijk gecorreleerd kunnen worden aan schuimvorming, maar niet aan schuimstabiliteit⁷⁾. Het is zelfs mogelijk eiwitoplossingen met identieke waarden voor de grensvlakparameters te maken, waarvan de schuimstabiliteit sterk verschilt⁸⁾. Hieruit blijkt dat de eigenschappen van de vloeistof in de lamellen tussen de gasbellen ook van belang kunnen zijn.

Deze lamel-vloeistofeigenschappen worden beschreven door de separatiedruk (druk van de vloeistof in een lamel om de twee grensvlakken van elkaar te houden), de viscositeit

van de vloeistof in de lamel en de aanwezigheid van niet-geadsorbeerde deeltjes in de vloeistof van de lamel. De separatedruk is het resultaat van de afstotende kracht van de twee grensvlakken en blijkt geen voorspellende waarde te hebben voor de schuimstabiliteit van een eiwitoplossing met kleine eiwitaggregaten⁵⁾.

Een methode om de viscositeit van de vloeistof in de lamel (dat is niet hetzelfde als de bulkvloeistof) te bepalen is de *dimple* mobiliteitmeting. Met deze methode wordt de mobiliteit van een vloeistofoploping (druppeltje) in een vloeistoflamel gemeten. Eiwitoplossingen met identieke waarden voor de grensvlakparameters maar met een lage *dimple* mobiliteit gaven stabielere schuim dan oplossingen met een hoge mobiliteit. Een lagere *dimple* mobiliteit wijst op een hogere viscositeit van de vloeistof in de lamel⁵⁾. Deeltjes in de lamellen of op een kruispunt van lamellen kunnen ook een eigen bijdrage leveren aan de stabiliteit of instabiliteit van schuim. Afhankelijk van de eigenschappen van deze deeltjes (grootte, hydrophobiciteit, vorm, etc.) kunnen ze de schuimstabiliteit verhogen of juist verlagen. Verhoogde stabiliteit door deeltjes wordt vaak *pickering* stabilisatie genoemd. Een voorbeeld hiervan is de hoge schuimstabiliteit van slagroom door de aanwezigheid van vetdeeltjes. De verlaging van schuimstabiliteit door deeltjes is het onderliggende mechanisme waarmee anti-schuimmiddelen werken.

Conclusies onderzoek

Uit levensmiddelentechnisch onderzoek blijkt dat de schuimstabiliteit slechts gedeeltelijk of helemaal niet afhangt van grensvlakeigenschappen. Subtiel verschillen of veranderingen van een ingrediënt kunnen grote effecten hebben op het schuimgedrag, zonder dat ze zichtbaar zijn in de grensvlakparameters. De viscositeit in de vloeistoflamellen heeft wel invloed op de schuimstabiliteit. De viscositeit in de schuimlamellen wordt medebepaald door de aanwezigheid van aggregaten, netwerken of deeltjes in de vloeistof^{4),5)}.

Uit milieutechnisch onderzoek naar schuim in slibvergisters en fermentatie systemen volgt de conclusie dat de oppervlakte-activiteit van de oplossing wordt gedomineerd door eiwitten of eiwitachtige stoffen^{1),8)}. Ook blijkt dat diverse oppervlakte-actieve ingrediënten altijd aanwezig zijn tijdens vergisting. Daarnaast zijn er duidelijke aanwijzingen dat deeltjes ook bijdragen aan de schuimstabiliteit^{3),6)}. Uit vergelijkend onderzoek met praktijkinstallaties zijn verschillende factoren geïdentificeerd die correleren met schuimeigenschappen. Voor elk van deze factoren, zoals een ingrediënt of procesparameter, zijn echter uitzonderingen gevonden^{1),2)}.

Overeenkomstige conclusies uit het levensmiddel- en milieutechnisch onderzoek zijn dat grensvlakparameters geen voorspellende waarde hebben voor schuimstabiliteit, dat eiwitten van belang zijn bij schuimvorming en dat deeltjes en de viscositeit in de schuim-

lamellen van belang zijn voor de schuimstabiliteit.

Suggesties

In een biologisch actief vergistingsstelsel met een ongedefinieerd substraat, variërende omgevingsfactoren en procesparameters is het vinden van het cruciale schuimbepalende ingrediënt (als dat al bestaat) vrijwel onmogelijk.

Onderzoek aan praktijkinstallaties

Procesparameters, en vooral de variaties daarvan, zoals de temperatuur, organische en hydraulische belasting, type substraat en reactor bedrijfsvoering (zoals recirculatie, mengen, of storingen) waarbij wel of geen schuimproblemen optreden, zouden geïventariseerd moeten worden. Een procesparameter hoeft niet de directe schuimoorzaak te zijn, maar zou bij een systematische registratie wel een indicatie kunnen geven waar de directe schuimveroorzaker vandaan komt. Het meten van biologische en substraatparameters, en vooral de variaties daarvan, zoals de gasproductiesnelheid per vierkante meter slib/gas-grensvlak, opgelost en colloïdaal CZV en BZV van het effluent, waarbij wel of geen schuimproblemen optreden, zouden geïventariseerd moeten worden. De reactorinhoud is uiteraard wel de oorzaak van schuimproblemen. Het meten van deze algemene biologische en substraatparameters zou bij een systematische registratie wel een indicatie kunnen geven waar de directe schuimveroorzaker vandaan komt. De gasproductiesnelheid per vierkante meter slib/gas-grensvlak is de potentiële schuimvormingcapaciteit van de reactor. De opgeloste en colloïdale fracties van het effluent bevatten de potentieel schuimbepalende ingrediënten van de reactorinhoud. De BZV of de BMP (Biologisch Methaan Potentiaal) van die fracties zijn indicatief voor de hoeveelheid niet of gedeeltelijk afgebroken producten die aanwezig zijn (zoals eiwitten, aminozuren, etc.). De filtertijd en de *capillary suction time* van het effluent geeft een indruk van de viscositeit van de vloeistof in de schuimlamellen.

Noodzakelijk is de ontwikkeling van een simpele schuimtestmethode. De daarmee gemeten effluentschuimcapaciteit en -stabiliteit kan dan ter plekke worden vergeleken met die van de reactor en de gemeten parameters van het effluent. Deze schuimtest kan dan ook gebruikt worden voor vergelijkend onderzoek naar de effectiviteit van anti-schuimmiddelen, omdat onderzoek uitwijst dat de effectiviteit van schuimbestrijdingsmiddelen erg kan verschillen per substraat⁹⁾. Een inventarisatie van de kosten van schuimproblemen (extra werkuren, anti-schuim, reparaties en verlies aan biogas) zal waarschijnlijk de kosten voor structureel onderzoek naar schuimproblemen in vergisters rechtvaardigen.

Laboratoriumonderzoek

Omdat in principe een vergister in staat is om de schuimbepalende componenten om te zetten (door middel van afbraak) in stoffen die minder of geen schuim bevorderen,

zou het onderzoek naar een remedie voor schuimproblemen in slibvergisters zich niet moeten richten op de veroorzakende stoffen maar op de omzetters daarvan: de afbraakbacteriën en enzymen. Het bevorderen van specifieke stappen van het afbraakproces, bijvoorbeeld de hydrolyse en verzuring, zouden een vergister versneld door de 'schuimende fase' heen kunnen helpen of de schuimcomponenten beneden een kritische concentratie kunnen houden.

Voor onderzoek naar schuimeigenschappen is een reproduceerbare en relevante schuimmetingmethode vereist. Reproduceerbare schuimmetingen sluiten omgevingsinvloeden uit zoals tocht, dwarrelend stof en temperatuurswisselingen. Criteria voor een relevante schuimmeting zijn de wijze waarop het schuim wordt gemaakt, bijvoorbeeld door middel van schudden, opkloppen of begassen en ook op de snelheid van schuimproductie. Bij begassing is het type gas van belang in verband met de oplosbaarheid van het gas in de vloeistof.

Opmerkingen

In literatuur wordt geen oplossing voor schuimproblemen in slibvergisters gegeven, noch een indicatie voor een kansrijke invalshoek voor vervolgonderzoek. De voorgaande suggesties voor onderzoek naar remedies voor schuimproblemen in slibvergisters zijn gebaseerd op de capaciteit van een vergister om materiaal af te breken, dus ook de onbekende schuimbevorderende materialen.

LITERATUUR

- 1) Ganidi N. (2008). Anaerobic digestion foaming causes. Proefschrift. Universiteit van Cranfield, Engeland.
- 2) Mulder A. (2007). Inventarisatie van omvang en kenmerken van schuimvorming in de slibgisting. STOWA. Rapport W07.
- 3) Ganidi N. (2009). Anaerobic digestion foaming causes - A review. *Bioresource Technology* 100, pag. 5546-5554.
- 4) Dickinson E. (2009). Food emulsions and foams: stabilisation by particles. *Current Opinion in Colloid & Interface Science* 15, pag. 40-49.
- 5) Wierenga P., L. van Noré en E. Basheva (2009). Reconsidering the importance of interfacial properties in foam stability. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 344, pag. 72-78.
- 6) Junker B. (2007). Foam and its mitigation in fermentation systems. *Biotechnol. Prog.* 23, pag. 767-784.
- 7) Wierenga P. (2005). Basics of macroscopic properties of adsorbed protein layers, formed at air-water interfaces, based on molecular parameters. Proefschrift. Wageningen Universiteit.
- 8) Grolle K., G. Zeeman en A. Prins (1993). Mechanismen van schuimvorming in mest: vervolgonderzoek. Informatie Centrum Mestverwerking.
- 9) Hoeksma P., P. Derikx en J. Oosthoek (1992). Voorkomen en bestrijden van schuimvorming bij de opslag van mengmest. *Imag-DLO. Rapport* 91-22.