

Lezing gehouden voor de 17e vakantiecursus in behandeling van afvalwater; Technische Hogeschool, Delft 13-14 mei 1982.

Ter inleiding enkele gegevens over het concern Gist-Brocades. Gist-Brocades is ontstaan in 1967 door een fusie tussen de Koninklijke Nederlandse Gist- en Spiritus-fabriek en Koninklijke Pharmaceutische Fabrieken v/h Brocades Steeman & Pharmacia.

Behalve in Nederland heeft Gist-Brocades o.a. produktielokaties in België, Engeland, Frankrijk, Portugal en de Verenigde Staten. Het hoofdkantoor en het omvangrijkste productiebedrijf zijn in Delft gevestigd. Het concern telt ca. 6.200 medewerkers, waarvan



H. F. PEZE
MI Chem E
Gist-Brocades NV

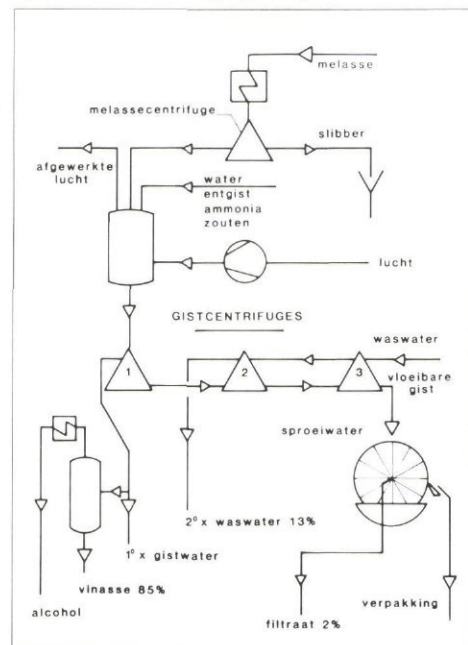
er ca. 2.500 in Delft werkzaam zijn. De concernomzet bedroeg in 1981 circa f 1.500,- x 10⁶.

De belangrijkste produkten zijn gist en bakkerijgrondstoffen, alcohol, farmaceutische halffabrikaten, geneesmiddelen, enzymen en smaakstoffen.

Sprekend over de afvalwaterproblematiek van de fermentatie-industrie wil ik in het bijzonder aandacht besteden aan ons bedrijf in Delft.

Hier staat de grootste penicilline-fabriek ter wereld ($\pm 20\%$ van de wereldbehoefte) en een der grootste bakkersgistfabrieken in de wereld. Verder bevinden zich op het complex nog diverse andere kleinere productie-units voor de bereiding van enzymen en het uitvoeren van steroid-omzettingen en

Afb. 1 - Schema bakkersgist fabricage.



productie-units voor het langs chemische weg omzetten van penicilline naar cefalosporines en andere semi-synthetische derivaten.

Om u uit te leggen waar nu de specifieke problemen voor wat betreft het afvalwater liggen, moet ik u eerst iets vertellen over de productieprocessen.

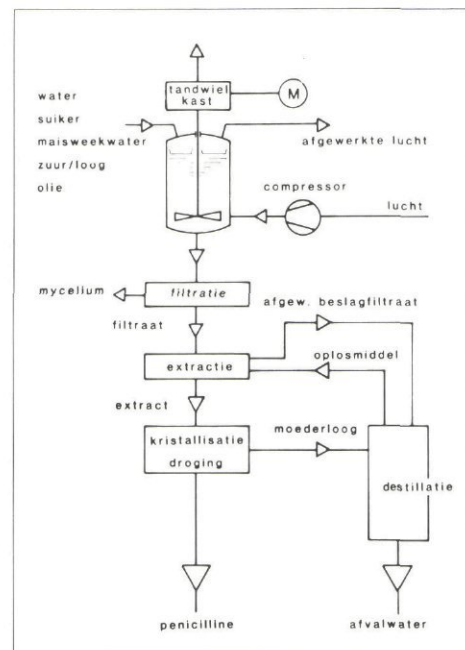
De fermentatie-industrie kenmerkt zich door het gebruik van micro-organismen, schimmels en bacteriën, om bepaalde produkten te verkrijgen. We kunnen daarbij onderscheid maken tussen drie soorten van processen:

1. Het micro-organisme zelf is het gewenste produkt (voorbeeld: bakkersgist, single-cell protein).
2. Het micro-organisme scheidt het gewenste produkt af en is na afloop van het proces overbodig geworden (voorbeeld: penicilline, alcohol, enzymen).
3. Het micro-organisme wordt gebruikt om een ingewikkelde chemische omzetting tot stand te brengen en is na afloop ook overbodig (voorbeeld: de hydroxylering van steroiden).

In het algemeen wordt gewerkt met aerobe reïncultures die als resultaat van kruising en mutatie, in hoge mate de gewenste eigenschappen bezitten. Het proces begint met een laboratoriumcultuur die wordt vermeerderd totdat voldoende materiaal is verkregen om een productie gisting te starten.

Op dit punt wil ik twee principe flow-sheets tonen van een dergelijk proces, één voor de bakkersgistbereiding en één voor de penicillinebereiding. Bij de bakkersgistbereiding (zie afb. 1) wordt melasse als organische koolstofbron gebruikt, terwijl de andere nutriënten, in hoofdzaak stikstof en fosfor, als anorganische zouten worden toegevoegd. Voor de benodigde zuurstofvoorziening wordt lucht ingeblazen. Het proces verloopt als volgt: In de fermentor wordt een hoeveelheid water klaargezet waaraan de noodzakelijke nutriënten worden toegevoegd. Vervolgens wordt een hoeveelheid vooraf gekweekte gist toegevoegd, de zgn. entgist, en lucht wordt ingeblazen voor aeratie en menging.

Het bakkersgistprocédé is een fed-batch proces, d.w.z. dat tijdens de gisting nog voortdurend nutriënten worden toegevoegd totdat de gewenste concentratie aan gist is verkregen. Na beëindiging van de fermentatie wordt de inhoud van de fermentor in centrifuges gescheiden in een vloeibare gistbrij met ca. 18-20% droge stof en het 'sterke' effluent. De gistbrij wordt in tegenstroom nog één à tweemaal gewassen en gaat dan naar roterende vacuumfilters waar de gist verder wordt geconcentreerd tot 28-33% d.s. en vervolgens in blokken wordt geperst en verpakt. Het is ook mogelijk de gefiltreerde gist te



Afb. 2 - Schema penicilline fabricage.

granuleren en dan aan een droogproces te onderwerpen, waardoor een lang houdbare droge gist ontstaat. Het gebruik hiervan, vooral op de exportmarkt, neemt hand over hand toe.

Tegelijk met de gistproductie kan men ook alcohol maken. Meestal wordt dit in de opkweekfase gedaan. De van gist ontdane vloeistof welke na de eerste centrifuge overblijft, bevat nog alcohol. Deze wordt in een destillatieproces uit de vloeistof verwijderd.

Zoals gezegd is de hoofdgrondstof melasse. Dit is het residu dat in de suikerfabriek overblijft nadat alle kristalliseerbare suiker uit de suikerstroop is gewonnen. Het is een stroop met ca. 80% droge stof waarvan ca. 50% suiker. Deze suiker dient als koolstofbron voor de groei van de gist. De rest van de droge stof bestaat uit organische en anorganische stoffen die door de gist niet of nauwelijks worden geassimileerd of verademd. Deze niet-assimileerbare stoffen doorlopen het fermentatieproces onveranderd en komen terecht in het afvalwater. In een moderne gistfabriek komt ca. 80 à 86% van deze stoffen in het sterke effluent terecht. Het restant bevindt zich in het waswater en het filtraat. Voor het sterke effluent gelden ongeveer de volgende kengetallen:

Per ton melasse is het volume ca. 4-6 m³, waarin zich ongeveer 190 kg CZV en 15 kg kjeldahl stikstof bevindt. Volgens de Nederlandse rijksformule worden bij een verbruik van 1 ton melasse/jaar, een afvalwaterbelasting van ca. 4 i.e. veroorzaakt. Moderne gistfabrieken kunnen een melasseverwerkingscapaciteit hebben van meer dan 100.000 ton/jaar, d.w.z. dan een afvalwater-

belasting veroorzaken overeenkomende met ca. 400.000 i.e.

Het tweede voorbeeld dat ik wil geven is dat van de penicillinebereiding (zie afb. 2). Het micro-organisme, in dit geval de penseel-schimmel, wordt hierbij gekweekt onder zodanige omstandigheden dat penicillinezuur wordt afgescheiden. Als koolstofbron wordt daarbij suiker of glucose toegepast. Verder worden nog maïskweekwater en diverse anorganische zouten toegevoegd. De grondstoffen worden in een waterige oplossing in een fermentor gebracht en vervolgens geënt met de penseelschimmel. Deze groeit in draderige vorm waardoor de viscositeit van de vloeistof sterk toeneemt en krachtig roeren noodzakelijk is om de gewenste menging en aeratie tot stand te brengen. Als zuurstofbron wordt gecomprimeerde lucht ingeblazen. Ook hier worden gedurende het fermentatieproces nog diverse grondstoffen toegevoegd.

Na afloop van het fermentatieproces wordt het micro-organisme (het zgn. mycelium) d.m.v. vacuümfiltratie van de vloeistof gescheiden. Voor het produktieproces is het dan verder niet meer van belang. Vroeger werd het dan ook met het afvalwater afgevoerd. Het filtraat bevat de penicilline. Door middel van extractie met een organisch oplosmiddel wordt de penicilline uit het filtraat geëxtraheerd om vervolgens te worden gekristalliseerd als kalium-zout en te worden gedroogd. Het van de penicilline ontdane filtraat bevat na extractie nog een geringe hoeveelheid oplosmiddel dat door middel van destillatie kan worden verwijderd en in recirculatie gebracht.

De dan nog resterende waterige vloeistof is het effluent. Voor ons bedrijf in Delft vertegenwoordigen de twee afvalstromen: mycelium en waterig effluent een vuillast van ca. 250.000 à 300.000 i.e.

Het kenmerkende van de effluentstroom uit de beide fermentatieprocédés is dat ze hygiënisch gezien niet verdacht zijn, maar wel een groot zuurstofbindend vermogen hebben door de resten agrarische grondstoffen en eiwitrijke micro-organismen. De effluenten van het Delftse bedrijf worden reeds sinds de jaren twintig tezamen met het rioolwater van Den Haag en omliggende gemeenten naar zee afgevoerd.

In verband met de hygiënische toestand van het strand werd in de jaren zestig bij Scheveningen een voorbezinking gebouwd waarbij primair slib en effluent gescheiden werden en op respectievelijk 10 km en 2,5 km uit de kust in zee werden gepompt, waarbij door middel van zgn. diffusoren een zodanige menging met het zeewater wordt bewerkstelligd dat geen meetbare verlaging van het zuurstofgehalte van het zeewater optreden. Bij de inwerkingtreding van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater (WVO) werd de

Zuivering van het effluent	Alternatieve grondstoffen	Valoriseren
Aerobe zuivering	Graan	Voedergistfermentatie
Anaerobe zuivering	Alcohol	Concentratie van het effluent met aansluitend nuttige toepassing
Zimmermann procédé	Suiker	
Katox procédé		
etc		

Afb. 3 - Mogelijkheden tot verlagen van de afvalwaterlast van gistfabrieken.

lozing op 2,5 km dan ook buiten de heffing gehouden, totdat vrij onverwacht ook deze lozing werd onderworpen aan een heffing met ingang van 1973.

Ongesaneerd zou het effluent van het GB-complex te Delft gemiddeld ca. 860.000 i.e. bevatten. Door de voorspelbare ontwikkelingen op het gebied van de heffingen (nu ± f 35/i.e.) waren wij dan ook genoodzaakt tot een grootscheepse saneringsactie over te gaan welke tot op heden nog in volle gang is.

Als eerste werd daarbij aandacht geschonken aan het melasseverwerkend deel van het bedrijf, het *gist-alcohol produktieproces*. De invloed van de heffingen is hier zo groot dat zonder maatregelen de heffingenlast in dezelfde orde van grootte zou komen te liggen als de grondstofkosten. Er zijn in principe veel mogelijkheden om tot verlaging van de afvalwaterlast te komen (zie afb. 3). Uit de veelheid van mogelijkheden werd gekozen voor het valoriseren van de in het effluent aanwezige reststoffen door middel van het concentreren van het effluent d.m.v. meertrapsindamping. Hiertoe was het in eerste instantie noodzakelijk het proces zo te modificeren dat het in te dampen effluent een reeds zo hoog mogelijke concentratie aan droge stof heeft. Dit effect is reeds verdisconteerd in de eerder gegeven cijfers. De hoeveelheid sterk effluent per ton melasse werd daarbij gereduceerd van 13-15 m³/ton melasse tot 4-6 ton m³/ton melasse.

Bij de keuze van het type indamper waren een aantal uitgangspunten bepalend:

- De indamper moest alle mengsels van riet- en bietmelasse kunnen verwerken.
- Er moest een zo groot mogelijke bedrijfszekerheid worden verkregen.
- Er moest worden gestreefd naar een optimaal energieverbruik.
- De indampinstallatie moest worden ingepast in ons reeds bestaande warmtekrachtbedrijf. Dit leidde tot een beschikbare primaire stoomdruk van 0.5 bar stroom. Deze combinatie van uitgangspunten heeft na een uitvoerige pilotplantbeproevingenprogramma waarin verschillende combinaties van valstroom en geforceerde circulatie

verdampers werden beproefd, geleid tot de keuze van een 5-traps indamper met geforceerde circulatie met een specifiek stoomverbruik van 0.22 kg/kg verdampt water.

Het schema van de installatie zoals gekozen voor het Delftse bedrijf is weergegeven in afb. 4. Om reden van constructieve aard hebben wij gekozen voor een type waarbij het indamplichaam verticaal staat opgesteld, daar dit de gelegenheid geeft de circulatiepomp onder tegen het lichaam aan te bouwen, wat tot aanzienlijke ruimtebesparing leidt.

De effluentstroom wordt in tegenstroom door de installatie gevoerd, waarbij uiteraard tussen elke verdampertrap een vloeistoftransportpomp nodig is. Er zijn zes identieke verdamperlichamen aanwezig waarvan er naar keuze één of meer kunnen worden afgeschakeld voor reparatie of reinigingsdoeleinden zonder dat de werking wordt onderbroken. In het gegeven voorbeeld is de installatie als 5-traps installatie getekend. De concentratie vindt in multiple-effect plaats tot ca. 55% d.s. De eindconcentratie tot ca. 70% vindt plaats in een eindverdampers waarvan er twee aanwezig zijn. Als verwarmingsmedium wordt 0.5 bar stroom gebruikt, afkomstig van stoomturbines. De daarmee opgewekte elektriciteit is ruimschoots meer dan het eigen stroomverbruik van de installatie. De damp uit de laatste stap wordt geconcentreerd in een oppervlaktecondensor welke gekoeld wordt met koeltorenwater.

Het destillaat bevat nog vluchtige vetzuren en wordt thans nog geloosd. Het condensaat uit de 1e trap wordt als ketelvoedingswater naar het ketelhuis teruggevoerd.

Bij de *penicillinefabricage* veroorzaakt de lozing van het mycelium een belangrijke belasting van het afvalwater. Het mycelium bestaat echter uit een zeer eiwitrijk micro-organisme dat in principe een hoge voedingswaarde heeft. Onze benadering is dan ook geweest het mycelium na afscheiding op te vangen en zodanig te behandelen dat een vloeibaar veevoederprodukt ontstaat. Deze behandeling bewerkstelligt dan tevens

dat het produkt geen levend micro-organisme meer bevat en beslist vrij is van penicillineresten.

Het produkt dat ontstaat heeft veel gemeen met de zgn. graanspoeling welke bij de graan alcoholproduktie ontstaat en dat reeds sinds het ontstaan van ons bedrijf rechtstreeks aan de veehouderij wordt geleverd. De zgn. myceliumspoeling wordt nu eveneens op soortgelijke wijze rechtstreeks afgezet aan de veehouderij.

Tenslotte werd in de achterliggende periode door procesverbeteringen en investeringen in nieuwe destillatie-apparatuur een significante vermindering van de oplosmiddelenverliezen bereikt.

Bovengenoemde methoden hebben tot op dit ogenblik een reductie van de lozing van onze oorspronkelijke 860.000 i.e. tot nu 380.000 i.e. ten gevolge gehad.

Wij verwachten de bovengenoemde lozing door procesgeïntegreerde maatregelen nog aanzienlijk verder te kunnen reduceren. Hierbij gaan we te werk volgens een bepaalde filosofie. In de eerste plaats trachten wij de vervuiling te voorkomen door aan de bron te saneren. Andere procestechnieken of andere grondstoffen moeten daarbij meestal worden toegepast. Zijn deze mogelijkheden niet aanwezig of economisch onaanvaardbaar dan wordt gekeken of een gedeelte van de ontstane reststoffen hergebruikt kan worden. Hiertoe moet dan meestal een reinigingsproces worden doorlopen. Een voorbeeld daarvan is o.a. onze oplosmiddelenterugwinning. Wij zijn nu ver gevorderd met een proces om een deel van onze afgewerkte chemicaliën voor hergebruik geschikt te maken.

Voor reststoffen waarvoor geen hergebruiksmogelijkheden in eigen bedrijf bestaan wordt

nagegaan of ze op de één of andere wijze tot bruikbare produkten kunnen worden herbewerkt en als zodanig worden afgezet. Twee voorbeelden daarvan zijn de beschreven oplossingen bij de gist-alcoholfabricage en penicilline-fabricage. Bovengenoemde mogelijkheden worden dan op basis van kosten-baten analyse vergeleken met de toepassing van toegevoegde milieu-apparatuur, in dit geval een biologische waterzuivering.

Hiervoor zal een door ons, met financiële hulp van het voormalige Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, ontwikkeld systeem van anaerobe zuivering d.m.v. geïmmobiliseerde micro-organismen gevolgd door een nitrificatie- en denitrificatiestap, werkend volgens hetzelfde principe, worden toegepast. Voor deze techniek hebben wij een aantal octrooien aangevraagd. Het proces werkt zeer bevredigend op pilot plant schaal en wij verwachten de eerste industriële uitvoering van dit systeem in de tweede helft van 1983 in dienst te nemen.

Ir. Heijnen zal hierop in een volgende voordracht verder ingaan.

Alvorens af te sluiten zou ik nog even willen ingaan op de lessen welke wij uit het verleden hebben geleerd.

In 1972 zijn wij begonnen met de eerste studies op welke wijze de vuilast van ons bedrijf kon worden verminderd. Hoewel met grote inzet aan het probleem is gewerkt en bij de eerste maatregelen gebruik werd gemaakt van op zichzelf bekende technieken, duurde het tot 1977 voordat de indampinstallatie in bedrijf kon worden genomen en tot 1979-1980 alvorens deze een effectieve bijdrage aan de vermindering van de vuilast leverde. Het duurde tot 1981 totdat de

myceliumspoelingafzet naar wens functioneerde. Oorzaken voor deze lange realisatietijden waren problemen van zowel proces-technische, vergunningstechnische als van markttechnische aard. Over 1981 waren de getroffen maatregelen op additionele basis berekend vrijwel kostendekkend, hoewel daarbij voor wat betreft de indamper een ernstig voorbehoud moet worden gemaakt t.a.v. de energiekosten en opbrengstprijzen van het concentraat.

We zijn nu op de helft van de saneringsoperatie en moeten in 1986 50.000 i.e. hebben bereikt. Dat wil zeggen dat we dan 14 jaar verder zijn vanaf de aanvang van de studies.

In het Koninklijk Besluit dat de invoering van de heffing op lozingen op zoutwater regelde, werd echter slechts een overgangsperiode van drie jaar genoemd, gedurende welke een korting op de heffingen gelijk aan het toekomstige saneringsresultaat in het vooruitzicht werd gesteld.

Is men hierbij van de gedachte uitgegaan dat een dergelijke termijn voldoende zou zijn om een eigen conventionele biologische waterzuivering te bouwen? Hoewel uit de praktijk blijkt dat voor huishoudelijk effluent een dergelijke termijn al zeer kort is, voor industriële effluënten waarvoor in het algemeen geen standaardoplossingen bestaan, is deze termijn zeker veel te kort, vooral als nieuwe procesgeïntegreerde oplossingen moeten worden ontwikkeld. Toch worden daarmee de economisch meest acceptabele oplossingen bereikt; oplossingen welke ook milieu-hygiënisch gezien dikwijls betere en completere resultaten geven dan een conventionele biologische zuivering. Het stellen van te korte termijnen om tot bepaalde saneringen te komen – dit geldt niet alleen voor afvalwater – houdt dan ook het risico in dat het bedrijfsleven gedwongen wordt sub-optimale standaardoplossingen te kiezen, met alle nadelige gevolgen van dien. Men zegt dat hiervoor bij de vergunningverlenende Overheid begrip bestaat. De dwang te streven naar snelle oplossingen ontstaat echter niet alleen door de vergunningsvoorwaarden, maar ook door de hoge heffingen. Ook op dit punt kan een meer gefaseerde invoering resulteren in uiteindelijk betere oplossingen, waarbij de milieuhygiënische doelstellingen beter in overeenstemming kunnen worden gebracht met de technisch-economische mogelijkheden van het bedrijfsleven.

• • •

Afb. 4 - Indampinstallatie, Delft.

