

MASTER

Ontwikkeling van een goedkoop miniatuur fermentatie-systeem voor grondstoffen- en parameteronderzoek t.b.v. de bakkersgistproductie

Fieten, H.F.M.

Award date:
1987

[Link to publication](#)

Disclaimer

This document contains a student thesis (bachelor's or master's), as authored by a student at Eindhoven University of Technology. Student theses are made available in the TU/e repository upon obtaining the required degree. The grade received is not published on the document as presented in the repository. The required complexity or quality of research of student theses may vary by program, and the required minimum study period may vary in duration.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain

ONTWIKKELING VAN EEN GOEDKOOP MINIATUUR FERMENTATIE-SYSTEEM VOOR
GRONDSTOFFEN- EN PARAMETERONDERZOEK t.b.v. DE BAKKERSGISTPRODUKTIE

verslag afstudeeronderzoek H.F.M. Fieten, student Scheikundige
Technologie aan de Technische Universiteit te Eindhoven.
Vakgroep Fysische Technologie.
Het onderzoek werd verricht bij Gist-Brocades N.V. te Delft.

kontakthoogleraar: D. Thoenes
afstudeerhoogleraren: N.W.F. Kossen, H.A.C. Thijssen
afstudeercoach: C.G.N. Korevaar

periode: 1-4-'86 tot 1-10-'86
afdeling: R&D/FOG
datum: 10-11-'86

Met dank aan prof. H.A.C. Thijssen dankzij wie ik in de gelegenheid
werd gesteld het onderzoek bij Gist-Brocades N.V. uit te voeren.

H.J.M. Fieten

Hog

ONTWIKKELING VAN EEN GOEDKOOP MINIATUUR FERMENTATIE-SYSTEEM
VOOR GRONDSTOFFEN- EN PARAMETERONDERZOEK
T.B.V. BAKKERSGISTPRODUKTIE

H.F.M. Fieten

SAMENVATTING

Aangezien de kwaliteit van melasse, de voornaamste grondstof voor de bakkersgistbereiding, een sterke variëteit vertoont, bestaat er behoefte aan een fermentatiesysteem om melasseonderzoek te kunnen doen. Dit moet een eenvoudig en goedkoop systeem zijn waarmee goed reproduceerbaar met zeer kleine hoeveelheden grondstof (ca. 100 gram) gefermenteerd kan worden bij een in het gistproduktiebedrijf gangbare melasseblindconcentratie*). Bovendien moet de gistopbrengst voldoende zijn om naast de analyses aan de natte gist ook nog goed en reproduceerbaar fermipan te kunnen bereiden.

Bij het onderzoek naar fermipanbereiding met kleine porties gist bleek de bereiding met behulp van de labextruder en labdroger van R&D/FOG het best te voldoen. Hiervoor is minimaal 25 gram gist ad 30% droge stof benodigd. Men moet rekening houden met een strooigaswaarde verlies van 10% ten opzichte van de standaard R&D/FOG fermipanbereiding.

Experimenten met de minifermentors van R&D/FYS hadden uitgewezen dat hiermee de vereiste blindconcentratie en gistopbrengst niet gehaald konden worden. Mede op grond van deze kennis werd gekozen voor een ander ontwerp, de "midifermentor". Dit is een glazen bellenkomp met een werkvolume van 300 ml (tweemaal groter dan de minifermentor vanwege de te behalen gistopbrengst). Verder werden de beluchtingswijze en dimensies zo gekozen dat t.o.v. de minifermentor een optimalere aeratie werd verkregen.

Oriënterende proeven met een prototype wezen uit dat met het gekozen fermentorontwerp de gewenste blindconcentratie en gistopbrengst haalbaar waren, maar tevens dat er nog heel wat problemen dienden te worden opgelost, voordat er sprake kon zijn van een goed functionerend systeem.

*) zie lijst van gebruikte termen en afkortingen

De benodigde recept-optimalisatieproeven zijn voor een deel in Eschweilers*) uitgevoerd. Daar kwam ondermeer uit naar voren dat zowel het samen met de melasse toegelopen antischuimmiddel ("pleuronic acid") als de voor pH regeling toegepaste barnsteenzuurbuffer in de benodigde concentraties het gistingsresultaat negatief beïnvloeden. De overgang op een recept met een tweede toeloop, ammonia leverde v.w.b. de pH-regeling een grote verbetering op, doordat deze behalve als N-bron ook als loogtoeloop fungeert, en zo de zuurvorming tijdens de gisting ruimschoots compenseert. Door het toepassen van een ander antischuimmiddel in combinatie met een andere wijze van dosering kon ook dit probleem worden opgelost.

Op basis van de ervaringen met het prototype werd een definitief ontwerp gemaakt. Hiermee werd met het meest betrouwbaar gebleken recept de reproduceerbaarheid van de resultaten getest. Deze bleek goed. Alleen vertoonde de ammonia-toeloop nog een te grote variabiliteit. Dit beïnvloedt de reproduceerbaarheid van zowel de gistsamenstelling (6.25*N-gehalte) als het gistingsverloop (pH-profiel) nadelig. Verder leverde de controle op de schuimvorming nog problemen op.

Deze problemen lijken echter oplosbaar. De voorgestelde oplossingen voor bovengenoemde probleempunten moeten nog wel geverifieerd worden. Nader onderzoek dient hiernaast gericht te worden op verdere optimalisatie van het recept.

* zie lijst van gebruikte termen en afkortingen

VOORWOORD

Gist-Brocades is een bedrijf met activiteiten op verschillende biotechnologische terreinen. Deze activiteiten zijn ondergebracht in de volgende vier zelfstandig opererende divisies:

- * **Farmaca divisie**, deze houdt zich bezig met de ontwikkeling, marketing, productie en verkoop van geneesmiddelen en diagnostica voor menselijke en dierlijke toepassingen. Voorbeelden: dermatologische preparaten, antibiotica en cardio-vasculaire preparaten.
- * **Industriële Farmaceutische Produkten divisie**, deze fungeert als toeleverancier van produkten ten behoeve van de farmaceutische industrie. Voorbeelden: grondstoffen voor de productie van antibiotica en hormoonpreparaten, zoals Penicilline G en steroïden.
- * **Gist divisie**, productie en verkoop van bakkersgist en bakkerijgrondstoffen. Er worden drie typen gist geleverd, te weten Koningsgist (natte, verse gist), engedura (gedroogde korrelgist) en fermipan (gedroogde instant gist).

* **Industriële Enzymen divisie**, productie voor met name de wasmiddelenindustrie, zuivelindustrie, textiel- en levensmiddelenindustrie. Hiernaast is de organisatie van het bedrijf opgebouwd uit zeven concernstafafdelingen en vier centrale hoofdafdelingen. De concernstafafdelingen zijn gespecialiseerd op één bepaald terrein (bv. Public Relations & Publiciteit, kwaliteitsbeheer, milieu en energie) en leveren diensten aan alle concernonderdelen. De centrale hoofdafdelingen zijn: financiën en administratie, personeel en organisatie, materialendienst en Research & Development. Zij hebben een overkoepelende taak.

Research & Development houdt zich bezig met wetenschappelijk onderzoek gericht op onder andere verbetering van productieprocessen, verlaging van de produktiekosten, nieuwe produktiemethoden en nieuwe produkten.

De afdeling R&D/FOG, waarbij ik mijn onderzoek heb gedaan, valt binnen R&D onder de groep procesontwikkeling en heeft onder andere de volgende werkzaamheden:

- * service aan de Gist divisie, bv. grondstoffenonderzoek, productiebegeleiding
- * ontwikkeling van recepten voor de gistproductie
- * onderzoek naar de bruikbaarheid van nieuwe stammen
- * onderzoek aan fermipan droogprocessen
- * onderzoek aan fermentatieprocessen van door gist geproduceerde enzymen.

LIJST VAN GEBRUIKTE TERMEN EN AFKORTINGEN

1. INLEIDING	1
2. DROOG-EXTRUSIE ONDERZOEK	2
2.1 Materialen en methode	2
2.2 Experimenten	3
2.3 Resultaten en discussie	4
3. ONTWIKKELING VAN HET MINIATUUR FERMENTATIESYSTEEM	6
3.1 Opstelling en configuratie	7
3.2 Experimenten	10
3.3 Resultaten en discussie	11
3.3.1 Is de blindconcentratie haalbaar?	11
3.3.2 Optimalisatierecept	13
3.3.3 Reproduceerbaarheid resultaten	16
4. EINDKONKLUSIES EN AANBEVELINGEN	18
REFERENTIES	20

TABELLEN

- BIJLAGE 1: gegevens droog-extrusie onderzoek
- BIJLAGE 2: gegevens Eschweilrexperimenten
- BIJLAGE 3: gegevens midifermentor-experimenten
- BIJLAGE 4: gegevens schudkolf-experimenten

In deze externe versie van het verslag is van de bijlagen slechts de inhoudsopgave bijgevoegd.

LIJST VAN GEBRUIKTE TERMEN EN AFKORTINGEN

blindconcentratie	zie melasseblindconcentratie
CS	een antischuimmiddel
droogrendement	gaswaarde gedroogde gist / gaswaarde natte gist in %
Eschweilers	computergestuurde fermenters waarover R&D/FOG beschikt, werkvolume = 6 liter
fermipan	gedroogde gist, de gist wordt naast de natte gist ook verkocht als gedroogde instantgist vanwege de betere houdbaarheid en het kleinere volume per gewichtseenheid
gaswaarde	maat voor de rijkskracht. De kwaliteit van de gist wordt beoordeeld aan de hand van de rijkskracht. Voor het meten van de gaswaarde bestaan verschillende methodes
GPB	gistproductiebedrijf
houdbaarheid	gaswaarde verse gist / gaswaarde gist na bewaren. Voor de natte gist is de bewaarperiode 1 week, voor de gedroogde gist eveneens echter bij verhoogde temperatuur (. . °C)
HPLC	high pressure liquid chromatography
inweek(gas)waarde	ter bepaling van de gaswaarde wordt de gist hierbij eerst gerehydrateerd (uitsluitend voor gedroogde gist)
melasseblindconcentratie	aantal grammen toegelopen melasse ad 50% vergistbare suikers per liter beslag, aan het einde van de fermentatie
Mercator	gaswaardebepaling, hierbij wordt de brooddeeg-bereiding op minischaal uitgevoerd
PCL	produkt controle laboratorium
PDM	pseudodeegrijsmeting
pseudodeegrijsmeting	gaswaardebepaling, hierbij wordt de brooddeegbereiding met een synthetisch medium nagebootst
rehydratatie	herbevochtiging van de gedroogde gist
R&D/	Research & Development afdelingen
R&D/BAO	bakkerijonderzoek
R&D/FOG	Fermentatie Ontwikkeling Gist
R&D/FYS	Fysiologie
R&D/GSG	Gist en Schimmelgenetica
R26	maat voor het rendement, R26 = gram gevormde gist ad 26% droge stof / gram toegelopen melasse ad 50% vergistbare suikers x 100%

strooi(gas)waarde

gaswaardebepaling waarbij de gedroogde gist over het deeg
wordt gestrooid

UNE

uren na enten

vergist

na beëindiging van de gisting

6.25 *N

schatting voor het totale eiwit-gehalte

% opdr

gewichts % op droge stof basis

1. INLEIDING

Melasse, de voornaamste grondstof voor bakkersgistbereiding, is de moederloog die bij de suikerfabrikage overblijft nadat de economisch winbare suiker uit de grondstof verwijderd is. Men onderscheidt riet- en bietmelasses. De samenstelling van melasse vertoont afhankelijk van onder andere de plaats van herkomst, het tijdstip van oogsten, het soort gewas en de bewerkingen tijdens de suikerfabrikage een grote variëteit.

Omdat deze samenstelling het gistingresultaat (rendement, kwaliteit geogste gist) sterk kan beïnvloeden is het geregeld noodzakelijk om proefgistingen met nog onbekende melasses uit te voeren. Tevens is het wenselijk om de invloed van de verschillende melassecomponenten op het gistingresultaat te bestuderen.

Het computergestuurde fermentorsysteem waarover R&D/FOG beschikt is voor dit grondstoffen- en parameteronderzoek niet geschikt vanwege de te hoge kosten per gisting. Verder is de voor een Eschweilergisting benodigde melassehoeveelheid vaak niet beschikbaar en is er voor een uitgebreid melasseparameteronderzoek bij R&D/FOG niet voldoende gistingskapaciteit voorhanden. Om deze redenen bestaat er behoefte aan een miniatuur fermentatiesysteem.

Aan dit systeem worden de volgende eisen gesteld:

- * het moet een goedkoop en eenvoudig te bedienen systeem zijn
- * de fermentaties moeten met kleine hoeveelheden grondstof uitgevoerd kunnen worden. Van de te testen melasses is vaak slechts één kg voor proefgistingen beschikbaar.
- * er moet gefermenteerd kunnen worden bij een melasseblindconcentratie van minimaal x g/l, een in het gistproduktiebedrijf gangbare blindconcentratie. Dit om het effect van eventueel aanwezige inhibitoren te kunnen waarnemen.
- * de geproduceerde gist moet op kwaliteitsaspecten beoordeeld kunnen worden. Dit houdt onder meer in dat de opbrengst voldoende moet zijn om fermipan te kunnen bereiden, omdat de verschillende factoren vaak het eerst in de fermipankwaliteit tot uitdrukking komen.
- * de gistingen moeten goed reproduceerbaar uitgevoerd kunnen worden. De richtlijn is hierbij dat de reproduceerbaarheid van de standaard R&D/FOG gistingen benaderd wordt.

Het doel van het onderzoek was om voortbouwend op de eerder met de minifermentors van R&D/FYS opgedane kennis een miniatuur fermentatiesysteem te ontwikkelen dat aan de bovengenoemde criteria voldoet.

Om uitspraak te kunnen doen over de reproduceerbaarheid van de gistingsresultaten is het van belang de invloed en reproduceerbaarheid van de gistopwerking te kennen. Hiertoe werd het in hoofdstuk 2 beschreven onderzoek naar de extrusie en droging van kleine porties gist verricht.

Het gekozen fermentorontwerp, het uittesten ervan en de receptontwikkelingen worden besproken in hoofdstuk 3.

2. DROOG-EXTRUSIE ONDERZOEK

Eerder verricht onderzoek naar de fermipanbereiding met kleine porties gist [ref. 1] had uitgewezen dat:

- * van de drie geteste drogers de nadroger van R&D/FOG het best voldeed. De PDM-gaswaarden die daarmee verkregen werden waren minstens gelijkwaardig aan die van de volgens de standaard R&D/FOG methode gedroogde gist.
- * het kritieke punt bij de extrusiestap ligt. Bij gebruik van de extrusiespuit, speciaal ontworpen voor de extrusie van kleine porties gist, is minimaal 15 gram gist ad 26% droge stof nodig. Hiermee werd een droogrendement (PDM-gaswaarden) van maximaal 40% behaald, voor de standaard R&D/FOG fermipanbereiding bedroeg dit 70%.

Naar aanleiding hiervan werden allereerst een aantal oriënterende proeven met de labextruder en labdroger van R&D/FOG uitgevoerd. De labdroger biedt in tegenstelling tot de nadroger de mogelijkheid om een criterium voor beëindiging van de droging vast te stellen, omdat de temperatuur van de ingaande luchtstroom gemeten wordt. Het bleek dat:

- * voor porties extrudaat groter dan ca. 10 gram de labdroger van R&D/FOG gebruikt kan worden.
- * voor een goede extrusie met de labextruder minimaal 25 gram gist ad ca. 30% droge stof nodig is. Hierbij moet rekening worden gehouden met een verlies van ca. 8 gram gist.

2.1 Materialen en methoden

Vòòr de extrusie werd de natte gist (ca. 30% droge stof) vermengd met emulgator, te weten x gewichtsprocent op droge stof basis. De gistslierten uit de extruder werden verkleind door ze te schudden alvorens ze gedroogd werden.

extruders:

* labextruder R&D/FOG, bij extrusie van kleine porties uitgerust met de grote schroef om het gistverlies te beperken, diameter openingen zelfplaat = x mm.

* extrusiespuit, maximale inhoud = ca. 30 gram gist, diameter openingen zelfplaat = y mm.

droger: labdroger R&D/FOG

droogkondities:

analyses:

* bepaling van het droge stof gehalte volgens de bij R&D/FOG gehanteerde magnetronovenmethode.

* rijkskrachtbepalingen Mercator (R&D/BAO), zowel vers als na bewaren.

* pseudodeegrijsmeting met PDM-apparaat van R&D/FYS, rehydratie in gedemineraliseerd water bij kamertemperatuur. Met de natte gist en de opbrengst van de standaarddroging werden daarnaast fysiologisch zout en leidingwater als suspensiewater getest. Medium Y1 (samenstelling zie bijlage 1).

* bepaling droge stof gehalte, N-gehalte en P₂O₅-gehalte bij PCL (uitsluitend aan natte gist en opbrengst standaard droging).

gist: opbrengst Eschweilergistingen 863748,-49,-54 en -56,
GPB-gist d.d. 16-09-'86, stam: 227NG.

2.2 experimenten

Bij de Eschweilerexperimenten blijft er maximaal ca. 650 gram gist voor fermipanbereiding over. Hiermee rekening houdende werd voor de volgende indeling van de experimenten gekozen:

01 400 g gist + emulgator 2x extruderen met labextruder, droging van 200 g extrudaat (standaardmethode).

02 25 g extrudaat 01 drogen.

03 25 g extrudaat 01 2x extruderen met extrusiespuit, opbrengst drogen

04 25 g gist + emulgator 2x extruderen met labextruder, opbrengst drogen.

05 25 g gist + emulgator 2x extruderen met extrusiespuit, opbrengst drogen.

De in deze opsomming gehanteerde nummering zal ook bij de bespreking van de resultaten aangehouden worden.

2.3 resultaten en discussie

De in deze externe verslagversie niet opgenomen tabel 1 geeft een overzicht van de belangrijkste resultaten van het droog-extrusie onderzoek. De volledige gegevens zijn opgenomen in een bijlage van het externe verslag.

effekt van de extrusie en droging van kleine porties.

Ten opzichte van de standaard bereiding, methode 01, worden de volgende effecten gekonstateerd:

- * methoden 02, 03 en 04 leveren vergelijkbare verliezen van de strooigaswaarde op, variërend van 4% (-4804) tot 22% (-5603). Deze worden kennelijk veroorzaakt door de droging. Verschillen tussen 02, 03 en 04 onderling kunnen veroorzaakt worden doordat het extrudaat bij 02 en 03 langer bleef liggen eer het verwerkt werd. Het gebruik an de extrusiespuit voor gist die reeds goed met emulgator vermengd is, methode 03, leidt niet tot een duidelijk extra verlies.
- * de droging van kleine porties levert daarentegen een verbetering van de inweekgaswaarde op en de PDM-gaswaarde. Dit is in overeenstemming met hetgeen voor de nadroger gevonden werd [ref. 1].
- * bij methode 05 treedt een grote daling van zowel de strooiwaarde als van de inweekwaarde op. Vooral bij de inweekwaarden worden enorme dalingen gemeten. Alleen bij de gist uit het gistproduktiebedrijf treden geringere dalingen op. Uit het grote verschil tussen methode 03 en 05 blijkt dat het gaswaardeverlies bij extrusie met de spuit voornamelijk veroorzaakt wordt door de slechte emulgatormenging. De GPB-gist is kennelijk minder gevoelig ten aanzien van de emulgatormenging.
- * aan de hand van de houdbaarheden kunnen geen duidelijke invloeden beschreven worden gezien de zeer grote spreiding in de waarden en de tegenstrijdigheden van de resultaten. In het algemeen lijken de houdbaarheden voor de kleine portie bereidingen lager.

reproduceerbaarheid resultaten

De spreiding van de resultaten is telkens uitgedrukt in het tweezijdig 90% betrouwbaarheidsinterval.

droge stof gehalte: voor het droge stof gehalte worden voor methodes 03 en 05 grotere spreidingen (tot 2%) gevonden dan voor methode 02 en 04 (tot 0.5%). In ref. 2 wordt voor de standaard-spreiding een spreiding van 0.1% opgegeven.

strooigaswaarde: voor alle methoden een spreiding van ca. 5%.
inweekwaarden: spreiding 02- tot 12%, 03 en 04- tot 21%, 05- tot 91%.

Het blijkt dat de slechtere emulgatormenging naast de enorme daling van de waarden tot een onaanvaardbaar grote spreiding leidt.

analyses

Ten aanzien van de analyses kan het volgende worden opgemerkt:

- * de droge stof gehalten gemeten bij PCL zijn 0.25-0.50%(w) hoger dan de FOG waarden (zie bijlage 1).
- * in de inweekwaarden komen verschillen in de emulgatormenging sterker tot uitdrukking.
- * het is moeilijk om voor de gedroogde gist een verband te leggen tussen de PDM-gaswaarden en de Mercatorgaswaarden. Met de strooiwaarde blijkt er geen verband, met de inweekwaarden lijkt er wel enig verband aanwezig, dit verschilt echter voor de diverse gisten (zie figuren bijlage 1). In de bovenstaande besprekingen werd de PDM-gaswaarde beschouwd als een inweekwaarde, hetgeen eigenlijk ook het geval is.

samenvatting

De fermipanbereiding met behulp van de labextruder (methode 04) voldoet aanzienlijk beter dan die met de extrusiespuit (methode 05), zowel wat betreft het gaswaardeverlies als de spreiding (van de inweekwaarden).

Met de volgende waarden moet rekening worden gehouden:

- * verlies strooigaswaarde 04 -10%, 05 -21% t.o.v. de standaardmethode (01)
- * tweezijdig 90% betrouwbaarheidsinterval strooigaswaarden van 5% van de gemeten waarde, zowel voor 04 al 05
- * droogrendement strooigaswaarden (gemiddelde van alle gemeten waarden): 01 x %; 04 x -4%; 05 x -13%
- * droogrendement PDM-gaswaarden (gemiddelde van waarden voor Eschweilergist) 01 y%; 04 y+10%; 05 y-29%

Het toepassen van de labextruder betekent dat minimaal 25 g gist voor fermipanbereiding beschikbaar moet zijn. Dit houdt in dat de gistopbrengst van de miniatuurfermentatie, rekening houdend met een minimaal aantal analyses aan de natte gist, minstens 30 g met een droge stof gehalte van ca. 30% moet zijn. Dit is bijna tweemaal zoveel als wanneer met de extrusiespuit geëxtrudeerd wordt.

3. ONTWIKKELING VAN HET MINIATUUR FERMENTATIESYSTEEM

In eerste instantie leken de minifermentors van R&D/FYS uitermate geschikt voor het grondstoffen- en parameteronderzoek omdat het mogelijk is hiermee op een eenvoudige wijze met kleine hoeveelheden grondstof te fermenteren. De minifermentor is een glazen bellenkomp met drie voorzieningen, de luchtinlaat, de luchtuitlaat en een opening via welke de grondstof toegelopen kan worden. De beluchting geschiedt via een pijpje met een poreus steentje aan het eind om een fijne belverdeling te bewerkstelligen.

Proeven hier mee wezen uit dat de beoogde melasseblindconcentratie en gistopbrengst bij lange na niet gehaald konden worden. Al bij beduidend lagere blindconcentraties bleek er vergist teveel alcohol aanwezig te zijn, zelfs wanneer met zuivere zuurstof belucht werd [ref. 3]. Hierbij werd gegist met één toeloop, een oplossing van melasse (C-bron), NH_4Cl (N-bron), het antischuimmiddel pleuronic acid en de buffer barnsteenzuur om een te sterke pH-daling door de zuurvorming tijdens de gisting te voorkomen. De concentratie pleuronic acid en barnsteenzuur werden gerelateerd aan de melasseconcentratie.

Aan het fermenterontwerp werden de volgende aanpassingen aangebracht:

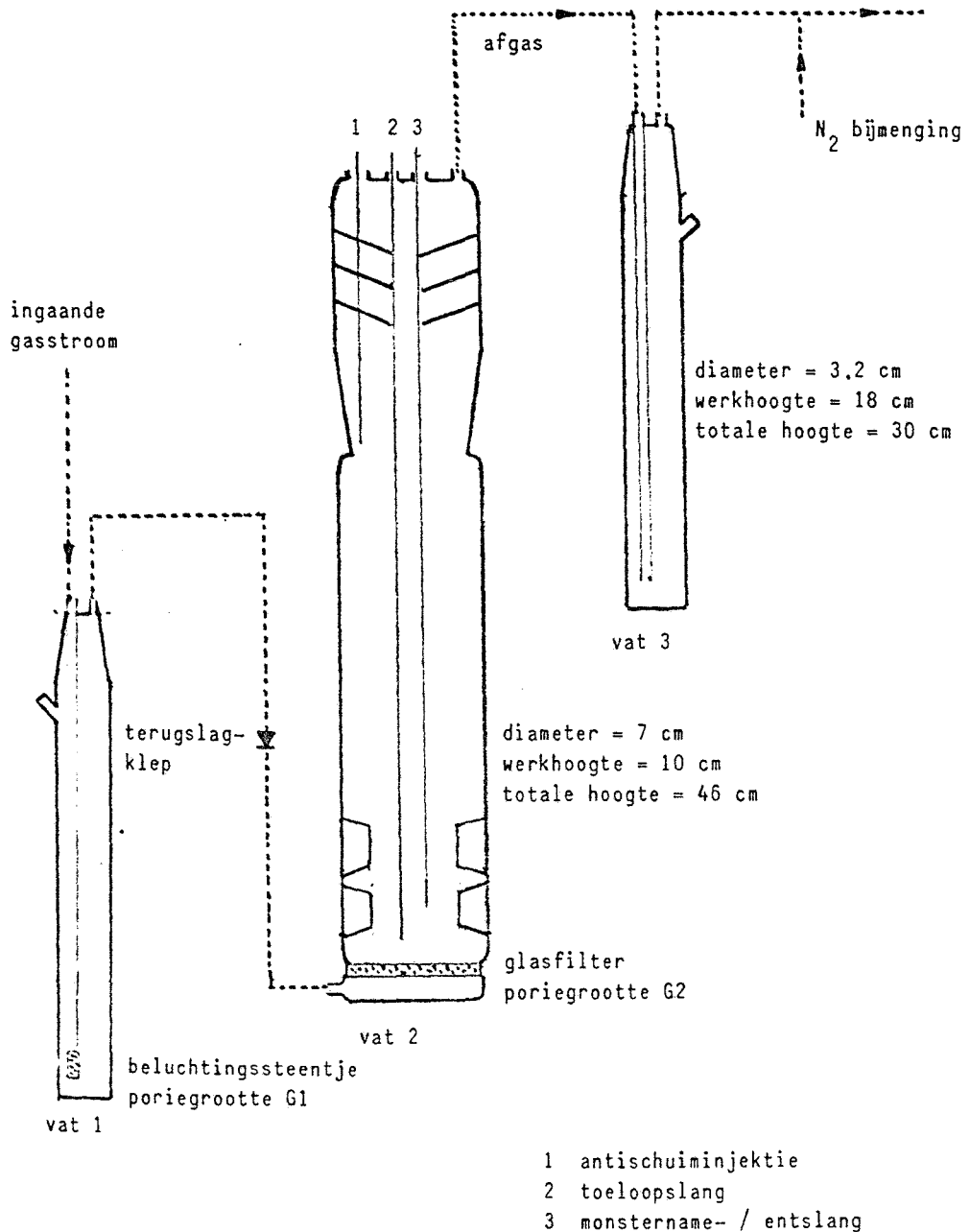
- * **optimalisatie aeratie:** Er werd gekozen voor beluchting via een poreuze bodemplaat. Dit levert t.o.v. de minifermentor verbetering op van: de dispersie van de luchtbellen en de belgrootte, dit laatste omdat de sterke coalescentie van bellen langs het luchttoevoerpijpje in de minifermenter niet meer zal optreden. Door een kleinere poriegrootte in de bodemplaat te gebruiken dan in het beluchtingsteentje van de minifermentor wordt bovendien een fijnere belverdeling gecreëerd. De dimensies van de minifermentor zijn zodanig gekozen dat een betere menging wordt verkregen. Voor verdere argumentatie zie bijlage 3.
- * **vergroting werkvolume:** om het gebruik van de labextruder mogelijk te maken werd gekozen voor een tweemaal groter werkvolume. Voor verdere argumentatie zie hoofdstuk 2.

Verder werden de voorzieningen tijdens het onderzoek aan het gevulde recept aangepast. In het kader van de receptoptimalisatie werden tevens experimenten met de computergestuurde fermentors van R&D/FOG uitgevoerd.

3.1 opstelling en configuratie

Het gekozen ontwerp, de midifermenter, is geschetst in figuur 1. De opstelling bestaat uit drie glazen vaten. Vat 1 en 3 zijn als gaswasfles fungerende minifermentors en dienen respectievelijk ter bevochtiging van de ingaande gasstroom en als schuimvang in de afgasleiding. In plaats van bevochtiging van de ingaande gasstroom is het ook mogelijk te compenseren voor verdamping door de melasse in een lagere concentratie toe te lopen, hiervoor werd echter niet gekozen.

figuur 1: midifermenteropstelling



De midifermentor, vat 2, verschilt van de minifermentor op de volgende punten:

- * het effectief volume is tweemaal groter.
- * de verhouding werkhoogte: diameter is veel kleiner waardoor een betere menging wordt verkregen.
- * de beluchtingswijze; niet meer via een glasfiltertje onderaan het luchttoevoerpijpje maar via een bodemfilter. Hierbij is tevens gekozen voor een glasfilter met een kleinere poriegrootte.
- * de voorzieningen aan de dop, te weten een opening via welke antischuimmiddel toegediend kan worden en een mogelijkheid om tijdens de fermentatie monsters te nemen. Beide met behulp van een spuit. Gedurende het onderzoek werden de doppen van de nieuwe fermentors (nr. 2 en 3) verder nog uitgerust met een aantal naar binnen gerichte glazen spijkers die dienen als schuimbekers.
- * in de slang van de ingaande gasstroom is een terugslagklepje gemonteerd om leegstromen van de fermentor bij wegvallen van de druk te voorkomen.

Van de drie beschikbare fermentors zijn er twee (nr. 2 en 3) uitgerust met een platte bodem, zodat roeren met behulp van een magnetische vlo mogelijk is. Bovendien bevinden zich beneden het vloeistofoppervlak een drietal baffles ter verbetering van de menging.

entmateriaal: stam 227NG, ca. 2.1 g op droge stof basis. Bij de bereiding werd de normale labprocedure voor stelgistbereiding ($\alpha \rightarrow \beta \rightarrow \text{GS} \rightarrow \text{ASB}$) gevolgd.

media: voor de preciese samenstelling van de media zie bijlage 3 (menulijsten).

- * naspoeloplossing- hiermee werd de stelgist kwantitatief overgebracht. Deze bevatte in het algemeen barnsteenzuur, monoammoniumdiwaterstoffosfaat (N- en P-bron) en 2 g/l verdunde CS (1:40). Er werd zoveel naspoeloplossing toegevoegd dat het eindgewicht (inclusief toeloop) op ca. 300 g uitkwam.
- * toeloop- Als C-bron werd ca. x g 0.55¹⁾ melasse mengsel toegelopen.

De mengverhouding bietmelasse (BW no 2566)/rietmelasse (RS no 2568) ad 50% vergistbare suikers was 80%/20%. Het toelopen gebeurde volgens een zo goed mogelijk met het FFD-recept overeenkomend profiel. Omdat met de pompbesturing waarover beschikt kon worden uitsluitend een lineair profiel verkregen kan worden, werd gekozen voor een 5 1/2 uur lineair toenemende (van 0 tot y g/h) toeloopsnelheid, daarna konstant y g/h tot 13 1/2 UNE.

1) = verdunningsfactor x g melasse komt overeen met x * 0.55 g melasse ad 50% V.S.

Aanvankelijk werd de N als NH_4Cl met de melasse toegelopen. In de loop van het onderzoek echter als ammonia, als tweede toeloop (ca 25 g ad 5%). Hierbij werden drie toeloopprofielen getest. Aan de melassetoeloop werd 2,0 g/l verdunde CS (1:40) toegevoegd en eventueel barnsteenzuur. Tenzij anders vermeld werd leidingwater als proceswater gebruikt.

* toeloopapparatuur- 4 of 10 kanaals Watson-Marlowe slangenpomp
pompbesturing FGH P200.

beluchting: Tenzij anders vermeld werd met zuivere zuurstof belucht. Hierbij werden dezelfde veiligheidsmaatregelen in acht genomen als bij de voorgaande minifermentorexperimenten [ref. 3]. Na beëindiging van de toeloop werd nog nageblazen. De gewenste flow werd verkregen door de zuurstof door een koperen restrictie te leiden. De druk werd met behulp van een reduceerventiel op 1 bar ingesteld. Zuurstofcilinder: Hoekloos 150 bar.

temperatuur: De temperatuur werd geregeld door de midifermentor tot boven de werkhoopte in een thermostaatbad te plaatsen.

pH-regeling: De opstelling is niet voorzien van een pH-regeling daar dit tot een grote extra investering zou leiden, namelijk per fermentor 1 elektrode en 2 pompen voor de zuur- en loogtoeloop. Om een sterke pH daling te vermijden werd buffer aan de media toegevoegd. Later werd hiernaast loog in de vorm van ammonia toegelopen. Het pH verloop kon gevolgd worden door tijdens de gisting monsters te nemen.

opwerking: Allereerst werd het beslag afgezogen met een Sartorius membraanfilter (effektieve diameter = 8 cm) en gewassen. Vervolgens werd de gist verdeeld over 2 persen afgeperst. Persen: R&D/GSG, diameter 5 cm. Na bemonstering werd met de resterende gist de fermipanbereiding beschreven in paragraaf 2.1 (methode 04 of 05) gevolgd.

analyses:

- * tussenmonsters- in het algemeen werd ca. 3 g beslag opgezogen met een spuit. Hieraan werd de pH, het droge stof gehalte en het alcoholgehalte bepaald. Alcoholbepaling met HPLC of bij PCL. Omdat voor deze laatste bepaling minimaal 13 g monster nodig is werden de monsters na centrifugeren verdund tot ca. 15 g met een 0.1% alcoholoplossing.
- * vergist beslag: pH, droge stof (in duplo). Het rendement R26 werd met dit droge stof gehalte berekend.

- * filtraat: alcohol, Brixindex met refraktometer, NH_3 -gehalte.
- * afgeperste gist en fermipan: droge stof, PDM-gaswaarde met de Pseudodeegrijsmeter van R&D/FYS. Mercator-gaswaarden strooiwaarden 0% en 10% suiker, zowel vers als na bewaren, N- en P_2O_5 -gehalte.

Hierbij werd de bemonstering van de natte gist aangepast indien onvoldoende gist voor de fermipanbereiding overbleef. Het droge stof gehalte werd volgens de standaard door R&D/FOG gehanteerde magnetronoven-methode bepaald. Alcohol-, N- en P_2O_5 bepalingen gebeurden bij PCL.

3.2 experimenten

De experimenten kunnen als volgt onderverdeeld worden:

1. Is de blindconcentratie haalbaar?

Getest werd of de blindconcentratie met het nieuwe ontwerp wel gehaald kon worden. Hiertoe werden zowel experimenten met de Eschweilers als met de midifermentors uitgevoerd. Met de Eschweilerexperimenten werd de invloed van het barnsteen- en pleuronic acid bestudeerd. Bij de midifermentorexperimenten werd gefermenteerd met 1 toeloop.

2. Optimalisatie van het recept.

Naar aanleiding van de resultaten van de Eschweilerexperimenten onder 1 werd gepoogd een verlaging van de bufferconcentratie mogelijk te maken door met een tweede toeloop, ammonia, te fermenteren. Er werden zowel met de Eschweiler als met de midifermentor drie toeloopprofielen getest.

3. Reproduceerbaarheid resultaten.

Omdat op korte termijn besloten diende te worden of tot aanschaf van een opstelling bestaande uit een aantal midifermentors overgegaan zou worden, moest aangetoond worden dat de gistingen goed reproduceerbaar uitgevoerd kunnen worden. Hierbij werd gekozen voor het op dat moment meest betrouwbaar gebleken recept.

3.3 Resultaten en discussie

3.3.1 Is de blindconcentratie haalbaar?

Eschweilereperimenten

Allereerst werden een aantal experimenten uitgevoerd met de Eschweilers waarin de invloed van barnsteen- en pleuronic acid bekeken werd. Wanneer de verhoudingen barnsteen- en pleuronic acid: melasseblindconcentratie van het M126-medium [ref. 3] aangehouden worden leidt dit tot concentraties van respectievelijk 30 g/l en 0.5 g/l.

Bij alle experimenten werd zonder pH-regeling gegist en werd de N toegelopen als NH_4Cl . De belangrijkste gegevens zijn vermeld in tabel 2, voor de volledige gegevens zie bijlage 2.

Het blijkt dat pleuronic acid in de toegepaste concentratie het gistingsresultaat sterk negatief beïnvloedt. Vergelijk hiertoe de experimenten 861856 en 861857 die met uitzondering van de pleuronic acid gift identiek uitgevoerd werden.

Er werd daarom besloten bij de midifermentorexperimenten met een sterk verlaagde antischuimmiddelconcentratie in de media te gaan fermenteren. In plaats daarvan werd aan de fermentor een voorziening aangebracht via welke indien nodig anti-schuimmiddel toegediend kan worden. Tevens werd hierbij het pleuronic acid dat mede op grond van de goede oplosbaarheid was gekozen, vervangen door CS.

Ten aanzien van het effect van barnsteen- en pleuronic acid kan gekonkludeerd worden dat:

- * het in alle beproefde concentraties tot een onaanvaardbaar hoog eindalkoholgehalte leidt. De blindconcentratie van x g/l is in de Eschweilers niet haalbaar wanneer volgens het toegepaste recept gefermenteerd wordt.
- * telkens bleek de alcoholvorming niet ten gevolge van onderbeluchting op te treden gezien de hoge opgeloste zuurstofconcentraties die gemeten werden. Mogelijk inhibeert het barnsteen- en pleuronic acid (in deze hoge concentraties) de aerobe omzetting van pyruvaat.
- * verlaging van de barnsteen- en pleuronic acidconcentratie levert een verbetering op. Echter uit het profiel van 862143 volgt dat verdere verlaging van de concentratie tot pH waarden beneden 4 zal leiden, hetgeen niet wenselijk is.

* vergelijking van 861746 met 861143 wijst uit dat met leidingwater als proceswater een iets hoger R26 verkregen wordt.

Naar aanleiding van de resultaten werden in een aantal schudkolfproeven enkele andere in aanmerking komende buffers getest. Hierbij bleek barnsteenzuur toch relatief nog het best te voldoen gezien de veroorzaakte rendementsdaling en de buffercapaciteit (bijlage 4). Verder werden de in paragraaf 3.3.2 besproken experimenten gestart.

Midifermentorexperimenten

De midifermentorexperimenten naar de haalbaarheid van de blindconcentratie werden uitgevoerd in de ongeroerde fermentor (nr.12) en met 1 toeloop. Tabel 3 geeft een overzicht van de resultaten.

Met uitzondering van experiment MF2202 zijn de eindalkoholgehaltenes van de fermentaties te hoog. Wel blijkt verlaging van de blindconcentratie verbetering op te leveren (MF2102-MF2201-MF2301). Verklaringen voor het opmerkelijk betere resultaat van MF2202 kunnen zijn: het gebruik van leidingwater in plaats van Felixstowe Well Water als proceswater en de geringere pH daling door de iets hogere bufferconcentratie.

Uit de HPLC alcoholmetingen aan de tussenmonsters van MF2203 en MF2301 blijkt dat verlenging van de nablaasatijd tot een daling van het alcoholgehalte leidt (zie bijlage 3). De HPLC-metingen aan de eindmonsters wijken echter sterk af van de PCL-waarden.

Vergelijking van de midifermentorexperimenten met de Eschweilerexperimenten laat zien dat:

- * ze lagere rendementen opleveren zelfs bij lagere eindalkoholgehaltenes. Verklaringen hiervoor kunnen zijn: door de relatief veel hogere gasflow wordt een groot deel van de alcohol uitgedampt en een systematische fout in de bepaling van de toegelopen hoeveelheid melasse.
- * ze lagere fermipan-gaswaarden opleveren. Dit kan verklaard worden door het verschil in de gistopwerkmethode. Met name de extrusie met de extrusiespuit leidt tot gaswaardeverlies (zie hoofdstuk 2).

Het lijkt erop dat het gekozen fermentorontwerp goed voldoet.

Ondanks de aanwijzingen dat het mogelijk is volgens het toegepaste recept bij de beoogde blindconcentratie te fermenteren werd overgegaan op een ander recept. Dit omdat inmiddels gebleken was dat dit een aanzienlijke verbetering van de gistingsresultaten oplevert (zie paragraaf 3.3.2).

3.3.2 Optimalisatie recept

Bij deze experimenten met twee toelopen dient de ammonia-toeloop behalve als N-bron ook als loogtoeloop om de zuurvorming tijdens de gisting te compenseren.

Eschweilrexperimenten (zie tabel 4 en bijlage 2)

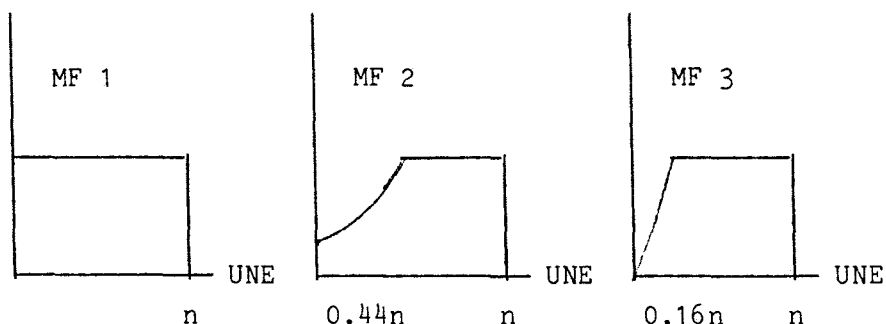
Om te beoordelen of het mogelijk is de pH met ammonia te sturen werd experiment 861745 uitgevoerd met een pH-regeling met uitsluitend een loogtoeloop (ammonia). Aanvullend werd ammonia met een konstante lage snelheid toegelopen. De pH steeg gedurende de eerste uren dermate snel dat de konstante ammonia-toeloop van 1 1/2 tot 4 1/2 UNE gestopt werd. Hierna bleek pH regeling goed mogelijk.

De experimenten 861854 en 862142 werden met uitzondering van N-toeloop (mengsel $\text{NH}_3/\text{NH}_4\text{Cl}$ met pH 9.0) identiek aan 861746 respectievelijk 862143 uitgevoerd. Het blijkt dat het creëren van een stijgend pH-profiel een grote verbetering van het gistingsresultaat oplevert.

Uit deze inleidende experimenten volgt dat de pH met ammonia gestuurd kan worden. Hierbij treedt met name tijdens de eerste uren een pH stijging op. De functie van de buffer is nu het voorkomen van een te grote pH stijging, een stijging tot een pH van omstreeks x is gewenst. In een poging het recept verder te optimaliseren werden de volgende mogelijkheden uitgetest:

- * aanpassen ammonia-toeloopprofiel, de drie profielen geschetst in figuur 2 werden uitgetest. Hierbij werd bij profiel MF2 een voorportie NH_4Cl toegediend om N-limitatie tijdens de eerste uren te voorkomen.
- * vervangen barnsteen-zuur-buffer door NaH_2PO_4 -buffer die gezien de hogere pK-waarde nu goed geschikt lijkt. Bij deze experimenten werd de buffer uitsluitend aan het beginmedium toegevoegd.

figuur 2: schets ammonia-toeloopprofielen



De resultaten van bovengenoemde experimenten leiden tot de volgende konklusies:

- * Met profiel MF2 moet om de gewenste pH-stijging te verkrijgen dusdanig veel ammonia toegelopen worden dat gist met een veel te hoog $6.25\%N$ -gehalte wordt verkregen.
- * Zowel profiel MF1 als MF3 voldoen goed en leveren gelijkwaardige gistingsresultaten.
- * De fosfaatbuffer voldoet goed. het rendement lijkt wat hoger dan met barnsteenzuur als buffer. Enig voorbehoud is echter nodig, daar de experimenten 863748 tot en met 863859 met een wat aeratie betreft optimaler recept zijn uitgevoerd.
- * Het gebruik van de fosfaatbuffer leidt tot gist met een hoog P_2O_5 -gehalte. De invloed van het hogere P_2O_5 -gehalte op de gistkwaleit is niet duidelijk (zie bijlage 2).

Midifermenterexperimenten

Evenals bij de Eschweilerexperimenten werden hier de drie in figuur 2 geschetste ammonia-toeloopprofielen getest met dien verstande dat uitsluitend een lineair toenemend profiel verkregen kon worden, omdat de pompbesturing waarover beschikt kon worden, geen andere mogelijkheid biedt. Er werden zowel met de geroerde als met de ongeroerde fermentor gistingen uitgevoerd.

Voor een overzicht van de resultaten zie tabel 5. In vrijwel alle gevallen bleek het nu mogelijk de gisting nagenoeg alcoholvrij te beëindigen bij de vereiste blindconcentratie.

Ontsporing van de fermentatie trad nog op ten gevolge van uitschuimen van het beslag en/of doordat te weinig ammonia toegelopen werd met als gevolg een daling van de pH.

Opnieuw bleek dat met profiel MF2 de gewenste pH-stijging pas bereikt werd wanneer veel te veel ammonia toegelopen was, hetgeen zeer nadelig was voor de gistkwaliteit. Het hoogste rendement werd verkregen met profiel MF1 (experiment MF2401). Voor de experimenten in het kader van de reproduceerbaarheid werd desondanks gekozen voor profiel MF3. Dit omdat er tijdens de beginuren soms problemen optraden met de toelopen vanwege de extreem lage pomsnelheden. Bij een storing van de melassetoeloop zou dit bij fermentaties met profiel MF1 door de hoge ammonia-toeloopsnelheid tot een zeer sterke pH stijging leiden, hetgeen het gistingresultaat negatief beïnvloedt.

Verhoging van de CS concentratie lijkt tot een daling van rendement te leiden (MF2402). Hiernaar moet echter nog nader onderzoek gedaan worden.

Bij vergelijking van de ongeroerde met de geroerde fermentor lijkt het erop dat de geroerde een hogere alcoholpiek en een lager rendement oplevert. Anderzijds geeft de geroerde fermentor minder problemen met het uitschuimen van het beslag (vergelijk MF3201 met MF3202), hetgeen met het oog op de reproduceerbaarheid een zeer belangrijk voordeel is.

In overeenstemming met de resultaten van het droog-extrusie onderzoek werden bij verandering van de gistopwerking (wassen met leidingwater, extrusie met labextruder) hogere fermipangaswaarden gemeten.

Evenals bij de experimenten besproken in paragraaf 3.3.1 leveren de fermentaties met de midifermentors ook nu weer lagere rendementen op dan de vergelijkbare Eschweilerexperimenten.

3.3.3 Reproduceerbaarheid resultaten

Een van de belangrijkste eisen die aan het gistingssysteem voor het melasseonderzoek gesteld wordt, is dat de fermentaties goed reproduceerbaar uitgevoerd moeten kunnen worden. Of dit het geval is wordt beoordeeld aan de hand van het gistingsverloop en de eigenschappen van de geoogste gist van een aantal duploexperimenten. Voor de eigenschappen van de gist is het van belang de reproduceerbaarheid van de gistopwerking te kennen. Deze is besproken in hoofdstuk 2.

Uit de resultaten van deze duploexperimenten (zie tabel 6) kan het volgende worden gekonkludeerd:

- * Duplo 2, MF3401-02, is een typisch voorbeeld: doordat niet voldoende ammonia toegelopen werd trad na 3 UNE een daling van de pH op. De oorzaak van de te lage ammonia-toeloopsnelheid is waarschijnlijk de vorming van gasbellen in de toeloopslang. Overgaan op een minder permeabel pompslangtype is een mogelijke verbetering. Omdat bij één van deze experimenten het beslag uitgeschuimd is, is vergelijking van de gistingresultaten ten aanzien van de reproduceerbaarheid niet relevant.
- * De reproduceerbaarheid binnen de duplo-experimenten is goed **pH-verloop**, goed overeenstemmende profielen.
rendementen, verschil van maximaal 6% (MF3305-06), het is niet uitgesloten dat dit ten gevolge van een verschil tussen de geroerde en ongeroerde fermentor is.
alkoholprofiel, goed overeenstemmende profielen.
gistsamenstelling, maximaal verschil in het 6.25*N-gehalte van 2.3%, veroorzaakt door het rendementsverschil. De verschillen in het P₂O₅-gehalte zijn uiterst klein.
rijkskracht, de gaswaarden van de natte gist komen zeer goed overeen. De fermipangaswaarden (verschillen tot 2% van de gemeten waarde) liggen ruimschoots binnen het in hoofdstuk 2 voor de fermipanbereiding gevonden 90%-betrouwbaarheidsinterval van 5%.

- * De reproduceerbaarheid tussen de duplo-experimenten onderling:

pH-verloop, wanneer voldoende ammonia toegelopen wordt is het pH verloop steeds als volgt: van 0-6 UNE stijgt de pH, hierna treedt een daling op en tenslotte na 9 UNE weer een stijging. De uiteindelijk verkregen waarden wijken wel wat van elkaar af.

rendement, de verkregen rendementen komen goed overeen en zijn gelijkwaardig aan de eerder voor hetzelfde recept bepaalde waarden (zie tabel 5 en 6).

alkoholprofiel, telkens wordt een alcoholpiek van omstreeks x% bij 6 UNE gemeten, geheel in overeenstemming met het alcoholprofiel dat bij de Eschweilrexperimenten met het FFD-recept wordt gemeten. Bij de duplo MF3403-04 werd een relatief hoog eindalkoholgehalte gemeten, mogelijk veroorzaakt doordat het vergiste beslag nog enige tijd bij 30°C is blijven staan.

gistsamenstelling, waarschijnlijk door verschillen in de toegelopen hoeveelheid ammonia wijken de 6.25*N-gehalten van elkaar af.

Dit blijkt echter niet duidelijk uit de gemeten waarden (deze bepaling is onnauwkeurig, zie beneden).

rijskracht, afwijkende waarden door verschillen in gistsamenstelling.

- * Met een fout in de bepaling van de toegelopen hoeveelheden van 3 g moet rekening worden gehouden. Dit betekent een fout van 3% voor de melasse en bijgevolg ook voor het R26 en een fout van 12% voor de ammonia. Verbetering hiervan is inmiddels mogelijk gebleken door een andere weegmethode toe te passen (bij wegen toeloopslangen loskoppelen).
- * Ook bij vergelijking van MF3305 en -06 lijkt het erop dat de ongeroerde fermenter een iets lagere alcoholpiek en hoger rendement oplevert (zie paragraaf 3.3.2). Gezien het zeer geringe aantal resultaten kan hieromtrent echter nog geen definitieve uitspraak worden gedaan.

conclusie

De gekonstateerde reproduceerbaarheid is zeker gezien de onnauwkeurigheden erg goed. Om een betrouwbaarheidsinterval voor de verschillende parameters te kunnen geven moeten experimenten met een groter aantal fermentors uitgevoerd worden. Waarschijnlijk kan met de midifermentors de reproduceerbaarheid van de Eschweilers benaderd worden.

Verbetering van de reproduceerbaarheid en tevens een vermindering van het aantal ontspoorde gistingen is mogelijk door de reproduceerbaarheid van de ammonia-toeloop te verhogen (keuze ander materiaal pompslag, kleinere inwendige diameter pompslang waardoor bij een hoger toerental toegelopen wordt, verder verdunnen ammoniatoeloop).

4. EINDKONKLUSIES EN AANBEVELINGEN

Het onderzoek heeft het gewenste resultaat opgeleverd. Het is gelukt een miniatuur fermentatiesysteem te ontwikkelen dat aan de gestelde eisen voldoet.

- * het gekozen fermentorontwerp is niet duur en eenvoudig te bedienen. Ook de tijdens het onderzoek aangebrachte aanpassingen leiden niet tot te grote investeringen, alleen voor de tweede toeloop is een extra pomp nodig.
- * de gistingen worden uitgevoerd met ca. gram 0.55 melasseoplossing. Dit wil zeggen dat met 1 kg onverdunde melasse ad 50% vergistbare suikers >>15 fermentaties uitgevoerd kunnen worden.
- * de blindconcentratie van x g/l kan, met het 2-toelopen-recept, ruimschoots gehaald worden.
- * bij rendementen hoger dan 67% is de gistopbrengst voldoende (30 gram ad 30%) om naast de analyses aan de natte gist ook nog fermentopan met behulp van de labextruder en labdroger van R&D/FOG te bereiden.

Met de standaard-lab-melasses, die tijdens het onderzoek telkens gebruikt werden, wordt indien de gisting normaal verloopt een rendement van omstreeks 87% behaald.

- * de gistingen kunnen goed reproduceerbaar uitgevoerd worden en het is waarschijnlijk mogelijk de reproduceerbaarheid van de Eschweilergistingen te benaderen. Om dit eenduidig te kunnen vaststellen moeten experimenten met een groter aantal fermentors uitgevoerd worden.

Omdat de blindconcentratie ruimschoots gehaald kon worden, werd in een aantal experimenten geprobeerd of gisten met perslucht of met een verlaagde zuurstofflow mogelijk is. (zie bijlage 3, MF3501-3702).

Bij de gistingen met perslucht trad uitschuiming op waarschijnlijk omdat met een verhoogde gasflow gefermenteerd werd. Een verlaging van de zuurstofflow tot 2.2 l/minuut bleek mogelijk. Gedeeltelijke vervanging van zuurstof door perslucht is financieel onaantrekkelijk, vanwege de te hoge investeringskosten van een gasmenginstallatie.

Problemen ontstaan nog door afwijkingen in de toegelopen hoeveelheid ammonia, zowel ten aanzien van het pH-profiel (en daardoor op het gistingresultaat) als de reproduceerbaarheid van de gistsamenstelling (6.25*N- gehalte). Ter verbetering van de reproduceerbaarheid van de ammoniatoeloop kunnen de in paragraaf 3.3.3 genoemde mogelijkheden getest worden.

Verder komt het nog te vaak (gemiddeld bij 1 op de 6-8 fermentaties voor, dat een deel van de fementerinhoud oveschuimt, hetgeen problemen oplevert bij het bepalen van het rendement. Veranderingen van het fermentorontwerp ter verbetering hiervan (nog hogere fermentor, vergroting diameter van het bovenste gedeelte) zou het gebruikersgemak sterk nadelig beïnvloeden. Onderzoek naar verbetering van de uitschuimingsproblemen moet derhalve gericht worden op:

- * verhoging c.s. concentratie van de media;
- * effect regelmatigere controle op schuimvorming tijdens de gisting (nu eens per 2 à 3 uur);
- * automatisering c.s. dosering middels een op een tijdschakelklok geschakelde slangenpomp.

Andere punten voor nader onderzoek kunnen zijn:

- * midifermenter-experimenten met de fosfaatbuffer en zonder buffer; (1e resultaten met fosfaatbuffer zien er goed uit)
- * optimalisatie temperatuurprofiel (tot nog toe gefermenteerd met konstante T);
- * optimalisatie nablaastijd;
- * verschil tussen de geroerde en de ongeroerde fermenter ten aanzien van het alcoholprofiel en het rendement (dit zou in combinatie met de mogelijkheid om tot een verlaging van de zuurstofflow te komen onderzocht kunnen worden);
- * invloed hoog P_2O_5 -gehalte op de gistkwaliteit;
- * relatie PDM-gaswaarde met de mercator-gaswaarden voor fermipan.

REFERENTIES

- 1] A.L.M.J.A. Akkermans, C.G.N. Korevaar
Fermipanbereiding met zeer kleine hoeveelheden gist
R&D/FOG-86/132, d.d. 1-8-'86
- 2] M.C. Phillippi
De invloed van verschillende combinaties van droogcondities op de
kwaliteit van fermipan geproduceerd met de FOG labdroger
R&D rapport 12824
- 3] A.L.M.J.A. Akkermans, C.G.N. Korevaar
Minifermenterproeven FOG
Onderzoek ter beoordeling van de bruikbaarheid van de
minifermenters voor melasseonderzoek
R&D/FOG-86/27, d.d. 17-7-'86

Tabel 2: Overzicht Eschweilerexperimenten naar de haalbaarheid van de blindconcentratie

exp. nr.	verloop succonc ¹⁾ g/l	pH- verloop	R26	alkohol vergist vol %	6.25*N nat % opdr	P ₂ O ₅ nat % opdr	Merc. 0% ²⁾		opmerkingen
							nat	gedr.	
861558	42.1-30.0	6.0→5.3	24.7	1.96	69.0	4.16	690	24	FWW ³⁾ , + 3 g. pleur. acid ⁴⁾
861746	2.2-26.2	5.7→5.0	83.0	0.684	55.1	3.29	1314	1000	
861856	2.2-27.0	6.0→5.0	73.9	0.631	60.7	3.53	1350	812	FWW
861857	2.3-27.2	5.8→4.9	55.4	1.44	61.1	3.05	1431		FWW, + 3 g. pleur. acid
862143	7.4-10.2	6.1→4.8	87.9	0.253	55.2	3.28	1260	988	FWW, 12 UNE- pH = 4.0
862144	14.8-10.2	6.1→4.5	82.1	0.767	59.0	3.46	1281	768	FWW

1) verloop barnsteenzuurconcentratie in g barnsteenzuur per liter beslag

2) totale gaswaarde (fictieve waarden)

3) Felixstowe Well Water in plaats van leidingwater als proceswater gebruikt

4) 3 gram pleuronic acid aan het beslag toegevoegd (eindconcentratie = ca. 0.5 g/l)

Tabel 2: Overzicht Eschweilereperimenten naar de haalbaarheid van de blindconcentratie

exp. nr.	verloop succonc ¹⁾ g/l	pH- verloop	R26	alkohol vergist vol %	6.25*N nat % opdr	P ₂ O ₅ nat % opdr	Merc. nat nat	0% ²⁾ gedr. geur.	opmerkingen
861558	42.1-30.0	6.0→5.3	24.7	1.96	69.0	4.16	690	24	FWW ³⁾ , + 3 g. pleur. acid ⁴⁾
861746	2.2-26.2	5.7→5.0	83.0	0.684	55.1	3.29	1314	1000	
861856	2.2-27.0	6.0→5.0	73.9	0.631	60.7	3.53	1350	812	FWW
861857	2.3-27.2	5.8→4.9	55.4	1.44	61.1	3.05	1431		FWW, + 3 g. pleur. acid
862143	7.4-10.2	6.1→4.8	87.9	0.253	55.2	3.28	1260	988	FWW, 12 UNE- pH = 4.0
862144	14.8-10.2	6.1→4.5	82.1	0.767	59.0	3.46	1281	768	FWW

1) verloop barnsteenzuurconcentratie in g barnsteenzuur per liter beslag

2) totale gaswaarde (fictieve waarden))

3) Felixstowe Well Water in plaats van leidingwater als proceswater gebruikt

4) 3 gram pleuronic acid aan het beslag toegevoegd (eindconcentratie = ca. 0.5 g/l)

Tabel 3: overzicht midifermenterexperimenten naar de haalbaarheid van de blindconcentratie

exp. nr.	BC ¹⁾	verloop succonc ²⁾ g/l	pH- verloop	R26	alkohol vergist vol %	6.25*N	P ₂ O ₅	Merc. 0% ³⁾		opmerkingen
	g/l					nat % opdr	nat % opdr	nat	gedr.	
MF2102	1.62 x	9.2→13.6	5.8→4.4	19.3	1.30	-	-	-	-	FWW ⁴⁾ , lagere temp ⁵⁾
MF2201	1.35 x	7.6→13.3	7.0→4.2	45.3	0.673	59.5	3.81	-	476	FWW
MF2202	1.17 x	11.1→18.1	6.0→4.9	72.1	0.015	58.8	3.08	1287	648	
MF2203	1.16 x	7.6→11.4	7.0→4.3	43.3	1.04	61.2	4.51	888	340	FWW
MF2301	0.97 x	7.4→10.2	6.4→4.4	61.1	0.178	62.8	3.69	1167	224	FWW

- 1) BC = blindconcentratie in g melasse ad 50% vergistbare suikers per liter eindvolume (fictieve waarde)
 - 2) verloop barnsteenzuurconcentratie in g barnsteenzuur per liter beslag
 - 3) totale gaswaarde (fictieve waarden)
 - 4) Felixstowe Well Water als proceswater gebruikt
 - 5) Gedurende de eerste 7 uren van de gisting stond de temperatuur op 25°C ingesteld
- De experimenten MF2102 tot en met MF2202 zijn uitgevoerd zonder bevochtiging van de ingaande zuurstofstroom
 Gistopwerking: de gist werd niet gewassen, extrusie met behulp van de extrusiespuit (paragraaf 2.1 methode 05)

Tabel 4

exp. nr.	verloop succonc ¹⁾ g/l begin eind		verloop P-conc ²⁾ g/l	N-toel prof ³⁾	pH- verloop	R26	alkohol vergist vol %	6.25*N nat % opdr	P ₂ O ₅ nat % opdr	Merc. 0% ⁴⁾		opmerkingen
	nat	gedr.										
861745	0→0	0→0	MF1	3-8→5.2	108.1	0.018				1119	1152	NH ₃ -pH reg. ⁵⁾
861854	2.2→26.4	0→0	MF1	3.5→4.0	89.1	0.103				1392	1136	NH ₃ /NH ₄ ⁶⁾
862142	7.4→10.2	0→0	MF1	3.5→4.3	92.6	0.029				1323	1288	FWW ⁷⁾ , NH ₃ /NH ₄
862945	0→0	0→0	MF2	3.0→4.6	91.4	0.146				1245	348	looginjekt ⁸⁾
862948	3.0→1.8	0→0	MF2	3.0→4.2	98.3	0.028				1218	1120	looginjekt
862952	10.0→6.2	0→0	MF2	3.0→4.4	91.0	0.147				1188	916	
863150	0→0	11→7	MF2	3.5→4.2	97.6	0.015				1281	1220	NH ₃ -injekt ⁸⁾
863151	1.7→1.2	11→7	MF2	3.5→5.1	94.8	0.013				1206	568	
863748	0→0	10→7	MF3	3.5→5.4	102.4	0.012				1152	1124	pH reg, RPM ⁹⁾
863756	0→0	10→7	MF1	3.5→5.3	104.1	0.019				1233	1065	pH reg, RPM
863858	0→0	10→7	MF3	4.0→5.5	103.0	0.12				1143	1064	RPM
863859	0→0	10→7	MF1	4.0→5.3	102.2	0.072				1167	1084	RPM

- 1) verloop barnsteenconcentratie in g barnsteenconcentratie per liter beslag
- 2) verloop fosfaatconcentratie in g NaH₂PO₄ per liter beslag
- 3) voor de NH₃-toelooptprofielen zie figuur 2
- 4) totale gaswaarde (fictieve waarden)
- 5) met pH regeling met uitsluitend loogtoeloop (ammonia)
- 6) N toegelopen als NH₃/NH₄Cl-mengsel met pH 9.0
- 7) Felixstowe Well Water in plaats van leidingwater als proceswater gebruikt
- 8) tijdens de gisting werd loog of ammonia toegevoegd om de pH te verhogen
- 9) recept met een 10% verhoogde roersnelheid gedurende de eerste 8 uren

Tabel 5

exp. nr.	BC ¹⁾ g/l	verloop succonc ¹⁾ g/l	N-toel prof ³⁾	NH ₃ ad 25% ⁴⁾ g	pH- verloop	R26	alkohol vergist vol %	6.25*N nat % opdr	P ₂ O ₅ nat % opdr	Merc nat	0% ⁵⁾ gedr.	opmerkingen
MF2302	0.89 x	7.3→6.0	MF1	2.6	↘ ¹¹⁾	56.6	-	-	-	-	-	6),7)
MF2401	0.91 x	7.2→3.9	MF1	4.2	↗	96.0	0.078	-	-	855	864	
MF2402	0.98 x	7.3→4.9	MF1	5.0	↗	75.2	0.010	-	-	1410	316	8)
MF2801	0.68 x	3.1→1.8	MF2	3.7	↘	-	-	-	-	-	-	7)
MF2901	1.02 x	3.0→2.0	MF2	4.2	→	24.8	1.44	-	-	492	88	
MF2902	-	3.0→	MF2	4.5	→	67.7	0.071	-	-	1119	172	9)
MF3001	1.04 x	3.1→2.2	MF2	4.3	→	69.8	0.071	-	-	1080	56	
MF3002	1.06 x	3.0→2.0	MF2	4.2	↗	83.1	0.040	-	-	1158	504	
MF3003	-	0→0	MF2	4.4	→	65.4	0.028	-	-	-	32	9)
MF3101	0.99 x	3.0→1.8	MF2	5.4	↗	88.4	0.044	-	-	1275	544	10)
MF3201	-	3.0	MF3	4.3	↗	88.0	0.050	-	-	1104	906	9)
MF3202	1.02 x	3.0→2.3	MF3	4.9	↗	80.4	0.023	-	-	1524	240	10)
MF3303	-	3.0	MF3	4.9	↘	37.5	0.936	-	-	672	-	9)

1) BC= blindconcentratie in g melasse as 50% vergistbare suiker per liter eindvolume

2) verloop barnsteenconcentratie in g barnsteenconcentratie per liter beslag

3) voor NH₃-toeloprofielen zie figuur 2

4) totaal toegelopen hoeveelheid NH₃ uitgedrukt in g NH₃ ad 25%

5) totale gaswaarde (fictieve waarde)

6) N toegelopen als NH₃/NH₄Cl-mengsel met een pH van 9.4

7) de fermentatie werd voortijdig afgebroken

8) met verhoogde CS-concentratie, 10 g CS (1:40) per liter

9) het beslag is overschuimd

10) met geroerde fermenter

Gistopwerking: MF2302-MF3003 gist gewassen met fysiologisch zout, extrusie met spuit

MF2101-MF3303 gist gewassen met leidingwater, extrusie met labextruder

11) ↘ = dalend
→ = constant
↗ = stijgend

Tabel 6

exp. nr.	BC ¹⁾	verloop succone ¹⁾ g/l	NH ₃ ad 25% ³⁾ g	pH- verloop	R26	alkohol vergist vol %	6.25*N nat % opdr	P ₂ O ₅ nat % opdr	Mercator 0% ⁴⁾		opmerkingen
	g/l								nat	gedr.	
MF3305	1.2 x	3.0-2.1	5.4	↗ ⁵⁾	86.3	0.025			1218	1040	ongeroerd 3 UNE: pH=5.8 overschuimd
MF3306	1.18 x	3.0-2.0	4.7	↗	80.3	0.015			1227	1020	
MF3401	1.19 x	3.0-2.0	4.3	↘	44.2	0.784			738	40	
MF3402	-	3.0	3.8	↘	31.4	0.854			711	-	
MF3403	1.08 x	3.0-2.0	5.3	↗	87.7	0.116			1296	1117	
MF3404	1.06 x	3.0-1.9	5.6	↗	86.6	0.091			1284	1136	

1) BC= blindconcentratie in g melasse ad 50% vegistbare suikers per liter eindvolume

2) verloop barnsteenzuurconcentratie in g barnsteenzuur per liter beslag

3) totaal toegelopen hoeveelheid NH₃ uitgedrukt in g NH₃ ad 25%

4) totale gaswaarde (fictieve waarde)

Bij alle experimenten werd de ammonia toegelopen volgens profiel MF3, met uitzondering van MF3305 werd telkens geroerd.

5) pH verloop: ↗ = stijgend
→ = constant
↘ = dalend

Bijlage I

GEGEVENS DROOG-EXTRUSIE ONDERZOEK

- * tabellen meetwaarden
- * grafieken PDM versus Mercator voor gedroogde gist
- * samenstelling Y1-medium
- * droogcurven (archieff R&D/FOG)
- * meetwaarden en curven PDM-metingen (archieff R&D/FOG)

halte

.

GEGEVENS MIDIFERMENTER-EXPERIMENTEN

- * argumentatie fermenterontwerp keuze
- * menulijsten exp. MF2101-MF3702
- * gistingsrapporten exp. MF2101-MF3702
- * lange termijn bestand LT MIDI

betekenis codes gistingsrapporten:

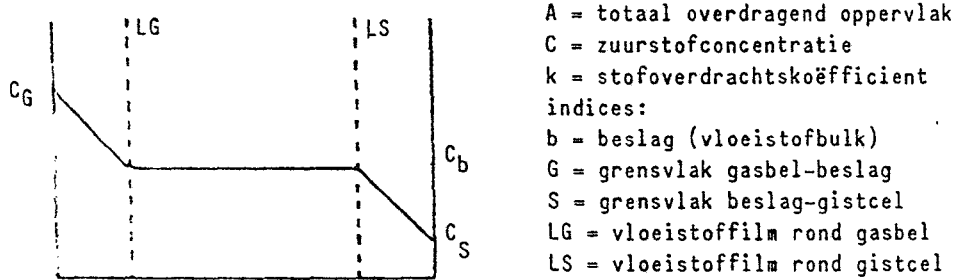
- 600 gasflow in liter per minuut
- 610 temperatuur tijdens fermentatie
- 620 gistingsduur in uren
- 630 nablaastijd in minuten
- 640 brixindex filtraat
- 650 trehalosegehalte natte gist in % opdr
- 660 maximale barnsteenconcentratie in g/l
- 670 0 = ongeroerde fermentatie, 1 = geroerde fermentatie

ARGUMENTATIE FERMENTERONTWERP KEUZE

Hierbeneden worden de factoren die van invloed zijn op de zuurstof-overdracht besproken.

De zuurstof moet getransporteerd worden van de gasbel- naar de gist-cel. Hierbij treedt met name in de vloeistoffilm rond de gasbel en de vloeistoffilm rond de gistcel weerstand tegen stofoverdracht op (zie figuur 3.1). De weerstand voor stofoverdracht binnen de gasbel wordt verwaarloosd, voor zuivere zuurstof is deze = 0.

Fig. 3.1: schematische voorstelling zuurstofconcentratie-profiel



Er geldt voor de zuurstofstroom:

$$\dot{V} O_2 = k_{LG} A_{LG} (C_G - C_b) = k_{LS} A_{LS} (C_b - C_S) = \frac{C_G - C_S}{\frac{1}{k_{LG} A_{LG}} + \frac{1}{k_{LS} A_{LS}}}$$

Dit betekent dat bij de keuze van het ontwerp zowel op $k_{LG} A_{LG}$ als op $k_{LS} A_{LS}$ gelet moet worden.

Door de keuze van een andere beluchtingswijze is een vergroting van A_{LG} mogelijk:

- * het creëren van fijnere bellen door de keuze van een kleinere poriegrootte van het glasfilter;
- * het voorkomen van de sterke coalescentie van de bellen door niet meer via een vertikaal pijpje te beluchten;
- * verbetering van de dispersie van de bellen.

Bij een gegeven werkvolume en gasflow spelen bij de keuze van de dimensies twee effecten een rol:

- * een kleine diameter betekent een grote superficiële gassnelheid en dus een grote k_{LG} ; *)
- * bij een grote werkhogte: diameter verhouding is de menging slechter en dit heeft een negatieve invloed op kLS

Er werd gekozen voor een inwendige diameter van 6.5 cm, bij een werkvolume van 300 ml betekent dit een werkhogte van ca. 10 cm. (rekening houdende met het volume van de toelooptslangen).

- *) Een grote v_s verhoogt echter sterk de kans op uitschuiming, zodat en veel grotere antischuimmiddel- dosering noodzakelijk is, hetgeen de zuurstofoverdracht negatief beïnvloedt.