

Intern rapport

Samdrådning af kartoffelaffald, majsensilage og svinegylle

Henrik B. Møller, R. Nakakubo og Anders M. Nielsen



Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet

Samudrådning af kartoffelaffald, majsensilage og svinegylle

Henrik B. Møller, R. Nakakubo og Anders M. Nielsen

AARHUS UNIVERSITET
Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet
Institut for Jordbrugsteknik
Schüttesvej 17
8700 Horsens

Interne rapporter indeholder hovedsagelig forskningsresultater og forsøgsopgørelser som primært henvender sig til DJF medarbejdere og samarbejdspartnere. Rapporterne kan ligeledes fungere som bilag til temamøder. Rapporterne kan også beskrive interne forhold og retningslinier for DJF.

Rapporterne koster i løssalg:

Op til 50 sider: pr. stk. DKK 55,-
Over 50 sider: pr. stk. DKK 85,-
Over 75 sider: pr. stk. DKK 110,-

Henvendelse til:

Aarhus Universitet
Det Jordbrugsvidenskabelige
Fakultet
Postboks 50, 8830 Tjele
Tlf.: 8999 1028
www.agrsci.dk

Tryk: www.digisource.dk

Indhold

Introduktion	4
Materialer og metoder	4
Biomasse	
Eksperimenter	4
Analysemetoder	5
Resultater og diskussion	6
Procesforløbet	7
Pr100	
Pr50	
Pr25	
Pr50+M25	
Pr25+M25	
Pr50+Pu50	
Pr25+Pu75	
Pr50+S150	
Pr25+S175	
M25	
S1100	
Batch udrådning	
Procesindikatorer	10
Konklusion	13
Appendix 1	14

Introduktion

Ved forarbejdningen af kartofler på kartoffelmelsfabrikker produceres bl.a. biprodukterne protamylase (opkoncentreret kartoffelfrugtvand) og pulp. Begge produkter har et højt indhold af let nedbrydeligt organisk materiale og må forventes at være velegnet til udrådning i biogasanlæg.

Indtil nu har anvendelsen af protamylase været begrænset, idet det høje indhold af kvælstof og svovl i disse produkter kan forårsage inhibering af de metanproducerende bakterier i biogasanlæg.

Formålet med denne rapport er at undersøge mulighederne for udrådning af biprodukter fra kartoffelmelsindustrien sammen med svinegylle, majsensilage og vand for at mindske den inhiberende effekt af det høje kvælstof- og svovlindhold i biprodukterne.

Materialer og metoder

Biomasse

Procestekniske egenskaber ved substratet anvendt til udrådningsforsøgene er opført i tabel 1. Karup kartoffelmelsfabrik leverede protamylasen og pulpen; majsensilagen blev leveret af Bygholm Landbrugsskole mens gyllen blev hentet på en svinebedrift, der udelukkende producerer slagtesvin. Inoculum til reaktoren blev hentet på et kommercielt biogasanlæg, hvis reaktorer kører mesofilt (39° C til 40° C) og samudrårner forskellige produkter sammen med svinegylle.

Tabel 1. Sammensætning af råmaterialerne til forsøget

	TS (%)	VS (%)	T-N (g/l)	NH4-N (g/l)
Protamylase	36,8	25,1	15,76	0,18
Kartoffel				
pulp	13,9	13,0	18,32	0,6
Majsensilage	31,2	29,9	4,26	0,1
Svinegylle	6,0	3,6	5,4	4,7
Inoculum	6,8	4,5	6	4,5

Eksperimenter

Indfødningens sammensætning samt indfødningensraten i VS pr. liter reaktor pr. dag for hver af de 10 anvendte pilot biogasreaktorer er vist i tabel 2.

For at lette håndteringen af det udrådnede materiale blev indfødningensraten af majs reduceret i reaktorforsøgene: Pr50+M25, Pr25+M25 og M25 efter dag 15, og vand blev tilsat i stedet. For at undgå inhibering af metanogenesen og for at fremme den mikrobielle adaptation blev der ikke tilført nyt materiale til reaktoren i to perioder af hhv. tre og fire dages varighed i opstartsperioden af forsøgene.

Alle reaktorer blev tilført nyt substrat én gang om dagen, efter en tilsvarende mængde var blevet fjernet umiddelbart forinden. Reaktorenes temperatur blev holdt ved 40 °C, sam-

me temperatur som i inoculummet fra det kommercielle biogasanlæg. Den hydrauliske opholdstid i reaktorerne (HRT) blev sat til 13.3 dage.

Tabel 2. Forsøgsplan for reaktorerne

Nummer	Navn	Vægt procent af substrat (% w.b.)	VS indfødningsrate (gVS/l _{reaktor} /dag)	Reaktor Volumen (liter)
1	Pr100	100 % protamylase	12,6	4
2	Pr50	50 % protamylase, 50 % vand	6,3	4
3	Pr25	25 % protamylase, 75 % vand	3,1	4
4	Pr50+M25	50 % protamylase, 25 % majsensilage, 25 % vand * ¹	10.0* ²	4
5	Pr25+M25	25 % protamylase, 25 % majsensilage, 50 % vand* ³	6.9* ⁴	4
6	Pr50+Pu50	50 % protamylase, 50 % kartoffel pulp	9,5	4
7	Pr25+Pu75	25 % protamylase, 75 % kartoffel pulp	8,0	4
8	Pr50+S150	50 % protamylase, 50 % svinegylle	6,9	4
9	Pr25+S175	25 % protamylase, 75 % svinegylle	4,0	4
10	M25	25 % majsensilage, 75 % vand * ⁵	3.7* ⁶	4
11	S1100	100 % svinegylle	1,2	9

*¹ 50 % protamylase, 50 % majsensilage fra dag 1 til dag 15

*² 13.8 (gVS/l_{reaktor}/dag) fra dag 1 til dag 15

*³ 50 % protamylase, 50 % majsensilage fra dag 1 til dag 15

*⁴ 14.4 (gVS/l_{reaktor}/dag) fra dag 1 til dag 15

*⁵ 100 % majs fra dag 1 til dag 15

*⁶ 15.0 (gVS/l_{reaktor}/dag) fra dag 1 til dag 15

Endvidere blev der udført batch forsøg med protamylase og pulp for at bestemme det mulige gasudbytte, hvis produkterne tilsættes eksisterende biogasanlæg i mindre mængder, hvor hæmning kan undgås.

Analysemetoder

Standard procedurerne (DEV, 1979) blev anvendt til at bestemme totalt tørstofindhold (TS), flygtigt tørstofindhold (VS), total Kjeldahl kvælstofindhold, indhold af ammonium kvælstof (NH₄-N). pH blev bestemt med et pH-meter (Radiometer A/S, København). Biogasproduktion blev målt med en sprøjte efter fortrængningsprincippet; metoden er beskrevet af Steed og Hashimoto (Steed and Hashimoto, 1994). Biogassens sammensætning af CH₄ og CO₂ blev målt ved hjælp af gaskromatografi; en Perkin Elmer Clarus 500 gaskromatograf udstyret med en elektrondetektor (ECD) og en Alltech kolonne. Bæregassen var helium og temperaturen ved injektionporten, ovnen og detektoren var hhv. 110° C, 40° C og 150° C.

Koncentrationen af flygtige fede syrer (VFA) i størrelsen C₂-C₅ blev bestemt ved gaskromatografi: en Hewlett Packard 6850A med flamme ioniseringsdetektor (FID). Den anvendte kolonne var af typen INOWax, 30 m × 0.25 mm × 0.25 µm. Temperaturen i kolonnen var gradvist forøget fra 110° C til 220° C med en forøgelse på 10° C i minuttet. Svovlbrinte i reaktorerne blev målt med gasdetektorer (Kitagawa Precision Gas Detector Model APS).

Gaspotentialer i batch forsøg udføres i 1100 ml infusionsflasker lukkede med butyl gummilåg. Flaskerne inkuberes ved 35 ± 0.5°C, efter flushing med N₂. Inoculum fra biogas-

reaktorer fra Bygholms forsøgsreaktorer anvendes. Test mediet udrådnes med 3 gentagelser. Gasproduktionen måles efter behov ved fortrængningsprincip, og gasprøver analyseres for CO₂ og CH₄ med gaskromatograf.

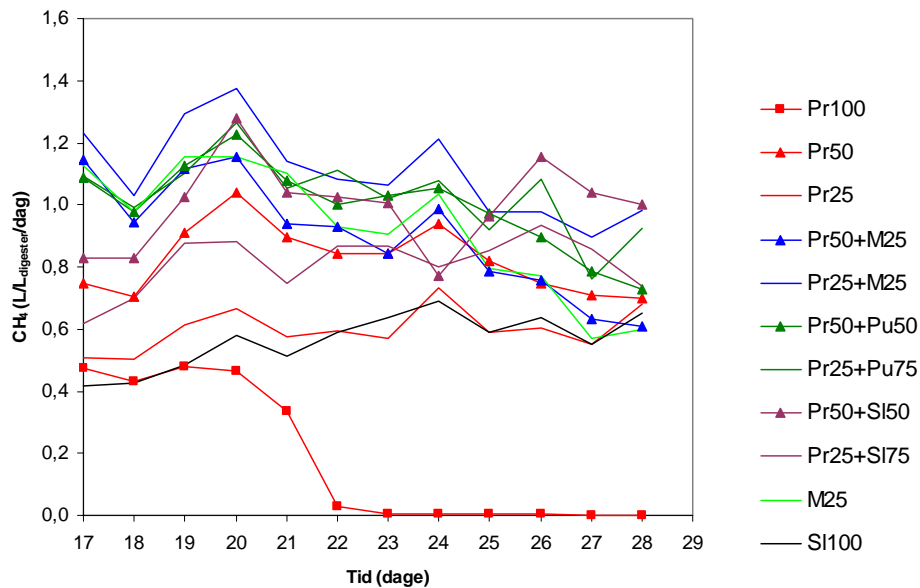
Resultater og diskussion

Den daglige produktion af CH₄ pr. reaktorvolumen fremgår af figur 1. I 2 perioder blev al tilførsel af nyt materiale til reaktorerne stoppet fra dag 5-7 og fra dag 12-15 for at undgå inhibering af metanogenesen og for at gøre det lettere for bakterierne at akklimatisere sig til det nye substrat. Indfødningen til kontrolreaktoren, der udelukkende kørte på gylle, blev dog ikke stoppet. Det totale indhold af VFA'ere er vist i figur 2. VS, pH, koncentrationen af CH₄ og H₂S i reaktorens gasfase, metanudbytte og NH₄-N indholdet er vist i appendix 1 og i figur 4.

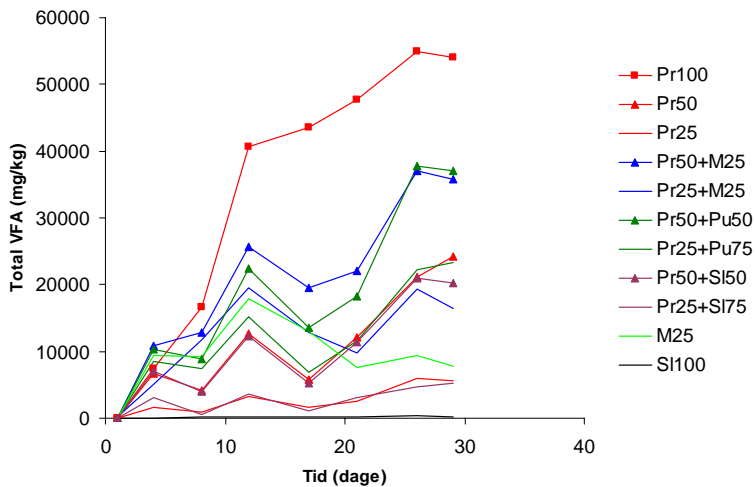
Det fremgår af figur 1, at de forskellige blandingsforhold giver forskellige resultater. De fleste af reaktorerne kører med en mere eller mindre grad af hæmning, men nogle af blandingerne har alligevel en høj og stabil gasproduktion. Det skal i denne sammenhæng nævnes, at den gennemsnitlige opholdstid på 13 dage ved mesofil drift giver en høj belastning, og ved at forlænge opholdstiden til 20 dage vil processen i samtlige reaktorer uden tvivl være mere stabil.

I forsøgene er der en acceptabel gasproduktion, så længe andelen af protamylase holdes på maksimalt 50% og der ikke tilsættes majs. Den mest stabile proces opnås ved at anvende gylle som tilsætning frem for pulp og majs, anvendelsen af majs giver under disse forhold en decideret negativ effekt. Grunden til, at majs og pulp ikke har en positiv effekt, er at de bidrager til en høj organisk belastning, som under den givne opholdstid nok ligger på grænsen af det mulige.

Det fremgår af figur 2, at VFA indholdet i alle reaktorerne er meget høj bortset fra reaktoren på ren svinegylle, hvilket er et udtryk for at processen er hæmmet i forskellig grad. De høje VFA indhold indikerer at det er nødvendigt med en længere opholdstid for at få en mere stabil omsætning af biomassen.



Figur 1. Gasudbyttet i liter metan pr. liter reaktorvolumen pr. dag



Figur 2. Indholdet af det totale indhold af kortkædede fedtsyrer (VFA)

Procesforløbet

I det følgende gennemgås procesforløbet i samtlige reaktorer:

Pr100

Metanogenesisen i reaktoren med Pr100 blev hurtigt inhiberet, og ultimativt stoppede metanproduktionen fuldstændigt. VFA'erne akkumulerede til en samlet koncentration på over 50000 mg/kg. Indføddningen af nyt materiale blev derfor afbrudt efter dag 22, men gasproduktionen i reaktor Pr100 ville trods dette ikke starte igen.

Total VFA akkumuleredes i Pr100 selv efter dag 22, da egenproduktionen af VFA'ere i reaktoren fortsatte til trods for at indføddningen af nyt materiale blev stoppet.

Konklusionen på dette reaktorforsøg er, at inhiberingen af Pr100 blev induceret af den høje indfødningssrate på 12.6 gVS/L_{reaktor}/dag.

Ligeledes viser data, at processen, udover at have været inhiberet af den høje belastning med organisk materiale, kan have været inhiberet af den for bakterier meget høje totale NH₄-N koncentration på 9.02 g/kg, målt dag 26.

Pr50

Pr50 blev ikke fuldstændigt inhiberet. Metanudbyttet i Pr50 var dog mindre end i Pr25 (se appendix 1) selvom indfødningsraten af organisk materiale til Pr50 var dobbelt så højt som til Pr25. Ligeledes akkumuleredes VFA indholdet i Pr50 til 24300 mg/kg, målt dag 29. Ved denne VFA koncentration må metanogenesen antages at være inhiberet af VFA og det kan konkluderes, at Pr50 ikke kan udrådne stabilt ved en indfødningssrate på 6.3 gVS/L_{reaktor}/dag af organisk materiale i form af fortyndet protamylase.

Pr25

Udrådningen med Pr25 var stabil og inhibering blev ikke observeret. Total VFA akkumuleredes til 5634 mg/kg ved dag 29, hvilket er lavt nok til, at udrådningssprocessen kan antages at være stabil.

Ligeledes viste produktionen af CH₄ sig stabil efter dag 17. Det gennemsnitlige metanudbytte var 0.2 L /gVS. NH₄-N koncentrationen reduceredes fra 4.45 g/kg på dag 1 til 3.83 g/kg ved dag 27. Partialtrykket af H₂S i reaktoren var 4000 ppm efter dag 28, hvilket er 10 gange mere end det målte i SI100, kontrolreaktoren.

Pr50+M25

Der kunne ikke observeres komplet inhibering ved udrådning af Pr50+M25. Mængden af VFA på dag 29 akkumuleredes til 35778 mg/kg. CH₄ produktionen faldt fra 1.13 L/L_{reaktor} fra dag 17 til 0.60 L/L_{reaktor} på dag 28. Heraf konkluderes det, at Pr50 ikke er i stand til at blive omsat tilfredsstillende ved en indfødningssrate på 10.0 gVS/L_{reaktor}/dag.

Pr25+M25

Total VFA i Pr25+M25 akkumuleredes til 16432 mg/kg på dag 29. Udbyttet af CH₄, da eksperimentet endte, var 0.07 L/gVS. Den procentuelle andel af CH₄ i biogassen faldt med akkumuleringen af VFA. Heraf konkluderes det, at en indfødningssrate på 6.9 gVS/L_{digester}/dag er for høj til at opnå en stabil proces med substratet Pr25+M25.

Da ophobningen af VFA'ere skete langsomt, og både pH og ammonium kvælstof koncentration var stabil og på et acceptabelt niveau, må det konkluderes at en indfødningssrate på lidt under 6.9 gVS/L_{reaktor}/dag bør kunne give en stabil nedbrydning af protamylase og majsensilage.

Pr50+Pu50

Den totale koncentrationen af VFA i Pr50+Pu50 akkumuleredes til 37056 mg/L på 29 dage; processen var dog ikke helt inhiberet på dette tidspunkt. Metanproduktionen faldt kun gradvist fra 1.09 L/L_{reaktor} om dagen fra dag 17 til 0.73 L/L_{reaktor} ved dag 28. Dog må

det konkluderes, at processen langt fra var stabil ved en indfødningsrate på 9.5 gVS/L_{reaktor}/dag.

Pr25+Pu75

Total VFA i Pr25+Pu27 akkumuleredes til 23384 mg/kg efter 29 dage. På dette tidspunkt var andelen af metan i biogassen kun 45%, langt under det niveau, der må forventes fra en stabil proces. Konklusionen er, at det ikke er muligt at opnå en stabil proces med Pr25+Pu75 med en indfødningsrate på 8.0 gVS/L_{reaktor}/dag.

Pr50+S150

Total VFA i Pr50+S150 akkumuleredes til 20303 efter 29 dage. Ligeledes øgedes koncentrationen af NH₄-N til 8.31 g/kg, målt dag 29. Indfødningsraten var 6.9 gVS/L_{reaktor}/dag. Processen under disse forhold var ikke komplet inhiberet, men den var heller ikke stabil.

Pr25+S175

Total VFA i Pr25+S175 akkumuleredes til 5290 mg/kg på dag 29. Metanindholdet i den producerede gas var konstant efter dag 17, hvoraf det konkluderes, at processen kan forløbe stabilt med denne sammensætning af substrat. Den gennemsnitlige metanproduktion i den stabile periode var 0.21 L/gVS. NH₄-N koncentrationen i reaktoren øgedes fra en startværdi på 4.45 g/kg til 5.87 g/kg dag på dag 26. Indholdet af svovlbrinte var 1100 ppm på dag 28.

M25

pH i M25 faldt gradvist fra 7.9 til 7 samtidig med at gasproduktionen faldt til 0.60 L/L_{reaktor}. Faldet i pH illustrerer, at de komponenter, der normalt buffer en reaktor, så pH udsving undgås, ikke er til stede i majsensilage i samme omfang som i andre substrater. Da pH i inoculummet fra biogasanlægget var mellem 7.5 og 8 er det meget muligt, at årsagen til faldet i gasproduktionen er at bakterierne ikke har kunnet omstille sig til pH faldet i den relativt korte periode, eksperimentet varede.

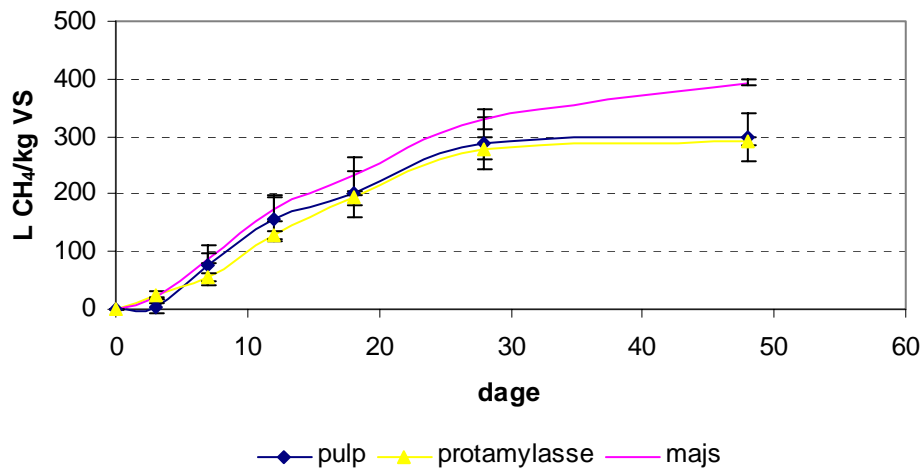
S1100

Kontrolreaktoren S1100 var stabil under forsøgsperioden. Det gennemsnitlige metanproduktion fra svinegyllen var 0.48 L/gVS, hvilket er højere end en tidligere rapporteret gennemsnitsværdi på 0.36 L/gVS for svinegylle fra slagtesvin (Møller et al., 2004). Årsagen til det høje metanudbytte i svinegyllen kan tilskrives indholdet af VFA, som i dette tilfælde udgjorde en ret stor del eftersom svinegyllen havde et lavt tørstofindhold. VFA omsættes til metan, men indgår ikke i VS ved den normale VS bestemmelse, og gaspotentialet bliver derfor alt andet lige overestimeret.

Batch udrådning

Gaspotentialet bestemt ved batch udrådnings angiver, hvor meget gas der under gunstige forhold kan opnås ved tilsætning af substratet til et biogasanlæg.

Gaspotentialiet omregnet til metan pr. kg organisk tørstof (VS) fremgår af figur 3. Det fremgår, at gaspotentialiet er 300 liter CH₄/kg VS for både protamylase og pulp, medens udbyttet for majs er 390 liter CH₄/kg VS. Udbytterne omregnet til det udbytte, der kan opnås pr. ton materiale, er angivet i tabel 3. Det fremgår af batch forsøget, at både pulp og protamylase har et højt gaspotentialie.



Figur 3. Batch udrådning af pulp, protamylase og majs

Udbytterne omregnet til det udbytte, der kan opnås pr. ton materiale, er angivet i tabel 3. Det fremgår her, at protamylasen giver ca. 80% af det udbytte, der kan opnås fra et ton majs, medens pulpen giver ca. 45% af det udbytte, der kan opnås i majs.

Tabel 3. Resultater af batch udrådning

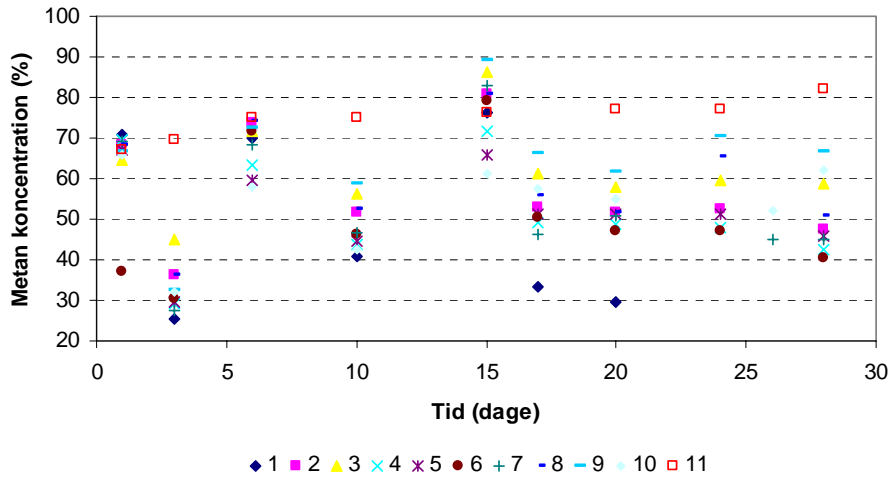
Parameter		pulp	protamylase	majs
TS%		16,0	38,4	28,4
VS	% af TS	94,0	69,3	96,3
Specifik udbytte	1 CH ₄ /kg VS	299	292	394
Udbytte	m³ CH₄/ton	44,9	77,8	107,9

Procesindikatorer

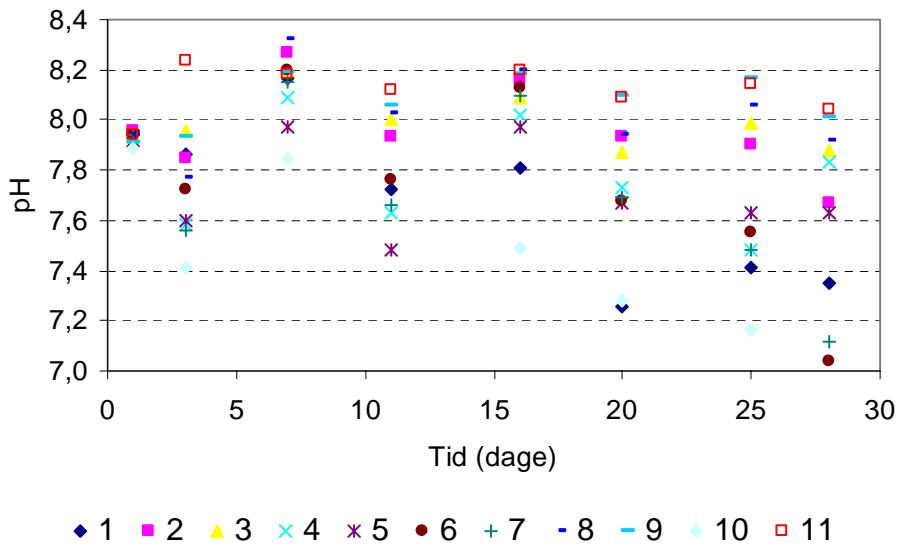
For at undgå kvælstofinhibering blev protamylasen fortyndet og udrådnat sammen med pulp, svinegylle og majsensilage. Baseret på undersøgelsesresultaterne må det dog konkluderes, at en eventuel ammoniakinhibering tilsløres af, at processen efter alt at dømmes blev inhiberet af en for høj organisk indfødningsrate.

På den baggrund kan det konkluderes, at protamylase bør samudrådnas sammen med andre produkter for at undgå inhibering som følge af det høje kvælstofindhold i protamylase. Endvidere bør opholdstiden forlænges i forhold til de 13 dage, der har været anvendt i dette forsøg. Dette kan bl.a. konkluderes ud fra, at de kontinuerte reaktorforsøg i bedste

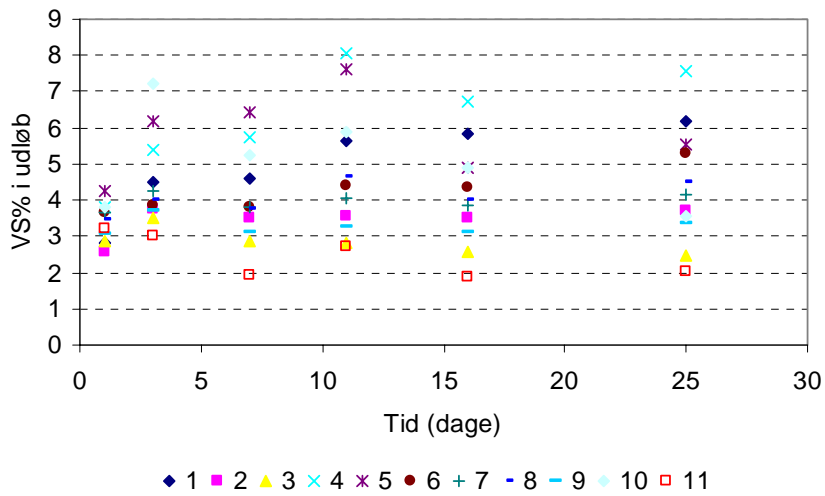
tilfælde giver op til $0,2 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4/\text{kg VS}$, hvilket er langt under de $0,3 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4/\text{kg VS}$, som blev opnået ved batch forsøg, og som er et udtryk for det potentielle udbytte under meget gunstige forhold.



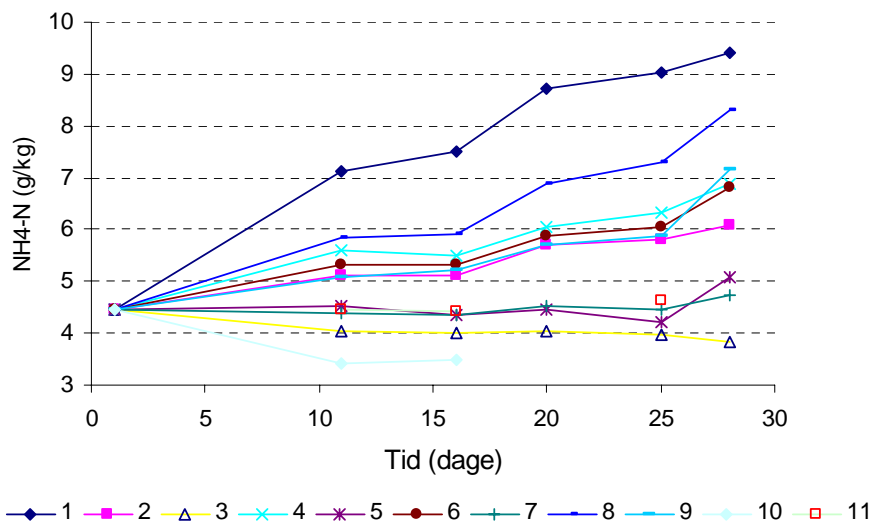
Figur 4a. Metan koncentrationen i gassen under procesforløbet



Figur 4b. pH forløbet i reaktorerne under procesforløbet



Figur 4c. Koncentrationen af organisk tørstof (VS) i det afgassede produkt under procesforløbet.



Figur 4d. Indholdet af $\text{NH}_4\text{-N}$ i reaktorerne under procesforløbet.

Konklusion

Der er udført forsøg med forskellige blandinger af protamylase, pulp, majs og gylle. Forsøgene er udført som kontinuerte forsøg ved 13 dages opholdstid og mesofil drift. Endvidere er gaspotentialer bestemt ved batch udrådninger, der angiver hvor meget gas der under gunstige forhold kan opnås ved tilsætning af substratet til et biogasanlæg, hvor der ikke optræder nogen form for hæmning.

De fleste af reaktorerne har kørt med en mere eller mindre udtalt grad af hæmning, men nogle af blandingerne har alligevel givet en høj og stabil gasproduktion. Det skal i denne sammenhæng nævnes, at den gennemsnitlige opholdstid på 13 dage ved mesofil drift giver en høj belastning, og ved at forlænge opholdstiden til 20 dage vil processen i samtlige reaktorer uden tvivl være mere stabil. Det er dog tvivlsomt om omsætningen af ren protamylase er mulig, selv ved meget lang opholdstid.

I forsøgene er der en acceptabel gasproduktion så længe andelen af protamylase holdes på maksimalt 50%, og der ikke tilsættes majs. Den mest stabile proces opnås ved at anvende gylle som tilsætning frem for pulp og majs, anvendelsen af majs giver under disse forhold en decideret negativ effekt. Grunden til at majs og pulp ikke har en positiv effekt er, at de bidrager til en høj organisk belastning, som under den givne opholdstid ligger på grænsen af det mulige.

De to reaktorer, der kun blev tilsat 25% protamylase, viste en forholdsvis stabil drift. I de resterende reaktorer sås en markant akkumulering af VFA. Den mest stabile drift blev opnået ved anvendelse af gylle eller vand som tilsætning til protamylasen.

For at undgå kvælstofinhibering blev protamylasen fortyndet og udrådet sammen med pulp, svinegylle og majsensilage. Baseret på undersøgelsesresultaterne må det dog konkluderes, at en eventuel ammoniakinhibering tilsløres af, at processen efter alt at dømme samtidig blev inhiberet af en høj organisk indfødningssrate.

På baggrund af forsøgene kan det konkluderes, at protamylase bør samdrådes sammen med andre produkter for at undgå inhibering som følge af det høje kvælstofindhold i protamylase. Endvidere bør opholdstiden forlænges i forhold til de 13 dage, der har været anvendt i dette forsøg. Dette kan bl.a. konkluderes ved, at de kontinuerte reaktorforsøg i bedste tilfælde gav op til $0,2 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4/\text{kg VS}$, hvilket er langt under de $0,3 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4/\text{kg VS}$, som blev opnået ved batch forsøg og som er et udtryk for det potentielle udbytte der kan opnås under meget gunstige forhold. En længere opholdstid af materialet i reaktorerne og en lavere VS indfødningssrate kunne muligvis have givet bakterierne bedre tid til at akklimatisere sig, hvorved processen kunne være blevet mere stabil end tilfældet var. Dette var dog ikke muligt at afprøve indenfor den afsatte tidsramme.

Udbytte omregnet til det udbytte, der kan opnås pr. ton materiale, hvis der kan undgås hæmning, er 44, 77 og $107 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{ton}$ i hhv. pulp, protamylase og majs.

Appendix 1

	Dag	Pr100	Pr50	Pr25	Pr50+ M25	Pr25+ M25	Pr50+ Pr50	Pr25+ Pr75	Pr50+ SI50	Pr25+ SI75	M25	SI100
VS (%)	1	2,8	2,6	2,9	3,8	4,2	3,7	3,7	3,5	3,1	3,8	3,2
	12	5,7	3,6	2,8	8,1	7,6	4,4	4,0	4,7	3,3	5,9	2,7
	26	6,2	3,7	2,5	7,6	5,5	5,3	4,2	4,5	3,3	3,6	2,0
pH	1	8,0	8,0	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
	4	7,9	7,9	8,0	7,6	7,6	7,7	7,6	7,8	7,9	7,4	8,2
	8	8,2	8,3	8,2	8,1	8,0	8,2	8,2	8,3	8,2	7,9	8,2
	12	7,7	7,9	8,0	7,6	7,5	7,8	7,7	8,0	8,1	6,8	8,1
	17	7,8	8,2	8,1	8,0	8,0	8,1	8,1	8,2	8,2	7,5	8,2
	29	7,4	7,7	7,9	7,8	7,6	7,0	7,1	7,9	8,0	7,0	8,0
CH ₄ (%)	0	71	68	65	70	67	37	69	68	66	66	67
	3	25	36	45	29	29	30	27	36	32	32	69
	6	70	74	72	63	60	72	68	74	73	58	75
	10	41	52	56	44	44	46	47	53	59	42	75
	15	76	81	86	72	66	79	83	81	89	61	76
	17	33	53	61	49	51	50	46	56	66	58	
CH ₄ yield (L/gVS)	28		48	59	42	46	41	45	51	67	62	82
	17	0,04	0,12	0,16	0,08	0,09	0,11	0,14	0,12	0,15	0,08	0,35
	23	0,00	0,13	0,18	0,06	0,07	0,11	0,13	0,15	0,21	0,06	0,53
	28	0,00	0,11	0,22	0,04	0,07	0,08	0,12	0,15	0,18	0,04	0,54
	0	1500	1500	1750	1600	1900	1400	1650	1750	1550		
	17	6500	10000	900	7000	5600	6200	6000	8000	2000	200	400
H ₂ S (ppm)	28		3500	4000	3800	8000	7000	6400	1600	1100		
	1	4,45	4,45	4,45	4,45	4,45	4,45	4,45	4,45	4,45	4,45	4,45
	12	7,12	5,11	4,05	5,62	4,54	5,32	4,39	5,84	5,07	3,42	4,45
NH ₄ -N (g/kg)	21	8,71	5,69	4,03	6,06	4,45	5,87	4,52	6,90	5,71		
	26	9,02	5,80	3,97	6,32	4,21	6,05	4,47	7,29	5,87	2,28	4,64

