

Genindvinding af næringsstoffer i kartoffelsaft.

SAMMENDRAG.

Der er gennemført undersøgelser i laboratorium og pilot plants med det formål at fremkomme med en fremgangsmåde for omdannelse af kartoffelsaft til foder, der er såvel teknisk som økonomisk praktisabel.

Det projekt, der refereres her, har som hovedsigte søgt en løsning ved totalinddampning af ufortyndet kartoffelsaft eller samme fortyndet med procesvand.

Det er vist, at kartoffelsaft kan inddampes til 35% tørstof uden forbehandling. I processen skal benyttes en velkonstrueret faldstrømsinddampner og den vil kunne drives kontinuerligt med et moderat rengøringsprogram.

Ved at benytte mekanisk emkompression opnåes et forbrug af damp og el, der giver samlede energiomkostninger på ca. 0,16 kr/kg frugtsafttørstof.

De fodringsforsøg, der skulle danne grundlag for en markeds-vurdering, er ikke gennemført. Overvejelser peger på opblanding af koncentrat i våd pulp, som en enkel løsning, men svindende kvæghold har i forvejen vanskeliggjort afsætning af pulp. Afsætning til opblanding i svinefoder - specielt vådfoder - er en anden udvej. Det høje kaliumindhold i saften sætter dog mængde-begrænsninger og det samme gør manglende leveringsevne udenfor kampagnen. Disse tænkte afsætningshindringer kunne omgås ved fremstilling af en tørvare. Dette kræver en bærer og pulp har været overvejet, men omkostningerne ved at bruge pulp som bærer er betænkeligt høje.

Sideløbende med projektet er der sket en liberalisering af afsætningen af kartoffelsaft til gødningsformål og undersøgelser har vist, at korrekt anvendt kan saften give samme udnyttelse af næringsstofindholdet som handelsgødning. Denne alternative anvendelse er traditionel, mindre investeringskrævende og mindre risikobetonet end en inddampningsløsning.

KONKLUSION.

Det må følgelig konkluderes, at den tekniske del af projektet er lykkedes. De fodringsforsøg, der skulle indgå i den markeds-mæssige og økonomiske vurdering, er ikke gennemført og med de gunstigere muligheder for fortsat anvendelse af kartoffelsaft som gødning, er der ikke forudsætninger for at føre fodringsunder-søgelserne til ende.

INDLEDNING.

Ved fremstilling af stivelse fra fabrikskartofler uden anvendelse af vand i ekstraktionen vindes typisk på basis af renvaskede kartofler:

PROCES I

Kartoffelstivelse med 80% TS	20.6%
Frugtsaft, næsten ufortyndet	70.4%
Procesvand	100.0%
Pulp med ca. 12% TS	19.0%

Benyttes vand ved ekstraktionen bliver de tilsvarende værdier typisk:

PROCES II

Kartoffelstivelse med 80% TS	20.6%
Frugtvand, fortyndet frugtsaft	230%
Vaske- og indsvømningsvand	27%
Pulp med ca. 12% TS	17.9%

I proces I består pulpen af cellerester og stivelse suspenderet i næsten ufortyndet frugtsaft. I proces II vindes samme mængde cellerester og stivelse suspenderet i frugtvand.

Frugtvand er betegnelsen for frugtsaft opblandet med procesvand fra raffineringen.

Vaskevand er betegnelse for det vand, de hele kartofler vaskes i forinden rivningen. Dette vand blandes i proces I oftest med procesvandet, da begge typer afløbsvand i denne proces er reelt lavt belastet med tørstof.

Af 100 t renvaskede kartofler vindes typisk følgende mængder frugtsaft/frugtvand

	PROCES I	PROCES II
Frugtsaft/Frugtvand, TS%	4,5% TS	1,5% TS
- t as is	70,4 t	230 t
- t TS	3,2 t TS	3,5 t TS

I Danmark oparbejdes årligt ca. 500.000 t kartofler til stivelse og der frigøres 16 - 17.000 t frugtsafttørstof.

Sammensætningen af frugtsaftens/frugtvandets tørstof er typisk:

Total N	7,45 %
Protein N*6.25	46,6 %
NO ₃ ⁻ -N	0,014%
NH ₄ ⁺ -N	0,24 %
P	0,9 %
K	9,5 %
Mg	0,47 %

Næsten hele kvælstofmængden forefindes på organisk form som aminosyrer og protein. Det høje indhold af råprotein udgør et potentiale som foderstof. Dertil kommer en god aminosyresammensætning; typisk analyse:

Cystin	1,06 g/16g N
Methionin	1,36 -
Threonin	3,19 -
Lysin	4,52 -

Frugtsaft/frugtvand udledes i dag på landbrugsjord. Det har været et mål for projektet, at genindvinde frugtsaftens næringstoffer til foderformål.

På grund af det lave tørstofindhold, bliver transportomkostninger uforholdsmæssig høje for frugtsaften/frugtvandet som den er. En sandsynlig fragtudgift til husdyrbruger på 4 øre/l svarer for frugtsaften til ca. 0,89 kg/kg TS og for frugtvandet til ca. 2,67 kr/kg TS. Frugtvandet er dog for tyndt til at kunne anvendes som foder.

Frugtsaften har en koncentration, der nærmer sig valle og kan erstatte valle i vådfodringsanlæg. I et forsøg med udfodring af frugtsaft til svin, viste det mindre god smagelighed end valle. I blanding med lige dele valle er smageligheden acceptabel. Det er en ulempe, at frugtsaften kun er tilgængelig i kampagnen, hvorimod vallen i dag fåes året rundt.

En opkoncentrering af frugtsaften bedømmes som afgørende for en afsætning til foderformål.

INDDAMPNING

O.J.Borud offentliggør i Die Stärke nr. 5, 1971 pag. 172-176 en fremgangsmåde til inddampning af kartoffelfrugtsaft. Den foretrukne metode indebærer separering af det varmekoagulerbare protein forinden inddampningen. Formålet hermed er at undgå påbrændinger i inddamperen. Ved inddampningen opkoncentreres restfrugtsaften efter proteinkoaguleringen til ca. 45% TS. I denne koncentration er saften sirupsagtig. Koncentratet anvendes opblandet i pulp som foder enten i våd form eller tørret. Det erfarer, at processen og varianter deraf er i brug i Norge, Tyskland og Holland.

Vort mål har været at forenkles processen og forbedre næringsværdien af færdigvaren ved at inddampe frugtsaften direkte uden forudgående fjernelse af protein. Fjernes de varmekoagulerbare

proteiner fra færdigvaren, kan denne kun anvendes til kvægfoder. Bevares næringsstofsammensætningen i frugtsaften, vil færdigvaren derimod i blanding med stivelseholdige foderprodukter kunne anvendes på lige fod med kartofler og kunne finde mere givtig anvendelse til fodring af eenmavede husdyr.

Hovedindsatsen i forsøgene er gjort på falstrømsinddampere i pilot plants hos NOVO INDUSTRI A/S og APV ANHYDRO A/S. Der er yderligere udført forsøg på ØLSTEDBRO MEJERI.

Inddamperens konstruktion viser sig af afgørende betydning for driftstiden inden rengøring (CIP) er nødvendig på grund af påbrændinger. Kun i APV ANHYDROS pilot plant kunne inddampning gennemføres kontinuerligt i mere end et døgn. Det skyldes dels den hensigtsmæssige fordeler i toppen og dels den store gennemstrømningshastighed. I en langtidstest over en arbejdsuge kunne inddamperen holdes i drift kontinuerligt uden rengøring og uden nævneværdig ændring af varmegennemgangen. Koncentratet kunne holdes på 30 - 35% TS og havde da en blød pastøs konsistens.

Koncentratet kunne opblandes med lige del våd pulp uden at blandingens konsistens afveg væsentlig fra den traditionelle konsistens af våd pulp. Blandingen var hel drypfri. Blandingen lader sig tørre med direkte røggas på en Spin Flash tørrer.

Koncentratet kan også spraytørres, men denne teknik besværliggøres, når sukkerindholdet stiger i løbet af kampagnen på grund af naturlig omdannelse af stivelse i kartoflerne. Det høje sukkerindhold giver også sammenbagning under lagring.

Tørring kræver en bærer og som sådan er kartoffelpulp det mest nærliggende produkt.

Ved inddampningen opstår et kondensat med følgende typiske sammensætning:

pH	2,9
Tørstofindhold	200 ppm
BOD5	37 mg ilt/l
Total N	1,5 mg/l

Afløbsmængder ved oparbejdning af 100 t kartofler per time er ca.:

	PROCES I	PROCES II
Kondensat	68 t/h	220 t/h
Spærrevand, pumper	3 -	10 -
Tørstof i kondensat	30 kg/h	45 kg/h

Tørstofmængden er beregnet udfra pilotplantforsøgene. I praksis vil der blive benyttet en to-trins mekanisk rekomprimering og tørstoffet, der især består af flygtige frugtsyrer, vil kunne udskilles og behandles som et særligt kondensat. Det særlige kondensat kunne med fordel anvendes som spædevand i vaskeriet og det resterende kondensat genanvendes i raffineringen.

En efterfølgende tørring vil kræve ca. 1,1 kg olie per kg afdampet vand.

ØKONOMI.

På basis af de i bilag anførte driftsdata, som er verificerede i pilot plant forsøg, kan opstilles flg. anlægs- og driftskalkule for indampfingsanlæg med mekanisk emkcompression:

Anlægsomkostning

Inddamper komplet, incl. montage og start up	31,0 mio kr
Fundamenter og let bygning	1,0 - -
Servicefunktioner, transformere, vand etc.	4,0 - -

I alt (1988)	36.0 - -

Drift:

El	1822 kWh a 0,40 kr	729 kr/h
Damp	0,750 t a 159,00 kr	119 -

		848 kr/h

El & damp i 100 driftsdøgn	2.035.000 kr
Arbejds løn	400.000 -
Reparationer & vedligeholdelse 5%	1.800.000 -
Forrentning og afskrivning 15% af anlægssum	5.400.000 -

	9.635.000 -

Kapacitet:

PROCES I PROCES II

Afdampning af 115.845 kg/h vand		
Fødning kg/h	131.409	121.033
Færdigvare med 35% TS, kg/h	15.564	5.188
Vare per 100 døgn, t as is	37.354	12.451
Vare per 100 døgn, t TS	13.074	4.358
Ovennævnte omk per kg vare kr/kg	0,26	0,77
- - - kg TS kr/kg	0,74	2.21

Den viste sammenligning mellem proces I og proces II er ikke ganske fair, idet der ikke i dag er så store mængder ufortyndet frugtsaft til rådighed ved nogen enkelt dansk fabrik. Der må derfor gøres tillæg for fragt af frugtsaft fra anden fabrik eller anlægget bygges mindre med en stigning i kapacitetsomkostningerne regnet per kg færdigvare. Beregningerne viser imidlertid en så høj kostpris for fremstilling af koncentrat udfra det tynde frugtvand, at der ikke sandsynligt kan skaffes afsætning for varen.

Inddampning udfra ufortyndet frugtsaft er den eneste proces, der giver en tålelig produktionspris. Energiomkostningen er 0,16 kr/kg TS. Den valgte teknik med mekanisk emkcompression giver meget lave energiomkostninger og høje investeringer sammenlignet med den tidligere benyttede opvarmning med kraftdamp alene.

Til sammenligning sælges våd pulp i dag til kvægfoder for ca. 60 kr/t svarende til en pris på 0,50 kr/kg TS.

Øgning af tørstoffet fra 35% til 90% kan ske ved tørring med luft

og afdampning af 1,73 kg vand per kg TS og et olieforbrug på 0,19 kg/kg TS svarende til en energiomk. på ca. 0,27 kr/kg TS. Dette er så afgjort en omkostning, der kunne retfærdiggøres af mer-værdien i en tørvare. Det kræver imidlertid et bærestof at gennemføre denne tørring. Kun pulp har været overvejet og afprøvet som bærer og det er alt i alt et økonomisk ugustigt valg, idet pulpen selv medbringer så meget vand i våd form.

OVERVEJELSER VEDR. ANVENDELSE SOM FODER.

Forholdet mellem pulp og frugtsaft er således i 100 t kartofler:

Frugtsaft, 4,5% TS	70,4 t
Frugtsaft, TS	3,17 t
Frugtsaftkoncentrat, 35%TS	9,06 t
Pulp, 12% TS	19,0 t

Afsætning af koncentrat vil mest enkelt kunne afsættes i takt med produktionen ved opblanding af 1 del koncentrat i 2 dele våd pulp og anvendes som kvægfoder. Det vil ikke påvirke konsistensen nævneværdigt og blandingen vil være drypfri. Foderværdien øges, hvilket kunne berettigge en merpris i forhold til nuværende pris for pulp. Smageligheden og kaliumtolerancen for en sådan blanding er ikke vurderet.

Med svindende kvæghold, har der imidlertid været tiltagende vanskeligheder med at finde afsætning indenfor en rimelig afstand for den nuværende pulpproduktion.

Alternativt kunne koncentratet løbende opblandes i andre flydende fodermidler. Det høje kaliumindhold kræver hensyn i foderplanen og opblanding i melasse er nærliggende. Med 35% TS vil en blandings vandaktivitet blive for høj og vil ikke længere være selvkonserverende.

Selvkonservering vil kræve inddampning til min. 60% TS. Dette kan kun ske ved forinden at fjerne proteinet eller ved at hydrolysere dette og andre hydrokolloider i frugtvandet, så viskositeten ikke tiltager så hurtigt under inddampningen. Det er en teknisk farbar vej at hydrolysere de organiske bestanddele, men meromkostningen vil uvægerlig kræve, at slutproduktet kan afsættes til andre formål end kvægfoder.

Anvendelse til fodring af smågrise kan eksempelvis give det fornødne dækningsbidrag blot ikke det høje kaliumindhold gav fodringstekniske begrænsninger. En membranfiltrering med fjernelse af halvdelen af vandet og en tilsvarende reduktion i kalium, ville give den kvalitetsforbedring, der skal til for at gøre frugtsaften attraktiv som svinefoder.

Sideløbende forsøg med anvendelse af frugtsaft som gødning har vist at kvælstof udnyttes på linie med handelsggødning ved korrekt dosering og udbringning af frugtsaften. Værdien af den mængde handelsgødning, der modsvarer et kg frugtsafttørstof er 0,25 kr, hvilket modsvarer en værdi af 11,60 kr per m³ ufortyndet frugtsaft.

04.11.89

Lars Thomsen

BILAG 1.

Beskrivelse af inddamper:

APV ANHYDRO A/S 11/11/87

Komplet inddampningsanlæg med:

- duplex system for kontinuerlig anlægsdrift
- CIP-anlæg komplet
- automatisk styrings- og overvågningssystem med styrepanel og motorkontroltavle
- nødvendige tanke for anlæg
- serviceplatforme- og trappeforløb
- komplet el- og mekanisk montage incl. nødvendige monteringsdele
- komplet engineering, start up, indkøring, operatøroplæring og anlægsdokumentation

Anlægsbudget:

Ovenstående leveret og installeret 1988 31.000.000 kr

Inddækning af inddamperens underdel 3,5 m
som let konstruktion med operatørrum, lys og
varme, anslået 500.000 kr

Kundeleverancer:

- betonfundamenter med ilagt dræn
- servicetilslutninger, el/damp/luft/vand frem
til fundamentrand

BILAG 2

Tørring på SPIN FLASH

Timeproduktion af

Koncentrat 35% TS	15.564 kg
Pulp 12% TS	32.640 kg

Blanding 19.4% TS	48.204 kg
Slutprodukt 94% TS	9.962 kg
Vandfordampning	38.242 kg

Spin flash type III til direkte tørring med tekstilfilter

pris per stk	3.250.000 kr
Montage m.v.	450.000 kr
Anlægspris	3.700.000 kr

Indgangstemperatur: 250 °C

Forbrug per anlæg (eksempel):

Gas 220 Nm ³ /h a 1,50 kr	330 kr
El 100 kW a 0,40 kr	40 kr
Luft 195 Nm ³ /h	0 -

370 kr

100 døgn	888.000 kr
Kapacitetsomk. mv. 20%	740.000 kr
Arbejds løn	100.000 kr

1.728.000 kr

Kapacitet:

vandafdampning ved 250°C	1.638 kg/h
Pulp+koncentrat 94% TS	427 -
Samme per 100 døgn	1.025 t
Nævnte omk.	1.67 kr/kg TS