Eindrapportage voor het project OPT-A-Co [1]

Co-innovatieprogramma:	Duurzame Agro Food Ketens
AKK projectnummer:	ACD-05.062
Aanvraagdatum:	mei 2005
Projectnaam:	OPT-A-CO
Volledige titel:	Optimalisatie co-producten van de AVI(aardappelverwerkende industrie). Een optimalere productie en logistiek en een betere acceptatie van co-producten van de AVI door het "in-line" meten van gehalten.
Looptijd van het project:	3 maanden(oorspronkelijk 12 maanden)
Aanvangsdatum:	1 september 2005
Einddatum:	1 december 2005(oorspronkelijk september 2006)

24 november 2005

[1] Het rapport is openbaar en iedere participant kan vrijelijk gebruik maken van het eindrapport

1. Managementsamenvatting

a. De *hoofddoelstelling* van het project is verandering van de ketenbesturing door optimalisatie van het productieproces op basis van sturing op in-line in het productieproces gemeten gehaltes van de co-producten met als doel een betere verwaarding van de co-producten en reductie van de transport- en van de afzetkosten bij de AVI(aardappelverwerkende industrie), de logistiek en bij de eindgebruikers

b. Ketenpartijen

- Beuker Vochtrijke Diervoeders, te Doetinchem: Leverancier Vochtrijke Diervoeders
- Mc Cain Foods Holland BV te Hoofddorp: Aardappelverwerkend Bedrijf
- Eindgebruikers van de co-producten

b. Kennisinstellingen

- Agrotechnology & Food Innovations te Wageningen(A&F)
- Nutriënten Management Instituut[2] te Wageningen(NMI)

c. Uitgevoerde werkzaamheden

Na de toekenning van de financiering is het project verder voorbereid. Er zijn ondermeer concrete werkafspraken gemaakt omtrent de te leveren activiteiten in relatie tot het beschikbare budget. Eén en ander is vastgelegd in het werkplan en een gedetailleerde begroting. Vervolgens zijn de werkzaamheden voor fase 1a gestart. De volgende werkzaamheden zijn uitgevoerd:

- Er is een (prioriteiten)lijst opgesteld met de gewenste bepalingen en een lijst met beoordelingscriteria van de apparatuur(gewenste nauwkeurigheid, gerbuikersvriendelijkheid etc.)
- Er is een literatuurverkenning uitgevoerd(basis eigen archief en internet)
- Er zijn drie verkennende gesprekken met leveranciers van apparatuur gevoerd.
- Er is een eerste test met RAMAN apparatuur is uitgevoerd.
- Er is een indicatieve kostprijsberekening gemaakt voor het inline meten van 2 co-producten bij één productie locatie volgens het zogenaamde full service concept.
- Er is een quick and dirty baten-analyse gemaakt..

d. Achtergrond voortijdig stopzetten project

Mc Cain heeft aangegeven zich per direct uit het project te willen terugtrekken. Een belangrijke reden is dat zij van mening is dat er op dit moment onvoldoende zicht is op de pay-back van de investeringskosten voor Mc Cain. Andere partijen binnen dit project zijn van mening dat deze conclusie op basis van de huidige indicatieve berekeningen niet kan worden getrokken. Zij vinden dat hiervoor fase 1(beoordeling monitoringsapparatuur) en fase 2(kosten-batenanalyse) van het project moet worden afgerond. Op die wijze is het eveneens mogelijk om alternatieven te beoordelen. Daarna kan het Go No Go besluit, zoals gepland, gefundeerd worden genomen.

2. Korte beschrijving van het project

In Europa vindt bijna de helft van de verwerking van aardappelen tot frites, chips en andere producten in Nederland plaats. Bij de verwerking van aardappelen ontstaan co-producten. Op jaarbasis ongeveer 1,4 miljoen ton (ongeveer 28.000 vrachtwagens). Deze co-producten vinden hun bestemming als diervoeder, biomassa voor energie-opwekking, meststof en als grondstof voor bioplastics. De kwaliteit en inhoudsstoffen van de co-producten bepalen de toepassingsmogelijkheden. Parameters als droge stof, eiwit, zetmeel, metalen, etc vertegenwoordigen de 'waarde' van het co-product en bepalen de mogelijkheden om het co-product als grondstof in te zetten. Op dit moment zijn kwaliteit en inhoudstoffen pas na levering van co-producten bekend.

[2] i.s.m Blgg te Oosterbeek: Laboratorium voor de Landbouw en de Foodsector

Het project betreft het in-line meten (in het productieproces) van sturingsparameters van co-producten. Gegevens over kwaliteit en inhoudsstoffen zijn direct bekend waarmee sturing op kwaliteit mogelijk wordt. De apparatuur die dergelijke metingen kan uitvoeren wordt nog niet ingezet in de aardappel-verwerkende industrie. De beoogde projectresultaten zijn in grote lijnen:

- een selectie te maken uit beschikbare apparatuur
- deze apparatuur in een test te installeren in het productieproces.
- bij adequaat functioneren van de apparatuur wordt de ketenbesturing uitgewerkt (specificatie-eisen afnemers co-producten, uitwisseling informatie, sturing productieproces en afzetroutes).

Doel is een daling van de afzetkosten van co-producten met 10% en transportbesparing van 10%.

3. Doelstelling van het project

De *hoofddoelstelling* is verandering van de ketenbesturing door optimalisatie van het productieproces op basis van sturing op in-line in het productieproces gemeten gehaltes van de co-producten met als doel een betere verwaarding van de co-producten en reductie van de transport- en van de afzetkosten bij de AVI, de logistiek en bij de eindgebruikers. Met de volgende *subdoelstellingen:*

- Binnen een pilot op locatie, vaststellen of de zogenaamde monitoringsapparatuur (Raman,NIRS), geschikt is voor in-line meting in het productieproces bij Mc Cain-nl. Het betreft voorzover van toepassing, het meten van het gehalte aan drogestof, as, N, P, K , zetmeel, vet, zware metalen(indicatief) en enkele nader te bepalen weende voederwaarde componenten in aardappelstoomschillen, in vloeibaar zetmeel en in actief slib.
  Het is bekend of bovengenoemde parameters met monitorings apparatuur kunnen worden gemeten. Voor zware metalen(indicatief), voor K en as verwacht NMI/Blgg wel dat het kan maar dit is nog niet elders onderzocht. Voor de andere parameters zijn toepassingen bekend in de literatuur.
- Binnen de pilot vaststellen in hoeverre de resultaten van de in-line meting leiden tot:
  - een verbetering van de productiecontrole en van het monitoring systeem
  - een kostenbesparing op de afzet- en de transportkosten van de coproducten..
  - een verhoogde acceptatie door de afnemers van de co-producten vanwege een betere productkarakteristiek.

Vernieuwend aan dit project:

- Tijdens het productieproces wordt ”inline” in de co-producten wordt gemeten wat de gehaltes zijn aan drogestof , as, N , P ,K, zware metalen(indicatief), zetmeel en vet en mogelijke enkele andere weende voederwaarde componenten.
- Het ”inline”meten maakt een betere procescontrole mogelijk. Dit resulteert in een betere kwaliteitsborging. Hierdoor kunnen ook andere toepassinggebieden voor de co-producten in beeld komen.
- Er zal op een andere manier worden samengewerkt tussen de ketenpartijen zodat de verwaarding verbeterd en de ketenkosten dalen. Dit uit zich ondermeer in een betere kwaliteitsborging.

4. Korte toelichting op de NIRS en de Raman-techniek

Een van de doelstellingen van het project is om snel de kwaliteit van coproducten (stoomschillen, grijs zetmeel en zuiveringsslib) in de aardappelverwerkende industrie te kunnen vaststellen. Spectroscopische technieken liggen daarbij voor de hand. Gedacht wordt aan nabij infrarood spectroscopie (NIRS) of aan Raman spectroscopie. Deze technieken zijn goed beschreven in de literatuur. Blgg heeft jarenlange ervaring met NIRS.
Beide technieken zijn:

- niet destructief
- maken meten op afstand en in gevaarlijke omgevingen mogelijk
- geven direct resultaat
- kosteneffectief, niet vervuilend
- multiple componenten kunnen gelijktijdig gemeten worden

Zowel NIRS als Raman zijn technieken die on-line en at-line inzetbaar zijn. Voorbeelden zijn de procescontrole en productcontrole in de (petro)chemische industrie (varierend van meten van het pigment gehalte in kunststoffen en de kwaliteit van kunststoffen en textiel tot de kwaliteit van medicijnen en de sturing van het productieproces) en in de agro en feed industrie (online en atline metingen van drogestof gehalte, suikers etc.in diverse agroproducten maar ook het meten van de vleeskwaliteit).
Eén van de grote voordelen is dat de meetapparatuur op afstand van het meetproces kan worden geplaatst (> 100m) door gebruik te maken van glasfiber verbindingen en glasfiber-probes.

Met NIRS wordt absorptie van monsters gemeten in het gebied 1000-2500 nm . (De absorptiebanden in dit gebied corresponderen met overtones en combinaties van fundamentele vibraties). De spectrale informatie bevat daarmee informatie over de samenstelling van het monster. Via geavanceerde statistische technieken wordt een relatie ontwikkeld tussen de spectrale informatie en analyseparameters vastgesteld met conventionele technieken. Vervolgens vervangt NIRS dan de conventionele techniek. Van groot belang daarbij is dat de conventionele techniek robuust is en reproduceerbare resultaten geeft. NIRS geeft echter weinig specifieke informatie. Spectra zijn niet 1 op 1 te interpreteren in de zin dat bijvoorbeeld een piek bij 1400 nm altijd overeenkomt met een bepaalde stof. Wel kan uit de spectra de aanwezigheid van onderdelen van een molecuul worden afgeleid. Dit zijn vooral signalen afkomstig van eenvoudige bi-atomaire verbindingen met een hoge polarisatie (ladingsverschil) zoals CH, OH en NH verbindingen. Een van de belangrijke beperkingen is dat de aanwezigheid van water leidt tot een sterke absorptie van belangrijke delen van het spectrum. In waterige substanties wordt daarom vaak de voorkeur gegeven aan Raman spectroscopie, die daar ongevoelig voor is.

Bij Raman spectroscopie wordt door "belichting" met een laser moleculen in een hoge energietoestand gebracht. Bij terugval in lagere energietoestanden en de daarbij optredende karakteristieke golflengten zijn er specifieke situaties die informatie geven over de aard van het molecuul. Probleem daarbij is dat de intensiteit van de straling voor deze specifieke situaties een factor 10^{-8} lager is dan de ingangsbelichting. Dit stelt zeer hoge eisen aan de apparatuur. Pas de laatste jaren is er apparatuur beschikbaar gekomen, waarbij online monitoring mogelijk wordt. Raman spectroscopie geeft vooral informatie over homonucleaire functionaliteiten (zoals C=C, C-C en C-S verbindingen). Raman spectroscopie dient dan ook niet zozeer als tegenpool van NIRS te worden gezien maar is complementair aan NIRS. Beide technieken hebben voor- en nadelen die in onderstaande tabel kort zijn samengevat. Op basis hiervan (de vet weergegeven criteria) is besloten om in eerste instantie de voorkeur te geven aan Raman spectroscopie. Voordat er een definitieve keuze wordt gemaakt zullen eerst een aantal testen worden uitgevoerd omdat toepassingen van deze techniek voor agrarische grondstoffen tot dusver beperkt zijn.

Tabel 1: Voor- en nadelen van Raman en NIRS(korte samenvatting)

Raman	NIRS
lage gevoeligheid	hoge gevoeligheid (voor water)
gevoelig voor fluorescentie --> lasergolflengten in zichtbaar licht gebied mijden	
zelf absorptie (Raleigh)	Licht absorptie van water beperkt het spectrale meetbereik
hoge structuur selectiviteit	lage structuur selectiviteit
Raman signaal recht evenredig met de concentratie van de te meten stof	Concentratie evenredig volgens de wet van Beer
geen monstervoorbereiding	geen monstervoorbereiding

geringe meetdiepte (oppassen voor vervuiling van het meetoppervlak)	grote meetdiepte bij waterige slurries ook zeer beperkt
weinig storing door water	veel storing door water (sterke absorptie in grote delen van het meetbereik)
verwachting dat zetmeeleigenschappen direct gemeten kunnen worden	verwachting dat zetmeeleigenschappen alleen indirect gemeten kunnen worden
kalibratie eenvoudiger dan bij NIRS	kalibratie lastiger dan bij Raman; door grotere overlap in spectra meer monsters nodig

5. Wijze van aanpak

Fasering en uitgangspunten

In fase 1a wordt na een deskstudie, de monitoringsapparatuur voor de pilot gekozen. Voorts is na fase 2 een go / no go moment ingebouwd. Het criterium voor het "go/no go"besluit is de kosten-baten analyse en of de monitoringsapparatuur voldoende parameters met een adequate nauwkeurigheid kan meten.

<u>Het project is na gedeeltelijke uitvoering van fase 1 a stopgezet!</u>

Plan : Fasering, activiteiten, beoogde resultaten en doorlooptijden.

Fase	Onderwerp	Doorloop-tijd
Fase 1	1a Deskstudie voor/en keuze monitoringsapparatuur 1b Toepassingsgericht maken van de monitoringsapparatuur	September-Oktober
FASE 2	Ketenanalyse, enquête eindgebruikers, inventarisatie huidige transportstromen, prognose voor de mogelijke transport- en afzetkostenbesparingen voor de co-producten. .	September-December
FASE 3	""Go/ no go" besluit op basis van technische mogelijkheden en kosten/baten	Januari
FASE4	4 a Proefopstelling bij Mc Cain 4b Ontwerp, implementatie en test van de nieuwe ketenbesturing met informatieuitwisseling van de meet resultaten 4c. Optioneel: evaluatie van de pilot bij eindgebruikers	ri- September
Fase 5	Kennisverspreiding, communicatie, evaluatie, projectmanagement	September - September

5. Resultaten

- Tabel 2: Prioritering(++…) gewenste analyses en de gehalten range (minimum%-maximum%)[2] per co-product

Co-product Bepaling	Stoomschillen	Grijs zetmeel	Slib	Prioriteit
Ds	++++(5 –15%)	++++(15-30%)	++++(10-25%)	**Pakket met prioriteit 1**
As	+++(5-15%)	++++(5-20%)	++(25-50%)	
Zetmeel(brunt)	++++(15-30%)	++++(20-60%)	-	
N	++(2-4%)	++(2-4)	-	
				Pakket met prioriteit 2
P	-	-	++(1-6%)	
K	+(2,5-4,5%)	+(1-3%)	+(?)	
Zware metalen	-	-	+(boomnorm +/-50%)	

Nb. De gewenste analyse nauwkeurigheid is 5 % relatief(van de meetwaarde)

- Apparatuur en kosten/baten
  - Beoordelingscriteria voor de apparatuur(n.a.v. ervaringen uit de test, literatuurstudie etc.):
    - de geschiktheid voor de te meten parameters in de co-producten(welke nauwkeurigheid; gewenst 5 % van de gemeten waarde),
    - de gebruikersvriendelijkheid,
    - de faalfactoren in het productieproces,
    - de inline mogelijkheden(meerdere meetpunten voor één apparaat;
    - robuustheid inline meten schoon blijven meetvlak etc.
    - de aanschaf- en de onderhoudskosten van apparatuur en van de calibratie,
    - minimaal 98% uptime

  - De eerste test met RAMAN- apparatuur.
    Er is een eerste RAMAN- test uitgevoerd met één monster slib, één monster aardappelstoomschillen en één monster grijszetmeel. Het doel was om na te gaan of Raman bij aardappel-co-producten bruikbare spectra oplevert.
    De Raman spectra van zowel stoomschillen, grijs zetmeel als zuiveringsslib bleken te worden overschaduwd door fluorescentie. In de figuren 1 en 2(bijlage 1) zijn Raman spectra weergegeven afkomstig van een monster stoomschillen. De spectra uit beide figuren zijn opgenomen gebruikmakend van verschillende laser golflengten. In het eerste spectrum worden nauwelijks pieken gevonden worden (hooguit 3) afkomstig van het inhoudstoffen uit het monster. Het overgrote deel van het signaal is afkomstig van fluorescentie (neemt toe bij hogere golflengten). In de 2e grafiek is veel meer detail te zien in het spectrum. Deze details zijn afkomstig van verschillen in de samenstellende delen van het monster (schil versus moes). Het grote nadeel is echter dat het opnemen van een Raman spectrum met een 1064nm laser in deze matrix circa 15 minuten duurt. Ondanks deze lage integratietijd is de signaal ruis verhouding van de spectra onvoldoende voor kwantitatieve analyse.

    Conclusie:

[2] de gehalten zijn uitgedrukt als % in de ds(behalve voor ds)

Meten van Raman spectra met laser golflengten in het zichtbare gebied (514 en 633nm) geven een veel te hoog fluorescentie signaal in het Raman spectrum. Meten van Raman spectra met een laser golflengte in het NIRS gebied (1064nm) is niet bruikbaar, omdat de tijdsduur voor het meten van een kwalitatief bruikbaar Raman signaal te veel tijd vergt.

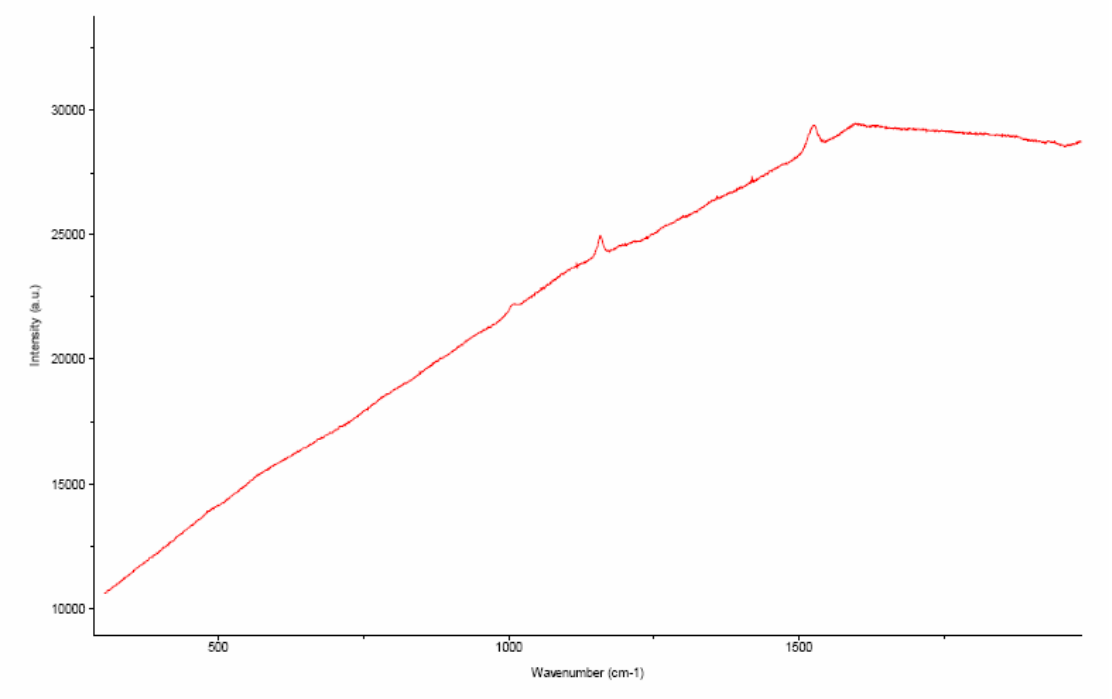
- Het inline meten met NIRS of RAMAN kost volgens Blgg per jaar ca. 40.000 euro*(indicatief*) voor twee co-producten volgens het zogenaamde full service concept.
- De kostenbesparing bedraagt volgens een quick and dirty analyse van Mc Cain, 35.000 euro per jaar per productie eenheid van Mc Cain. Dit is combinatie van transportbesparing en besparing op afzetkosten en geld als het transport/kwaliteit voordeel volledig wordt vermarkt.

- Succesfactoren
  - Naast de subsidieaanvraag voor AKK is ook de aanvraag voor aanvullende financiering bij DKE toegekend.
  - De aanwezige kennis en ervaring met betrekking tot metingen(analyses) in en tijdens het productieproces.
  - Het bedrijfsleven(Mc Cain en Beuker) wilden zelf nadrukkelijk een aanzienlijk deel van de uitvoering van het project verzorgen.
  - Constructieve opstelling van alle partners bij de uitvoering.

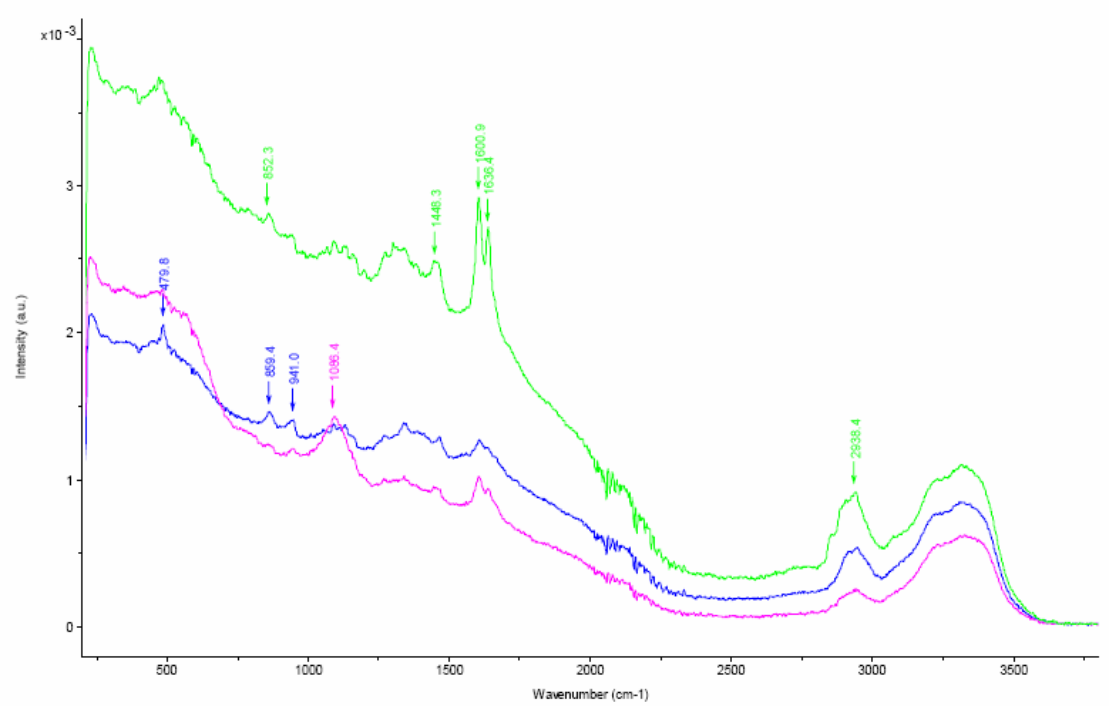
- Faalfactoren
    - De bedrijfseconomische afwegingen zijn in de eerste gezamenlijke bijeenkomst in mei jl. voor het opstellen van de subsidieaanvraag, aan de orde geweest. Blijkbaar is deze economische analyse niet voldoende diepgaand besproken(en/of intern teruggekoppeld door de deelnemende partners).
    - Er zijn twee subsidie aanvragen opgesteld(AKK en DKE). Dit kost relatief veel tijd. Waardoor minder tijd kan worden besteed aan de voorbereiding van het project zelf.

- Andere leerervaringen
    - Mc Cain: Het toepassen van NIRS/Raman vergt vergaande specialistische ondersteuning van derden.
    - De Raman techniek is op dit moment minder ver ontwikkeld dan verwacht.
    - De winst van analyses in co-producten zit met name voor ds bij alle schakels in de keten(AVI, handel, vervoerder, veehouder, vergister). Terwijl de investering bij de AVI ligt en het vooralsnog onduidelijk is, in hoeverre de AVI de ketenwinst kan omzetten in werkelijke kostenbesparingen. Voor de overige analyse-parameters(zetmeel etc.) lijkt de winst vooral te worden gehaald bij de “”(co)-vergisters”.

Bijlage 1: Raman spectra van aardappel stoomschillen



Figuur 1. Raman spectrum van een monster stoomschillen (laser 514nm)



Figuur 2. 3 Raman spectra van (schil [rood], moes [blauw] en mengsel [paars] afkomstig van) een monster stoomschillen (laser 1064nm)