

Instituut voor  
Agrotechnologisch  
Onderzoek  
ATO-DLO

Bornsesteeg 59  
Postbus 17  
6700 AA Wageningen



A151

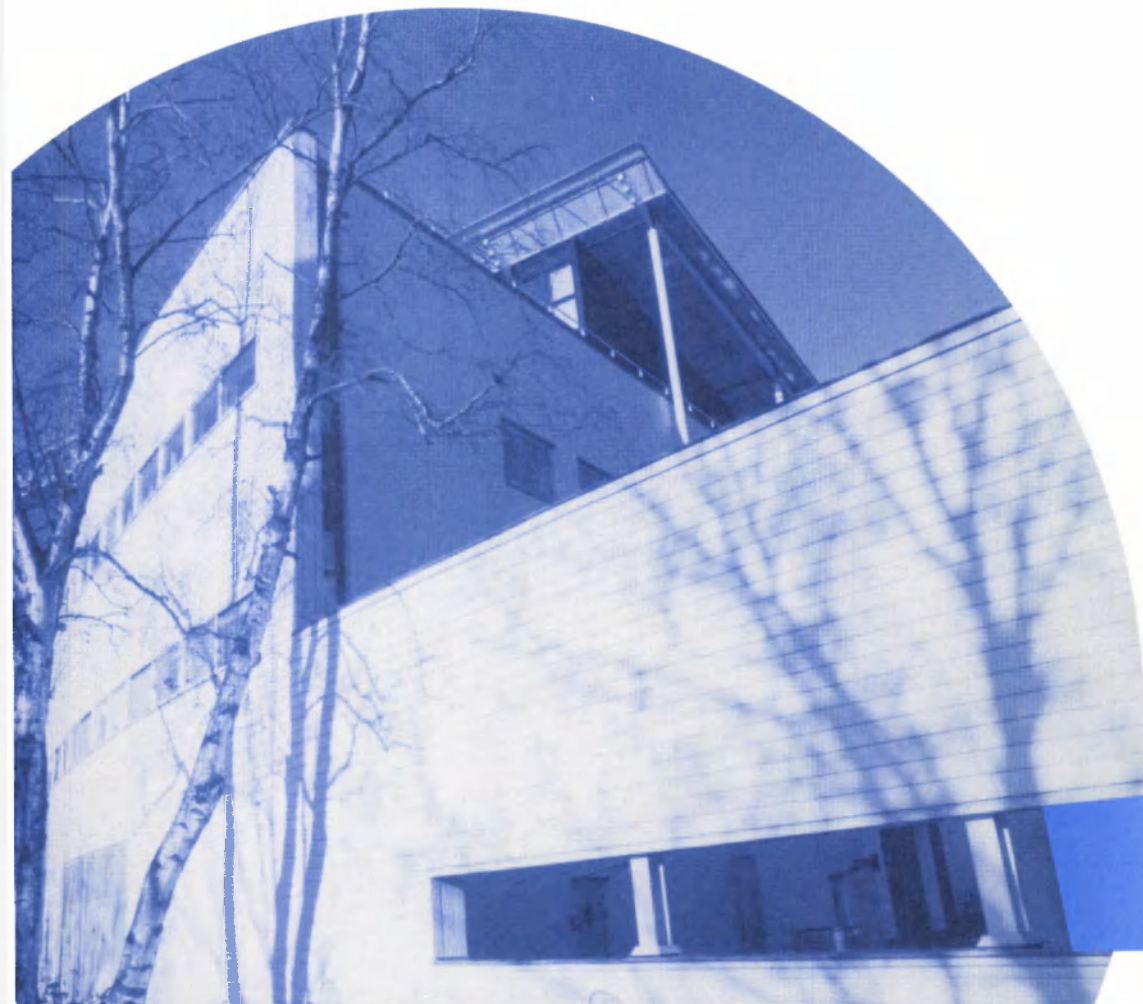
# Ontwikkeling van een "on-line" meetsysteem voor drogestofgehalte bij de productie van voor- gebakken frites

Rapportage 1998 (Fase 2)

Ir. F.I.N.G. Kreft  
Ir. H. Uitslag  
Ir. P.C.M. van Eijck

**VERTROUWELIJK**

1999-01-05



ato-dlo



ATO-DLO

## **Ontwikkeling van een "on-line" meetsysteem voor drogestofgehalte bij de productie van voorgebakken frites**

Rapportage 1998 (Fase 2)

**VERTROUWELIJK**

**Instituut voor  
Agrotechnologisch  
Onderzoek  
(ATO-DLO)**  
Bornsesteeg 59  
Postbus 17  
6700 AA  
Wageningen  
tel. 0317.475000  
fax. 0317.475347

Ir. F.I.N.G. Kreft  
Ir. H. Uitslag  
Ir. P.C.M. van Eijck

*Eigendom van ATO-DLO. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van ATO-DLO.*

2251565

**Inhoud****pagina**

SAMENVATTING .....	2
1. INLEIDING .....	4
1.1 DOEL.....	4
1.2 ACHTERGROND EN PERSPECTIEVEN.....	4
1.3 PROJECTINDELING.....	4
1.4 AANPAK EERSTE DEEL FASE 2 .....	5
1.5 RAPPORTINDELING .....	5
2. HET TRAJECT NAAR HET CONCEPTUELE MODEL VOOR HET “ON-LINE” SYSTEEM.....	6
2.1 VEREISTEN EN RANDVOORWAARDEN AAN HET SYSTEEM.....	6
2.1.1 Productgerelateerde eisen .....	6
2.1.2 Procesgerelateerde eisen .....	7
2.1.3 Eisen gerelateerd aan de analysemethode.....	8
2.1.4 Inventarisatie omgevingsfactoren .....	8
2.2 CONCEPTEN.....	9
2.2.1 Het monsternamesysteem .....	9
2.2.2 Het monstervoorbereidingssysteem .....	9
2.2.3 Het meetsysteem .....	10
2.2.4 Het besturingssysteem .....	12
3. HET EINDCONCEPT .....	13
3.1 HET MONSTERNAMESYSTEEM .....	14
3.2 HET MONSTERVORBEREIDINGSSYSTEEM.....	14
3.3 HET MEETSYSTEEM .....	14
4. EXPERIMENTEEL WERK .....	15
4.1 MONSTERGROOTTE .....	15
4.2 SYSTEEMTEMPERATUUR .....	16
4.3 DEELTJESGROOTTE ANALYSE.....	17
CONCLUSIES .....	19

## Samenvatting

Het doel van dit project is het ontwikkelen, testen en valideren van een "on-line" meetsysteem voor drogestofgehalte bij de productie van voorgebakken frites. Het "on-line" meten van het drogestofgehalte en in het verlengde hiervan de ontwikkeling van een regelalgoritme voor de waterverdamping gedurende het proces biedt duidelijke voordelen op economisch niveau en op productniveau.

Het project maakt deel uit van een onderzoeksprogramma dat ATO-DLO voor de Vereniging voor de Aardappelverwerkende Industrie (VAVI) uitvoert. Het project is verdeeld in twee fasen, waarvan fase 1 de benodigde basisinformatie heeft geleverd voor de ontwikkeling van het "on-line" meetsysteem. Fase 1 is eind 1997 voltooid. Fase 2 bestaat uit twee delen. In het eerste deel wordt de technische tekening van het systeem gemaakt en wordt het systeem (prototype) gebouwd en geïmplementeerd in de pilot-lijn van ATO-DLO. In het tweede deel (uitvoering in 1999) wordt de ijklijn ontwikkeld en wordt het prototype getest, geoptimaliseerd en gevalideerd. Voor het eerste deel van fase 2 is door de NOVEM subsidie toegekend (programma Voeding- en genotmiddelenindustrie). De subsidie voor het laatste deel van dit project is momenteel in aanvraag.

De volgende aanpak is voor fase 2 gekozen:

- Opstellen van een conceptueel model voor het "on-line" systeem;
- Keuze van leveranciers van onderdelen (monsternamesysteem, maalsysteem en meetsysteem);
- Aanvraag van offertes en keuze van apparaatbouwer;
- Detail en technische tekening;
- Bouw van het systeem;
- Implementatie en test van het systeem in pilot-lijn van ATO-DLO.

Het conceptuele model is in samenwerking met de ingenieursbureau Innogas te Gorinchem opgesteld. Hiervoor zijn de volgende aspecten geïnventariseerd:

- Productgerelateerde eisen;
- Procesgerelateerde eisen;
- Eisen gerelateerd aan de analysemethode;
- Omgevingsfactoren.

Met behulp van deze inventarisatie zijn voor de verschillende onderdelen van het systeem een aantal concepten opgesteld:

1. Monsternamesysteem: voor dit deelsysteem zijn de voor- en nadelen van een aantal verschillende principes tegen elkaar afgewogen. Uiteindelijk bleef het prikblokprincipe als meest favoriet systeem over. Bij het prikblokprincipe zijn nog twee uitvoeringen mogelijk, een prikker die het product opschuift aan zijn prikkers na iedere ingang in de productstroom en een prikker die na iedere prikbeweging het monster deponeert in een opvangbakje.
2. Monstervoorbereidingsysteem: in dit systeem wordt het monster ingevroren en verkleind. Bij het invriezen staan in principe drie methodes ter beschikking. Koelen met vloeibaar N<sub>2</sub> is de enige methode waarmee het mogelijk is om het product snel genoeg (in ca. 70 seconden) te bevriezen. Een zgn. spindel wordt gebruikt als vriessysteem, omdat hiermee continu monsters kunnen worden verwerkt. Voor het verkleinen wordt momenteel onderzoek verricht naar verschillende molenprincipes.

3. Meetsysteem: de keuze voor het analyseapparaat is gemaakt naar aanleiding van marktonderzoek uit de vorige fase van het project. Vanwege de bepalingen nauwkeurigheid en de goede inpasbaarheid is de uiteindelijke keuze gevallen op de "On-line Infratec 1725" van Foss Benelux. Omdat vanwege bevriezing de reiniging van het meetsysteem niet kan met vloeistof, pers- of omgevingslucht, moest een keuze gemaakt worden uit vier andere mogelijkheden. Voorlopig is gekozen voor N<sub>2</sub>-injectie aangezien dit het eenvoudigst realiseerbaar is. Of dit principe uiteindelijk functioneert zal door middel van testen moeten worden aangetoond.

Het eindconcept ziet er dan als volgt uit:

- Het monsternamesysteem bestaat uit een schuifbalk met een prikblok, dat vanuit de productstroom op de transportband naar de koeler een monster van 200 g neemt. Deze constructie bestrijkt de gehele bandbreedte en neemt product op diverse punten. Het complete monster wordt gedeponereerd in het monstervoorbereidingsysteem. Ten minste iedere anderhalve minuut wordt een monster genomen.
- In het monstervoorbereidingsysteem wordt het monster m.b.v. vloeibare stikstof bevroren, gemalen en gehomogeniseerd. Het monster valt in de dompelvriezer en wordt naar de molen getransporteerd. Na vermaling bereikt het monster, via een afsluitklep, het meetsysteem.
- In het meetsysteem wordt het vocht- en vetgehalte van het bereide monster m.b.v. Nabij-Infrarood bepaald door het instrument "On-line Infratec 1725". Na meting verlaat het monster het meetsysteem naar een afvalcontainer.

De onderdelen worden samengebouwd in een geïsoleerde omkasting waarin een stikstofatmosfeer wordt gevormd om condensvorming op koude oppervlakken te voorkomen. Het geheel wordt aangestuurd m.b.v. een overall besturingssysteem (PLC). Doordat het monsternamesysteem onafhankelijk kan worden gekozen van de rest van het systeem, is het mogelijk om afhankelijk van de fabriekslay-out het geschikte monsternamesysteem te bouwen.

Voor het opstellen van het conceptuele model zijn ter ondersteuning een aantal experimenten uitgevoerd:

De benodigde hoeveelheid monster en de monsternamerequentie voor een representatieve meting zijn vastgesteld door in de pilot-lijn van ATO-DLO vier aardappelpartijen tot frites te verwerken. Van een groot aantal monsters is het drogestofgehalte bepaald volgens de zgn. "drogen en wegen"-methode. M.b.v. statistische methoden is een aantal mogelijke combinaties van grootte en frequentie vastgesteld. Gekozen is voor een monstergrootte van 200 g met een frequentie van 43 keer per uur, omdat bij deze combinatie de totale hoeveelheid benodigd product wordt geminimaliseerd.

Omdat het product beter hanteerbaar is in bevroren toestand moet worden vastgesteld bij welke temperatuur het poeder begint te smelten. Met behulp van de techniek Differential Scanning Calorimetry (DSC) is vastgesteld dat het smelttraject van de bevroren poeder rond -11°C wordt geïnitieerd. De temperatuur van het product en systeem (alle oppervlakken waarmee het product in contact komt) moet daarom lager zijn dan -15°C.

Omdat de benodigde korrelafmeting van het monster bepalend is voor de keuze van het maalapparaat is een deeltjesgrootte analyse gedaan. Door middel van Scanning Electron Microscopy (SEM) is bepaald dat de korrelgrootte kleiner dan 2 mm moet zijn.

# 1. Inleiding

## 1.1 Doel

Het doel van het project "Ontwikkeling van een on-line meetsysteem voor drogestofgehalte bij de productie van voorgebakken frites" is het ontwikkelen, testen en valideren van een "on-line" meetsysteem voor drogestofgehalte bij de productie van voorgebakken frites. Het project maakt deel uit van een onderzoeksprogramma dat ATO-DLO voor de Vereniging voor de Aardappelverwerkende Industrie (VAVI) uitvoert.

## 1.2 Achtergrond en perspectieven

Bij de productie van voorgebakken frites verdampt veel water. Momenteel zijn de mogelijkheden om de waterverdamping gedurende het proces te sturen beperkt. Het feit dat een "on-line" drogestofbepaling ontbreekt is één van de belangrijkste redenen hiervan.

Het "on-line" meten van het drogestofgehalte en in het verlengde hiervan de ontwikkeling van een regelalgoritme voor de waterverdamping gedurende het proces biedt duidelijke voordelen:

### 1. op economisch niveau

- minder energieverbruik
- minder vetverbruik
- hoger productrendement

### 2. op productniveau

- de mogelijkheid om beter aan specificaties te voldoen
- het leveren van een constant eindproduct van hoge kwaliteit

Iedere procentvermindering in waterverdamping resulteert in:

- 13 % minder energieverbruik (174 TJ op jaarbasis) met een economische tegenwaarde voor de sector van Mfl 1,8 (op jaarbasis);
- Een meeropbrengst van het eindproduct met een economische tegenwaarde voor de sector van Mfl 20,6 (op jaarbasis).

## 1.3 Projectindeling

Het project is verdeeld in twee fasen. Fase 1 levert de benodigde basisinformatie voor de ontwikkeling van het "on-line" meetsysteem. Deze fase is eind 1997 voltooid. Hierbij zijn de grote lijnen van het "on-line" systeem vastgesteld.

Fase 2 bestaat uit twee delen:

- In het eerste deel (uitvoering in 1998) wordt de technische tekening van het systeem gemaakt en wordt het systeem (prototype) gebouwd en geïmplementeerd in de pilot-lijn van ATO-DLO.
- In het tweede deel (uitvoering in 1999) wordt de ijklijn ontwikkeld en wordt het prototype getest, geoptimaliseerd en gevalideerd.

Voor het eerste deel van fase 2 is door de NOVEM subsidie toegekend (programma Voeding- en genotmiddelenindustrie). De subsidie voor het laatste deel van dit project is momenteel in aanvraag.

## 1.4 Aanpak eerste deel fase 2

Voor deze fase is er voor de volgende aanpak gekozen:

- Opstellen van een conceptueel model voor het “on-line” systeem;
- Keuze van leveranciers van onderdelen (monsternamesysteem, maalsysteem en meetsysteem);
- Aanvraag van offertes en keuze van apparaatbouwer;
- Detail en technische tekening;
- Bouw van het systeem;
- Implementatie en test van het systeem in pilot-lijn van ATO-DLO.

Deze activiteiten worden uitgevoerd in samenwerking met een ingenieursbureau. Het ingenieursbureau Innogas BV te Gorinchem is hiervoor gekozen. Het opstellen van het conceptuele model is gesteund door experimenteel werk dat bij ATO-DLO is uitgevoerd.

## 1.5 Rapportindeling

Dit rapport beschrijft de activiteiten en resultaten bereikt in het eerste deel van fase 2 van dit project. In hoofdstuk 2 is het traject naar de opstelling van het conceptuele model voor het “on-line” systeem beschreven. In hoofdstuk 3 wordt het uiteindelijke conceptuele model beschreven. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van het uitgevoerde experimentele werk getoond. Tenslotte zijn in hoofdstuk 5 de belangrijkste conclusies gepresenteerd. In de bijlage wordt het morfologisch overzicht van de verschillende mogelijkheden voor de concepten van het systeem weergegeven.

## 2. Het traject naar het conceptuele model voor het "on-line" systeem

Bij het opstellen van het conceptuele model voor het "on-line" systeem zijn de volgende aspecten te onderscheiden:

- Het opstellen van de doelstelling voor het totale systeem;
- Een inventarisatie van procesvereisten en randvoorwaarden;
- Een inventarisatie van omgevingsfactoren;
- Oriëntatie van de mogelijkheden tot monstername, voorbereiding en meetsysteem;
- Uitwerking van conceptuele modellen;
- Schematische weergave conceptuele modellen.

Het conceptuele model is in samenwerking met het ingenieursbureau Innogas te Gorinchem opgesteld. In dit hoofdstuk zal worden beschreven hoe bovengenoemde aspecten zijn uitgevoerd.

Zoals in de vorige fase is vastgesteld, is het "on-line" systeem verdeeld in 3 onderdelen.

1. Monsternamesysteem: Het monsternamesysteem moet ervoor zorgen dat een aardappelproduct met een bepaalde frequentie uit een industriële aardappelverwerkingslijn wordt genomen. Het moet een representatieve monstername zijn.
2. Monstervoorbereidingsysteem: Dit onderdeel van het systeem moet ervoor zorgen dat een bepaalde hoeveelheid monster wordt gemalen, gehomogeniseerd en naar het meetsysteem wordt vervoerd. Daarnaast moet er een bepaalde hoeveelheid vloeibare stikstof aan het monster worden toegevoegd vóór het malen, zodat het product wordt bevroren.
3. Meetsysteem: Dit onderdeel van het systeem moet ervoor zorgen dat het bereide monster wordt gemeten, vervoerd en verwijderd. Het vocht- en vetgehalte van het monster wordt m.b.v. Nabij-Infrarood (NIR) bepaald.

Per deelsysteem zijn naar aanleiding van de geformuleerde doelstelling van het systeem, de geïnventariseerde procesvereisten, randvoorwaarden en omgevingsfactoren een aantal concepten opgesteld. Het uiteindelijke totale conceptuele model wordt beschreven in hoofdstuk 3.

### 2.1 Vereisten en randvoorwaarden aan het systeem

#### 2.1.1 Productgerelateerde eisen

De producten door het systeem zullen worden geanalyseerd hebben de volgende specificaties:

Product:	Aardappelproducten
Samenstelling:	Vochtgehalte: 55 - 85% Vetgehalte: 0 - 15% Zetmeel, eiwit
Vorm:	1) staven (doorsnede 6*6 t/m 20*10 mm en lengte 20 t/m 150 mm) 2) schijven (dikte 5 t/m 15 mm en lengte 20 t/m 60 mm) 3) blokken (10*10*10 mm)
Eigenschappen :	Warm (tot 190°C), plakkerig en vettig



Hieruit volgt dat het monsternamesysteem aan de volgende eisen moet voldoen:

*Eis: Flexibel voor verschillende soorten producten*

*Eis: Bestendig tegen de invloed van vet en hoge temperaturen*

Zoals beschreven in hoofdstuk 4 is gebleken dat de smeltpiek van het bevroren product begint bij -11°C. Daarbij is geconcludeerd dat, om afzetting van het product te voorkomen, het product en alle oppervlakken die in contact hiermee komen moeten worden gekoeld tot -15°C.

*Eis: de temperatuur van het product en van de oppervlakken moet beneden -15°C blijven.*

### **2.1.2 Procesgerelateerde eisen**

In fase 1 is reeds besloten dat de aangewezen meetplaats voor het "on-line" systeem "na de frituuroven" is. Deze plaats is gekozen omdat bij meting na de frituuroven het vochtgehalte van het eindproduct nauwkeuriger is te voorspellen dan bij een meting na de droger.

*Eis: Meetplaats na de oven*

Het beste monsternamepunt is direct na de schudzeef. Een groot voordeel van dit punt is dat de frites dan tijdens de val op de koelband automatisch gemengd worden wat de representativiteit van het monster ten goede komt. Ook belangrijk is dat op de schudzeef nog aanhangend vet wordt verwijderd. Per fabriekslay-out verschilt de beschikbare ruimte rondom deze positie, vandaar dat het systeem hierin over enige flexibiliteit zal moeten beschikken.

*Eis: Meetplaats kort na de schudzeef*

In hoofdstuk 4 wordt bepaald wat de eisen met betrekking tot de monstergrootte en bemonsteringsfrequentie zijn. Hieruit is een keuze gemaakt waarbij de bemonsterde hoeveelheid geminimaliseerd is (8,6 kg/hr) om bedrijfskosten en afvalstroom te minimaliseren.

*Eis: Cyclustijd monsternameapparaat < 84 seconden (1,4 minuut) met bijbehorende monstergrootte van minimaal 200 gr.*

De bandsnelheid kan variëren van ca. 0.2 tot 0.6 m/s op de positie waar de monsters genomen moeten worden.

*Eis: Geschikt voor bemonsteren tot bandsnelheid 0.6 m/s*

Als maximale capaciteit van een friteslijn wordt 25 ton/hr gehanteerd. Deze capaciteit is maximale capaciteit welke het monsternameapparaat moet kunnen bemonsteren. De bandbreedtes lopen op tot maximaal 2.5 meter.

*Eis: Als maximale bandbreedte wordt gehanteerd een bandbreedte van 2.5 m.*

De procesonderdelen die de meeste invloed hebben op het vochtgehalte van de frites zijn drogen en bakken. Aangezien het de doelstelling is om met het "on-line" systeem de waterverdamping gedurende het gehele proces te beheersen is de meetpositie na de oven ook zeer geschikt voor een feedbackregeling. Het ontwerp van deze regeling valt buiten de doelstelling van deze fase.

*Eis: Het apparaat moet geschikt zijn om informatie te leveren voor een (feedback)regelmechanisme op drogen en bakken.*

Gangbare regelsturingen werken meestal op signalen van 4-20 mA. De meeste apparatuur bezit voldoende flexibiliteit om ook andere signalen (mV of mA) te kunnen verwerken. Belangrijk hierbij is dat het signaal voldoende resolutie bezit om de gemeten waarden met voldoende precisie weer te geven.

*Eis: De uitgang van het "on-line" systeem moet geschikt zijn om in een regelkring te worden opgenomen en voldoende resolutie bezitten om het vochtgehalte te kunnen weergeven met voldoende nauwkeurigheid.*

Aangezien er twee componenten gemeten moeten worden moeten deze twee waarden ook t.b.v. de regelkring apart uitgestuurd kunnen worden.

*Eis: Aparte weergave in signaal van vochtgehalte en vetgehalte.*

In de industrie wordt meestal gedurende 6 dagen per week, 24 uur per dag geproduceerd.

*Eis: Inzetbaar in 24 uren productie.*

De verwerkte monsters zijn afval. Redelijk lijkt om te hanteren dat 1 maal per productieploeg dit afval verwijderd moet worden.

*Eis: Capaciteit afvalcontainer minstens groot genoeg voor 8 uur productietijd (inhoud minimaal (68,2 kg).*

### **2.1.3 Eisen gerelateerd aan de analysemethode**

Naar de eisen met betrekking tot de analysemethode is reeds gedeeltelijk in fase 1 onderzoek verricht. De resultaten van het overige experimentele onderzoek worden behandeld in hoofdstuk 4. De volgende eisen komen uiteindelijk naar voren:

Op basis van eerder uitgevoerd onderzoek naar een snelle, "at-line" meetmethode voor het bepalen van het drogestofgehalte van voorgebakken fritesproducten is reeds vastgesteld dat het transmissiepad kleiner moet zijn dan 18 mm.

*Eis: Transmissiepad kleiner dan 18 mm*

Voor een nauwkeurige meting is het van belang dat de vensters zo weinig mogelijk vervuilen en zo goed mogelijk schoongehouden kunnen worden.

*Eis: Schone vensters*

Omdat het NIR-spectrum afhankelijk is van de temperatuur moet de temperatuur grotendeels constant zijn.

*Eis: Geen grote temperatuurvariaties toelaatbaar.*

Omdat het een indirecte meetmethode is moet de analyseapparatuur gekalibreerd worden door middel van een ijklijn.

*Eis: Kalibratie van analyseapparaat door middel van een ijklijn*

### **2.1.4 Inventarisatie omgevingsfactoren**

De omgeving waarin het apparaat zal moeten komen te staan kan gekarakteriseerd worden als een fabrieksomgeving. Er zijn productiesituaties denkbaar waarbij niet in Nederlands klimaat geproduceerd wordt, maar onder warmere of koudere condities.

Als gemiddelde omgevingsconditie wordt gehanteerd:

- omgevingstemperatuur van 20°C - 30°C;
- relatieve luchtvochtigheid 60 - 80%.

In deze fabrieksomgeving wordt meestal IP 55 of IP 56 gehanteerd als beschermingsgraad voor elektrische apparatuur tegen uitwendige invloeden van stof of water.

Het systeem moet voldoen aan de eisen van de huidige warenwet hygiëne van levensmiddelen en zal aan HACCP-voorwaarden moeten kunnen voldoen.

## 2.2 Concepten

Per deelsysteem zijn volgens het voorgaande een aantal concepten opgesteld. In bijlage 1 is een morfologisch overzicht van de verschillende mogelijkheden weergegeven.

### 2.2.1 *Het monsternamesysteem*

Het monsternamesysteem dient flexibel te zijn en moet kunnen worden aangepast aan de fabriekslay-out. Er wordt vanuit gegaan dat op ca. 3 tot 5 plaatsen op de band frites bemonsterd kan worden. Dit moet binnen 84 seconden kunnen (zie §4.1). Het invoerpunt in het vriessysteem zal klein moeten zijn om N<sub>2</sub> verlies en condensatieproblemen te voorkomen.

De meest kansrijke principes hierin zijn het kameleon-, het grijper- en het prikblokprincipe.

Het kameleonprincipe heeft de minste invloed op de productstroom. Het is echter de vraag of er in de praktijk altijd voldoende ruimte is voor dit systeem tussen de twee transportdelen. Daarom is besloten om uit te gaan van een systeem dat van boven af de band bemonstert.

Voor bemonstering van bovenaf zijn het grijper- en het priksysteem favoriet. Het grijpersysteem valt af vanwege de complexiteit van de grijper. Door vettigheid en opbouw van de laag is het product moeilijk te pakken.

Uiteindelijk is gekozen voor het prikblok-principe. Een aanprikkop "valt" op diverse punten in de productstroom. Boven de stikstof wordt het product afgestroopt. Voordelen hiervan zijn:

- Het is een eenvoudig en flexibel systeem;
- Het geeft weinig verontreiniging;
- Er is geen ruimte tussen zeef en band benodigd;
- De monstergrootte is goed instelbaar.

Een nadeel van het prikbloksysteem is dat beschadigd product terug zou kunnen vallen op de transportband. Om dit te voorkomen wordt gedacht aan een prikkers waaraan zich weerhaakjes bevinden zodat het product aan de prikkers blijft hangen.

Bij het prikblokprincipe zijn nog twee uitvoeringen mogelijk, een prikker die het product opschuift aan zijn prikkers na iedere ingang in de productstroom en een prikker die na iedere prikbeweging het monster deponeert in een opvangbakje.

### 2.2.2 *Het monstervoorbereidingssysteem*

In dit systeem wordt het monster ingevroren en verkleind. Dit deel en het meetsysteem zijn niet vrij van elkaar te selecteren.

#### *Vriezen:*

In fase 1 is geconcludeerd dat het product gevroren en gemalen moet worden. Bij het invriezen staan in principe een aantal methodes ter beschikking:

- vriezen middels conventionele vriesmethodes;
- vast CO<sub>2</sub> (droogijs) toevoegen;
- vloeibare N<sub>2</sub> toevoegen.

Gekozen is om te koelen met vloeibaar  $N_2$ . Dit is de enige methode waarmee het mogelijk is om het product snel genoeg (in ca. 70 seconden) te bevriezen. Ook is berekend dat dit kostentechnisch gunstiger uitvalt dan koelen met droogijs. Per gram product is ca. 2,1 gram  $N_2$  nodig om dit te bevriezen. Proefondervindelijk kan vastgesteld worden tot welke temperatuur gekoeld moet worden om het product gedurende voorbewerking en meting onder  $-15^\circ\text{C}$  (kerntemp.) te houden zodat de installatie nog niet vervuult. In verband met stikstofverbruik dient deze temperatuur zo hoog mogelijk gehouden te worden.

De mogelijkheden voor het invriezen (zie bijlage 1) worden hieronder in het kort uitgelegd.

- *Schuifbuis*; Het product valt in een buis gevuld met vloeibare stikstof. Na de koeltijd hevelt een schuif (pneumatisch of elektrisch) het product over in de molen.
- *Spindel*; Dit is het zelfde principe als voorgaand. In plaats van een schuif wordt een spindel gebruikt. Het onderste deel van de buis kan geperforeerd in een bak met stikstof gedompeld zijn om zo een bepaald niveau te handhaven.
- *Schuifbak*; Variant op de buis, voordeel kan zijn dat minder storingen door opeenhoping van kruimels e.d. worden veroorzaakt.
- *$N_2$  injectie*; Stikstof wordt in de opvangbak vanaf het monsternamesysteem gedoseerd, voordeel is dat dit bakje ook gekoeld wordt. Nadeel kan zijn dat het product eerder vastvriest aan de bak.
- *Roterende trommel*; Een draaiende trommel gevuld met stikstof koelt het product. Als de opening onder gekomen is wordt de inhoud overgestort in de molen.

Er is gekozen voor de stikstofkoeler met de spindel, omdat dit concept als enige de mogelijkheid biedt om continu monsters te verwerken indien hiertoe de behoefte bestaat. Ook wordt dit systeem al toegepast in de levensmiddelenindustrie.

#### *Verkleinen:*

Diverse molenprincipes zijn beschikbaar. Gezocht wordt naar eenvoud, lage prijs en weinig gevoeligheid voor vervuiling. De voorkeur gaat vanwege de relatieve grootte van het gemalen product uit naar een breker. Hierbij is gekeken naar rollenbrekers of kaakbrekers.

Uit tests is gebleken dat rollenbrekers niet in staat zijn het koudgevroren monster te malen waardoor ze versmeren. Verondersteld wordt dat bij maalprincipes waarin het product met een relatief groot maaloppervlak in contact komt (hamers of rollen) relatief veel energiedissipatie naar het product optreedt.

Omdat een breker dus niet mogelijk is, wordt alsnog gekeken naar een molen. De verwachting is dat door het relatief kleine contactoppervlak in de maalbeweging snij- of raspmolens beduidend minder energie zullen overdragen naar het te malen product. Tests met normale keuken(snij)apparatuur en een konus(rasp)molen bevestigen deze verwachting. Versmering vindt hier dan ook nauwelijks plaats. De definitieve keuze voor een molen zal naar aanleiding van verdere tests worden gemaakt.

### **2.2.3 Het meetsysteem**

#### *Analyse*

De keuze voor het analyseapparaat is gemaakt naar aanleiding van een onderzoek uit de vorige fase van het project. Een overzicht van de mogelijkheden is in tabel 2.1 weergegeven.

Tabel 2.1: Overzicht van mogelijke analysesystemen voor het "on-line systeem".

Bedrijf	Basis instrument	Geschiktheid industriële toepassingen	Omvang aanpassing	Prijs (NGL); incl. software
<i>Bio-rad</i>	Excalibur	-	- (?)	60 000,-
<i>Bran &amp; Luebbe</i>	InfraProver II	+	+ (optical fiber)	120 000,-
<i>Fairlight</i>	Optical solutions	?	?	?
<i>Foss Benelux</i>	Infratec 1725	++	++ (direct)	120 000,-
<i>Hartmann &amp; Braun</i>	Bomen MB160	++	+ (?)	100 000,-
<i>Perkin-Elmer</i>	Identitcheck	-	- (direct en optical fiber)	80 000,-
<i>Polytec</i>	X-dap	++	+ (optical fiber)	?
<i>Te Lintelo systems</i>	CAS 140 B (Instrument systems)	++	+ (optical fiber)	40 000,-

Legenda:    ++    goed  
               +    redelijk  
               0    onduidelijk  
               -    minder  
               --    slecht

Vanwege de bepalingen nauwkeurigheid is de uiteindelijke keuze gevallen op de "On-line Infratec 1725" van Foss Benelux te Hoorn. Een ander voordeel van dit instrument is dat het de beste mogelijkheden biedt om in het "on-line" systeem te worden ingepast.

Er is gekozen voor een doseerklep na het analyseapparaat. Hiermee is op eenvoudige wijze de volumestroom door het apparaat goed te regelen. Gezorgd wordt dan voor een zekere overmaat in de analysebuis.

#### Reinigen

Voor de bepalingen nauwkeurigheid is het van groot belang dat de vensters goed schoon zijn tijdens de meting. Daarnaast is het noodzakelijk om een referentiescan te kunnen maken, waarbij een lege, schone buis nodig is. Een reinigingssysteem is benodigd dat de analysebuis op zekere momenten kan reinigen. Reiniging kan niet met vloeistof, pers of omgevingslucht vanwege de bevriezing hiervan bij de lage temperaturen.

Voor het reinigingssysteem zijn de volgende concepten opgesteld:

- *Stikstof injectie*; Via een aftakking aangebracht net boven de analysebuis wordt voor de referentiescan stikstof door de buis geblazen. De verwachting is dat hierdoor nog aanwezig product uit de buis zal worden verwijderd.

- *Zuiger*; Een mechanische zuiger schrobt de buis schoon.
- *Carrousel*; Er wordt gebruik gemaakt van meerdere buizen die afwisselend in de productstroom geplaatst worden. Tijdens gebruik van 1 buis wordt een andere gereinigd.
- *Ultrasone reiniging*; Vastklevend product wordt middels ultrasone trillingen losgetrild van de wand.

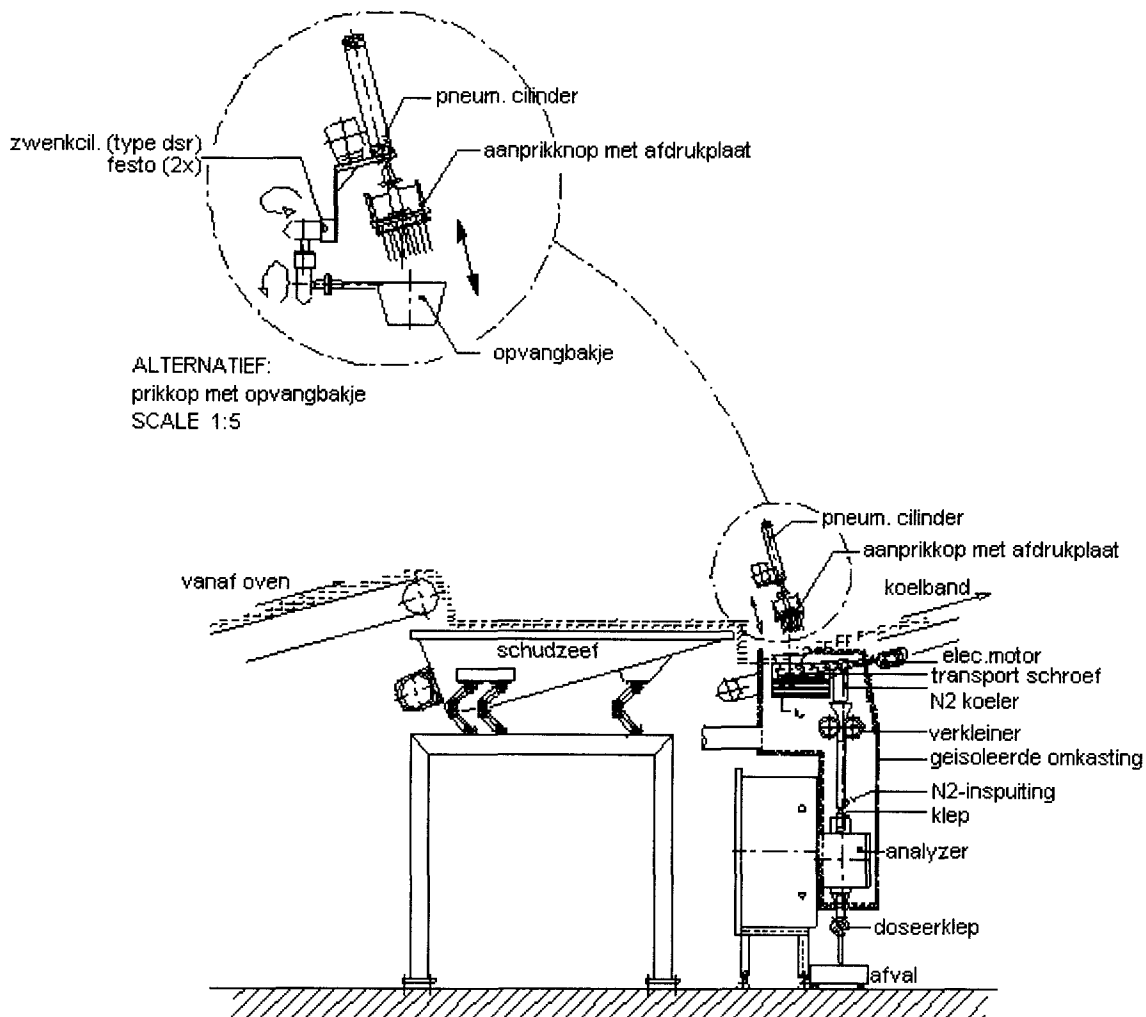
Gekozen is voor N<sub>2</sub>-injectie aangezien dit het eenvoudigst realiseerbaar is. Of dit principe uiteindelijk functioneert zal door middel van testen moeten worden aangetoond.

#### **2.2.4 Het besturingssysteem**

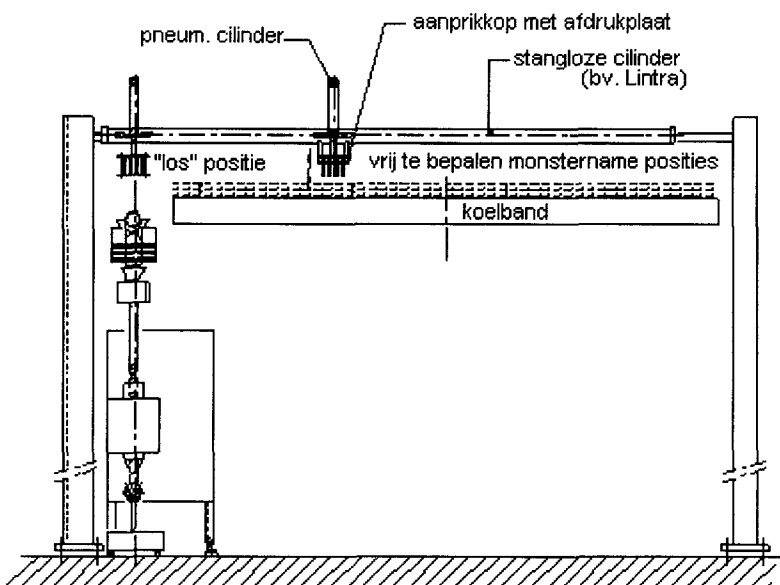
Naast de reeds onderscheiden componenten is een overal besturingssysteem noodzakelijk voor de aansturing van de drie subsystemen. Aangezien het analyseapparaat digitaal functioneert is het nodig om de besturing ook digitaal te laten geschieden. Dit zal via PLC gebeuren.

### 3. Het eindconcept

Uit de diverse deelconcepten is een eindconcept samengesteld. Dit concept is geschetst in figuur 3.1.



Figuur 3.1: Schets van het conceptuele model voor het "on-line" meetstelsel.



Het systeem bevindt zich in een geïsoleerde omkasting waarin een stikstofatmosfeer heerst om condensatie op de koude oppervlakken te vermijden. De elektronica van de analyser en de aandrijvingscomponenten bevinden zich buiten de omkasting.

Eén van de voordelen van het uiteindelijke conceptuele model is dat het monsternamesysteem onafhankelijk kan worden gekozen van de rest van het systeem. Hierdoor is het mogelijk om afhankelijk van de fabriekslay-out te kiezen voor een bepaald concept. Wanneer een fabrikant bezwaar heeft tegen het priksysteem en ruimte heeft voor het kameleonsysteem kan deze fabrikant besluiten om de monsters middels dat systeem te nemen. Hij hoeft dan slechts rekening te houden met de interface naar het bewerkings- en besturingssysteem.

### **3.1 Het monsternamesysteem**

Het monsternamesysteem bestaat uit een schuifbalk met een door perslucht aangedreven prikblok, dat vanuit de productstroom op de transportband naar de koeler een monster van 200 g neemt. Het monsternamesysteem wordt vast opgesteld, op of over de transportband. Deze constructie bestrijkt de gehele bandbreedte en neemt product op diverse punten. Na samenstelling van het complete monster wordt dit gedeponeerd in het monstervoorbereidingssysteem. Ten minste iedere anderhalve minuut wordt een monster genomen.

### **3.2 Het monstervoorbereidingssysteem**

Zoals besproken in § 2.1.3 is het van belang de temperatuur nauwkeurig te regelen. Dit is te realiseren door sturing van de onderdompeltijd in de stikstof. Er zal gebruik worden gemaakt van een bad met een overmaat aan N<sub>2</sub>. Mits de onderdompeltijd lang genoeg genomen wordt is het mogelijk het product volledig te koelen tot -196°C. Door de producttemperatuur na de molen te meten is het mogelijk om een regeling te bouwen die stuurt op de verblijftijd van het product in het dompelbad. Vlak voor de analysebuis dient een temperatuursensor te komen die ook kan dienen als referentie voor de analyser.

Na het invriezen wordt het monster naar de molen getransporteerd waar het wordt gemalen en gehomogeniseerd. Vervolgens bereikt het monster, via een afsluitklep, het meetsysteem.

### **3.3 Het meetsysteem**

In het meetsysteem wordt het vocht- en vetgehalte van het bereide monster met behulp van Nabij-Infrarood bepaald. Hiervoor is de "On-line Infratec 1725" van het bedrijf Foss Benelux te Hoorn gekozen. Na de bepaling van de productsamenstelling verlaat het monster het meetsysteem naar een afvalcontainer. De reiniging van het meetsysteem vindt plaats door N<sub>2</sub>-injectie.



## 4. Experimenteel werk

### 4.1 Monstergrootte

Het doel van dit experiment is om de hoeveelheid monster en de monsternamefrequentie voor het "on-line" systeem vast te stellen.

De variatie in het drogestofgehalte van voorgebakken frites is deels terug te voeren naar de variatie in de grondstof. Ook wordt een groot deel van deze variatie veroorzaakt door schommelingen in het productieproces zelf. Om het drogestofgehalte van het product te kunnen bepalen m.b.v. het "on-line" systeem dient een hoeveelheid frites (monstergrootte) te worden genomen die representatief zal zijn voor de te verwerken partij aardappelen en het bijbehorende productieproces met vaste instellingen. Een combinatie van monstergrootte en bemonsteringfrequentie moet worden vastgesteld die de variatie in grondstof en proces middelt.

Hiervoor zijn in de pilot-lijn van ATO-DLO vier aardappelpartijen (ras: Balade, Saturna, Aziza en Asterix) bij vaste procesinstellingen tot frites verwerkt. Iedere partij is gedurende 1 uur gevolgd en bemonsterd: 10 blokjes van 2 monsters die ieder vlak achter elkaar genomen zijn. In totaal zijn 20 monsters per partij genomen. De monsters zijn na de ontvetting genomen. De monstergrootte was 200 g (minimale hoeveelheid monster nodig voor de drogestofbepaling). Het drogestofgehalte van de monsters is bepaald volgens de "drogen en wegen"-methode.

De resultaten, 80 drogestofgehalten, zijn m.b.v. statistische methoden geanalyseerd. Bij elke partij is de totale variantie van 20 waarnemingen opgesplitst in een lange termijn spreiding (de spreiding tussen de groepjes van 2) en een korte termijn spreiding (de spreiding binnen alle groepjes van 2 bij elkaar opgeteld).

In tabel 4.1 zijn de totale, lange termijn en korte termijn variaties gevonden voor iedere partij weergegeven. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de partijen een verschillend gedrag vertonen. Partij 1 blijkt de grootste variantie te tonen voor zowel de korte als de lange termijn spreiding. De resultaten van partij 1 worden daarom gebruikt om de monstergrootte en frequentie vast te stellen ("worst case scenario").

Tabel 4.1: totale, lange termijn en korte termijn variantie.

	partij 1	Partij 2	Partij 3	partij 4
Totale variantie	0.9332	0.2407	0.6251	0.5315
Lange termijn variatie	0.3369	0.0747	0.3811	0.0963
Korte termijn variantie	0.6141	0.17	0.2641	0.4403

Op basis van deze resultaten kan worden berekend hoeveel monster en hoe vaak een monster moet worden genomen. Hiervoor moet een betrouwbaarheid en nauwkeurigheidgrens worden vastgesteld. De nauwkeurigheidgrens geeft aan het verschil tussen het drogestofgehalte van het monster en het gemiddelde drogestofgehalte van de totale partij. De betrouwbaarheidwaarde geeft het percentage bepalingen aan dat binnen de nauwkeurigheidgrens zal vallen.

De gekozen nauwkeurigheidgrens is 0.3%. Kiezen van een hogere nauwkeurigheidgrens dan de nauwkeurigheid van de methode voor bepaling van het drogestofgehalte zelf levert geen verbetering op van de bemonstering. De nauwkeurigheid van deze "drogen en wegen"-methode is 0.3%.

Tabel 4.2 geeft de mogelijke combinaties (monster grootte en bemonsteringsfrequentie) voor partij 1 bij de nauwkeurigheidsgrens van 0.3% en met 95% betrouwbaarheid weer. De monster grootte is weergegeven als het aantal bepalingen van ieder 200 g dat nodig is om de korte variantie uit te middelen.

Tabel 4.2: Monster grootte en bemonsteringsfrequentie voor partij 1 (nauwkeurigheid = 0.3% en betrouwbaarheid = 95%).

Monster grootte (g)	Bemonsteringsfrequentie in 1 uur	Totaal hoeveelheid product / uur (kg)
1 x 200 (200)	43	8.6
2 x 200 (400)	30	12
3 x 200 (600)	26	15
4 x 200 (800)	24	19.2
5 x 200 (1000)	22	22

Een bemonsteringsfrequentie van 43 keer per uur betekent één bepaling per 84 seconden. Aangezien deze bemonsteringsfrequentie technisch haalbaar is, en omdat door vaak te meten in combinatie met een kleine hoeveelheid monster de totale hoeveelheid product wordt geminimaliseerd (minimalisering analysekosten) is de keuze voor het monster grootte en frequentie: 200 g, 43 keer per uur.

## 4.2 Systeemtemperatuur

Het doel van dit experiment is om het smelttraject van het monster / bevroren poeder vast te stellen.

Zoals beschreven in hoofdstuk 2, wordt bij de monstervoorbereidingsprocedure het monster koud gemalen m.b.v. vloeibare stikstof. Het bevroren poeder dat ontstaat bij het koud malen is dan makkelijker te hanteren in het verdere traject van het "on-line" systeem. Een belangrijk aspect hierbij is echter dat zowel het monster als alle oppervlakken waarmee het monster in contact komt op lage temperatuur moet worden gehouden om te voorkomen dat het bevroren poeder smelt. Als het monster smelt, plakt het aan de oppervlakken waarmee het in contact komt en bovendien vloeit het minder goed. De smelttemperatuur van het monster moet worden bepaald om de temperatuur van het systeem te kunnen opnemen in het pakket van eisen van het "on-line" systeem.

Hiervoor is gebruik gemaakt van de techniek Differential Scanning Calorimetry (DSC). Deze techniek is gebaseerd op het meten van verschillen in warmtestroom tussen een monster en een thermische inerte referentie die hetzelfde temperatuurtraject ondergaan. Wordt het temperatuurverschil tussen beide gelijk aan nul gehouden, dan zullen faseovergangen in het monster worden geregistreerd als verschillen in warmtestroom tussen monster en referentie. Deze techniek is daarom zeer geschikt om faseovergangen te karakteriseren.

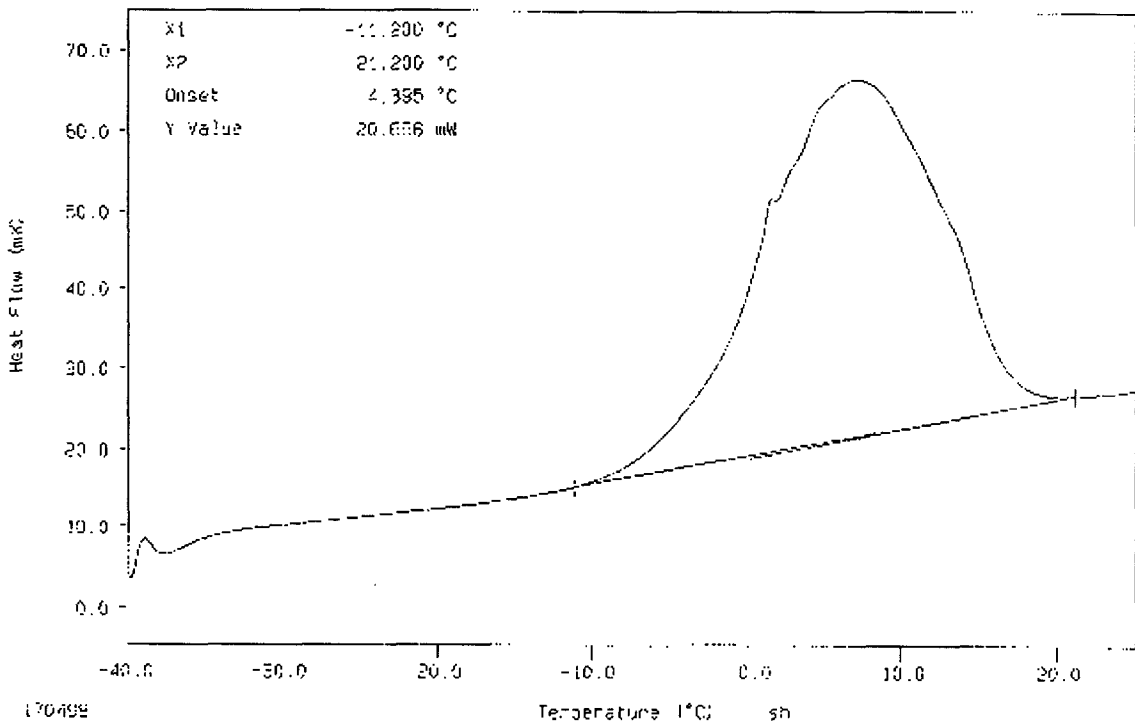
De bepaling is als volgt uitgevoerd:

500 g voorgebakken diepvriesfrites is m.b.v. een homogener gemalen. Circa 20 mg van het gemalen monster is gebruikt om het DSC-cupje te vullen. De DSC-analyse is in drievoud gedaan.

De gebruikte DSC-instellingen zijn:

Aanvangstemperatuur:	- 40°C
Wachttijd voor aanvang:	10 minuten
Scansnelheid:	10°C/minuut
Eindtemperatuur:	+ 25°C

Het resultaat van de DSC-analyse van een van de monsters is in figuur 4.1 weergegeven. Vergelijkbare resultaten zijn gevonden voor de andere geanalyseerde monsters. De grafiek geeft de warmtestroom van het monster gedurende het opwarmingstraject weer. Een toename van de warmtestroom komt overeen met het smelten van het monster. Hieruit kan worden geconcludeerd dat het smeltraject van de bevroren poeder rond  $-11^{\circ}\text{C}$  wordt geïnitieerd. Op basis hiervan kan worden vastgesteld dat de temperatuur van het product en systeem (alle oppervlakken waarmee het product in contact komt) lager dan  $-15^{\circ}\text{C}$  moet zijn.



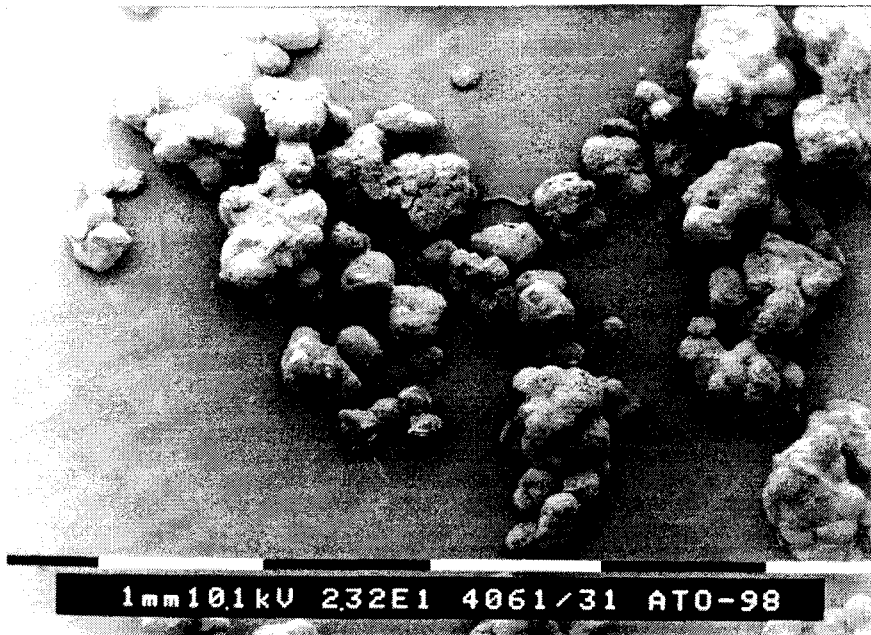
Figuur 4.1: DSC-scan voor bepaling van het smeltraject van het monster

### 4.3 Deeltjesgrootte analyse

Het doel van dit experiment is om de deeltjesgrootte van het monster (bevroren poeder) vast te stellen.

Eén van de voorwaarden voor de keuze van het maalapparaat is dat het moet voldoen aan de eisen die aan de korrelafmeting van het gemalen monster worden gesteld. Om deze eisen vast te stellen is een deeltjesgrootte analyse gedaan op een monster dat is voorbereid volgens de "at-line"-methode. Deze methode is ontwikkeld door ATO-DLO om het vocht- en vetgehalte van bevroren voorgebakken frites snel te bepalen. Hierbij wordt ook gebruik gemaakt van Nabij-infrarood technologie en het monster wordt tevens gemalen. Deze methode levert daarom een goed modelsysteem om de korrelafmetingen te bepalen.

Hiervoor is 1 kg diepvries voorgebakken frites gemalen met een snijmolen (Homogenizer, Dito Sama K55 van Stephan & co. machines BV te Almelo). Het gemalen monster is met Scanning Electron Microscopy (SEM) geanalyseerd. In figuur 4.2 is een met de microscoop gemaakte opname te zien van het gemalen monster. Hieruit kan worden vastgesteld dat de korrelgrootte kleiner dan 2 mm moet zijn.



*Figuur 4.2: Weergave van de deeltjesgrootte van het monster door middel van Scanning Electron Microscopy*

## 5. Conclusies

In dit project wordt een systeem ontwikkeld waarmee het vocht- en vetgehalte van aardappelproducten gedurende het productieproces wordt bepaald. Dit zogenoemde “on-line” systeem zorgt ervoor dat een monster uit de verwerkingslijn wordt genomen, wordt voorbereid (ingevroren, gemalen en gehomogeniseerd) en wordt geanalyseerd.

Het conceptuele model voor het “on-line” systeem is in deze fase van het project opgesteld. Hierbij is bepaald hoe het monster wordt genomen, voorbereid en geanalyseerd. Daarnaast is een pakket van eisen voor het systeem en voor ieder onderdeel afzonderlijk vastgesteld. Het conceptuele model is samen met ingenieursbureau Innogas gemaakt.

Op basis hiervan is een raming van de kosten opgesteld en zijn offertes bij machinebouwers aangevraagd. In overleg met de machinebouwer, het ingenieursbureau en de leveranciers van onderdelen vindt momenteel het detailontwerp en de bouw van het “on-line” systeem plaats.

Het conceptuele model bestaat uit de volgende onderdelen:

- een inventarisatie van procesvereisten, randvoorwaarden en omgevingsfactoren;
- oriëntatie van de mogelijkheden tot monsternamen, voorbereiding en meetsysteem;
- uitwerking van conceptuele modellen;
- schematische weergave conceptuele modellen;
- pakket van eisen.

Om de procesvereisten en randvoorwaarden vast te stellen is gebruik gemaakt van resultaten uit de vorige fase, en zijn een aantal aspecten proefondervindelijk vastgesteld. De volgende aspecten zijn onderzocht:

- bemonstering strategie (monster grootte en bemonstering frequentie);
- smelttraject en smeltemperatuur van het monster;
- deeltjes grootte van het gemalen monster.

Uit de resultaten (gepresenteerd in hoofdstuk 4) kan worden geconcludeerd dat om een representatief monster te kunnen nemen de volgende bemonsteringstrategie moet worden gevolgd: ten minste één monsternamen ter grootte van 200 g, iedere anderhalve minuut (43 keren per uur). Daarnaast is geconcludeerd dat alle oppervlakken van het systeem waarmee het monster in contact komt onder  $-15^{\circ}\text{C}$  moet worden gekoeld. Op deze manier wordt voorkomen dat het monster (bevroren poeder) smelt, en daardoor plakt aan de oppervlakken waarmee het in contact komt.

Gebaseerd op deze procesvereisten en randvoorwaarden zijn voor ieder onderdeel van het systeem een aantal mogelijkheden geïnventariseerd. In overleg met het ingenieursbureau, de machinebouwer en de leveranciers van onderdelen zijn voor ieder deel van het systeem één of twee opties gekozen. Deze vormen het eindconcept voor het “on-line” systeem. Tevens zijn op basis hiervan de systeemonderdelen gekozen.

# Bijlage 1: Morfologisch overzicht

Monsternaam	Weeg/limiter	Verkleinen	Analyse	Reinigen	Bealuren
Kameleon	Kernreducer	Kookbreker	Teelator	N2 Injectie	Analoog
Kameleon-B	Weegreducer	Kogelbreker	Hartmann/aron	Zuiger	Digitaal
Blasmond	Omslag	Rollenbreker		Carroussel	
Klempincelps	Electr. wassing1	Hamermolen		Ultrasoon	
Dwarsband	Electr. wassing2	Stigmolen			
Draaiband	Overmaat toevoegen	Konische molen			
Gridder					
5<math>\mu</math>Lijf					
Zuiger					
Prikbak					
Prikvleed					
Prikbak					

PDS AAN	OMSCHRIJVING	MAT.	CEW	OPMERKINGEN
ALL RIGHTS RESERVED. UNAUTHORIZED DISSEMINATION PROHIBITED. SET TO B 1200 IN APT FOR HARVARD TO HANDLE'S BK				
Client				
ATQ-DLO		Als informatie wordt ingediend, wordt anders aangegeven! Signature language: <input type="checkbox"/>		Annotaties bij:
Project		Monsternamesyst. Title		Morfologisch overzicht
		Project no.: Project titel: Project start: Project eind:		Project no.: Project titel: Project start: Project eind: