

# MELK: VAN GROND TOT GEZOND

door prof.dr.ir. A.C.M. van Hooijdonk



WAGENINGEN UNIVERSITEIT

WAGENINGEN **UR**





## Melk: van grond tot gezond

### Mijnheer de Rector, Dames en Heren

“I have a dream to provide every Chinese, especially children, sufficient milk each day”.

De tekst op bovenstaande foto, die ik vorig jaar in Sjanghai heb genomen, was te lezen op een groot spandoek bij de ingang van het zuivelmuseum. De uitspraak komt van de Chinese premier Wen Jiabao. Het geeft, niet erg origineel, maar wel kort en krachtig, de ambities van China weer met betrekking tot de ontwikkeling van de zuivelketen. Met de toevoeging “especially children” wordt impliciet het voedingskundige belang uitgedrukt dat deze Chinese leider toekent aan melk. De vraag die onbeantwoord blijft is, wat bedoeld wordt met “sufficient milk each day”. Zijn dat drie porties per dag zoals de Amerikanen aanbevelen in hun “3-a-Day” campagne, of is het minder? Stel dat het één glas melk per inwoner per dag is, dan zou er al 70 miljard kg melk per jaar nodig zijn. Dat is

ruim twee keer zoveel als de huidige melkproductie in China. Bij een gemiddelde consumptie van drie porties per dag zou de behoefte in China de gezamenlijke melkproductie van de EU landen ver overstijgen.

De gevolgen van de snelle economische groei van China en andere delen van Azië op de mondiale zuivelmarkt zijn spectaculair. Ik kom daar straks op terug

Nederland is een zuiveland. De hele wereld weet dat, en is bekend met het beeld van grazende koeien in het vlakke groene landschap. Dit waardevolle groene imago bestaat bij de consument nog steeds, al komen er hier en daar wat barstjes in het beeld omdat we op sommige aspecten tegen de grenzen van de groei aanlopen. Ontegengesteld is de Nederlandse zuivelsector succesvol. Achter het romantische beeld zit een werkelijkheid van vooruitstrevend ondernemerschap met kennis en innovatie als belangrijke pijlers, zowel in het primaire als het verwerkende deel van de keten. De zuivelsector is voor Nederland nog steeds een economische factor van betekenis met een sterke exportpositie. Het is het grootste segment in het Nederlandse agrocomplex (1).

“Van grond tot gezond”. Het is een bewuste verandering van de meer gebruikelijke uitdrukking van “grond tot mond”. De afgelegde weg, de keten, is niet alleen belangrijk, ook het eindresultaat. Dit eindresultaat, namelijk een bijdrage leveren aan onze gezondheid, is de meest bepalende factor voor een duurzame positie van zuivel in ons voedingspatroon.

In deze openbare les zal ik ingaan op de ontwikkelingen en uitdagingen van de zuivelketen van primaire productie tot consumptie. Het accent ligt hierbij op de gevolgen van ver-

anderingen in de keten en op kennisvragen die deze veranderingen oproepen met betrekking tot het product melk.

Ik begin met een korte bespreking van de omgevingsfactoren die voor de toekomst van de zuivelketen richtinggevend zullen zijn. Vervolgens worden vanuit een historisch perspectief de belangrijke ontwikkelingen in de zuivelketen toegelicht. In het bijzonder ga ik in op enkele thema's waarbij de bijzondere leerstoel Zuivelkunde van betekenis is.

## **1. Omgevingsfactoren**

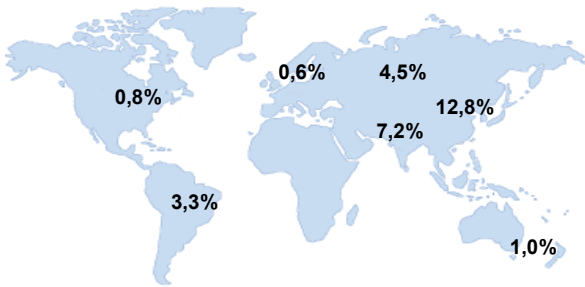
Hoe ziet de toekomst van de Nederlandse zuivelketen eruit? Zal ze verder groeien, stabiliseren of zelfs inkrimpen? Vier richtingbepalende omgevingsfactoren zijn bij deze vraag van belang, deze zijn:

- de groei van de zuivelmarkt;
- het EU zuivelbeleid inclusief de WTO onderhandelingen;
- duurzame ontwikkeling van de keten;
- de nieuwe waarden van de consument.

In het navolgende zal ik deze vier omgevingsfactoren in het kort behandelen, zonder dat ik daarbij met een helder antwoord kan komen op de zojuist gestelde vraag. Daarvoor zijn er nog te veel onzekerheden.

De groei van de zuivelmarkt.

De snelle economische ontwikkelingen in Azië en de hoge olieprijzen hebben de vraag naar zuivelproducten sterk doen toenemen. Prijzen stijgen als nooit tevoren en interventievoorraden voor boter en melkpoeder lijken niet bestaan te hebben. In de volgende figuur ziet u een analyse van de Rabobank over de te verwachte ontwikkeling van de zuivelmarkt (2).



Gemiddelde jaarlijkse groei  
van de zuivelmarkt tot 2010

Bron: Rabobank

Volgens deze schatting groeit de mondiale zuivelmarkt tot 2010 met een gemiddelde van 2,8% per jaar. We zien echter dat er grote verschillen per regio bestaan. In de EU en Noord Amerika is de groei van de zuivelmarkt minder dan 1% en is daarmee ongeveer gelijk aan de groei van de bevolking. De sterkste groei wordt verwacht in China, maar liefst 12,8% per jaar. Maar ook in landen als India en Rusland groeit de zuivelmarkt hard. De groei van de melkproductie was de afgelopen jaren gemiddeld niet hoger dan 1,5%. Wie gaat het gat tussen de te verwachte vraag en het huidige aanbod opvullen? Verhoging van het productievolume in de landen waar traditioneel het grootste volume melk voor export wordt geproduceerd, de EU en Oceanië, kent, om klimatologische, ecologische en politieke redenen, beperkingen. Deze regio's zullen niet in staat hun vraag en aanbod in balans te brengen (3). De verwachting is dat de Verenigde Staten en enkele landen in Zuid Amerika zullen profiteren van de toegenomen vraag naar zuivelcommodities. Aangewakkerd door de interne vraag zal de melkproductie

in Zuid-Oost Azië, China en India snel groeien waardoor deze landen in toenemende mate zelfvoorzienend worden. Indrukwekkend is bijvoorbeeld de snelle groei in China. In minder dan 5 jaar verdubbelde daar de melkproductie tot het huidige niveau van ongeveer 33 miljard kg per jaar. De Nederlandse zuivelindustrie zal vooral kunnen profiteren van deze ontwikkelingen op de wereldmarkt door zelf aanwezig te zijn in de groeiemarkten en te kapitaliseren op de technologische voorsprong. Duurzame exportposities zullen in toenemende mate gebaseerd moeten zijn op innovatieve producten.

EU-zuivelbeleid en WTO-onderhandelingen.

Ten aanzien van de politieke dimensie in de zuivel zijn er nog enkele onzekerheden. De belangrijkste zijn de al of niet verruiming van het melkquotum en de uitkomsten van de WTO-onderhandelingen met betrekking tot liberalisering van de wereldhandel en de gevolgen daarvan op exportsteun en marktbescherming. Volgend jaar vindt er een eerste evaluatie plaats van het in 2003 geïmplementeerde EU-zuivelbeleid. Een van de belangrijkste discussiethema's zal zijn of de melkquotering vervroegd moet worden afgeschaft, dan wel moet worden verruimd. Verdere liberalisering van de wereldhandel, met minder marktbeschermende maatregelen, brengt de Nederlandse zuivelketen in een meer open concurrentie met de rest van de wereld. Schaalvergroting, vooral in de primaire sector, en innovatie zijn nodig om deze concurrentie aan te kunnen.

Duurzame ontwikkeling van de keten.

Duurzaamheid is wellicht het allerbelangrijkste thema voor de zuivelketen aan het worden. Is dit een kans of een bedreiging? Voor de zuivelketen heeft duurzaam ondernemen

vooral te maken met landgebruik, biodiversiteit, energieverbruik, emissies, en dierenwelzijn. De melkveehouderij is de grootste grondgebruiker in Nederland (4). Meer dan 50% van het areaal cultuurgrond wordt door de melkveehouderij in beslag genomen en dit vraagt om een grote verantwoordelijkheid ten aanzien van duurzame ontwikkelingen. Het gaat hierbij niet alleen om harde milieuaspecten, zoals CO2 uitstoot en stikstofbelasting, maar veel meer om de totale kwalitatieve inpassing van de melkveehouderij in de groene ruimte. Een belangrijke uitdaging voor de zuivelsector is om deze inspanningen op het gebied van duurzaamheid zichtbaar te maken naar maatschappij en consument zodat er redelijke compensaties gerealiseerd kunnen worden via een goede melkprijs of via bedrijfstoelagen. Ook op het platteland gaat alleen de zon voor niets op.

#### Nieuwe waarden voor de consument

Gezondheid, natuur en authenticiteit zijn de belangrijke waarden voor de huidige consument over voeding. De belangstelling van de consument voor gezonde voeding is de laatste jaren alleen maar versterkt, vooral ook door de toenemende aandacht van de media op voedinggerelateerde ziekten zoals obesitas. Melk wordt door de consument nog steeds gezien als een gezond product dat op een natuurlijke wijze door een gezonde koe wordt geproduceerd. Het verder uitbouwen van dit imago is een uitdagend thema voor de zuivelindustrie, waarvoor alleen een gemeenschappelijke aanpak tot succes kan leiden. Goed wetenschappelijk onderzoek blijft noodzakelijk om de relatie tussen zuivelconsumptie en gezondheid te begrijpen. De Nederlandse Zuivelorganisatie besteedt daarom een aanzienlijk deel van haar onderzoeksbudget aan voedingskundige studies op verschillende universiteiten.



## 2. Ontwikkelingen in de zuivelketen

Wat zijn de belangrijkste ontwikkelingen in de verschillende onderdelen van de keten geweest en wat mogen we op grond van de zojuist besproken richting bepalende factoren naar de toekomst verwachten aan verdere ontwikkelingen? Ik begin met de melkveehouderij.

Melkveehouderij.

Als we kijken naar de historische ontwikkelingen in de melkveehouderij dan zijn de meest in het oogspringende zaken de toename van de melkplas, de gestegen melkproductie per koe en de afname van het aantal bedrijven met melkvee. Dit is te zien in de volgende tabel.

	1910	1956	1983	2006	2015?
<b>Melkvee</b> x miljoen	1,1	1,5	2,5	1,4	1,3
<b>Melkproductie</b> x miljard kg per jaar	2,7	5,9	13,1	11,0	13,0
<b>Productie per koe</b> kg per jaar	2.500	3.900	5.200	7.800	10.000
<b>Melkveebedrijven</b> x duizend	193	194	60,0	22,3	15,0

In 1910 waren er in Nederland al 1,1 miljoen koeien, nu zijn er dat ongeveer 1,4 miljoen, niet zoveel meer dus (5, 6). 1983 was het laatste jaar zonder melkquotering, hier zien we dan ook de piek in het aantal koeien (8). De melkplas is in 100 jaar wel aanzienlijk toegenomen, van 2,7 miljard kg per jaar naar 11 miljard (9). Deze groei komt vooral doordat de productie per koe zeer sterk is gestegen: van 2500 kg per jaar naar bijna 8000 kg per jaar. We kunnen aannemen dat

de komende jaren de melkproductie per koe nog verder zal stijgen tot wellicht 10.000 kg per jaar. Bedrijven met melkvee worden steeds groter en gespecialiseerder. Volgens schattingen van het LEI zal het aantal melkveehouders verder afnemen tot ongeveer 15.000 in het jaar 2015 (7).

Opvallend bij deze schaalvergroting is het snel toenemende aantal robotmelkers. 5% Van de melkveehouders melkt op dit moment met een robot (10). Nederland is hiermee koploper in de wereld. Samen met de Animal Science Group in Lelystad zijn we aan het onderzoeken of de kwaliteit van de melk die met een robot wordt gewonnen gelijk is aan melk die gewonnen wordt met een traditioneel systeem.

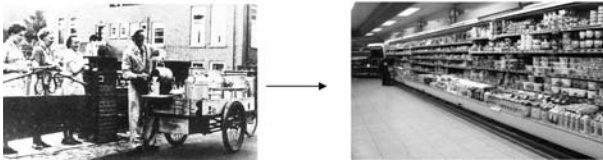
#### Zuivelindustrie

In begin van de vorige eeuw waren er meer dan 1500 zelfstandige zuivelfabrieken (11). Ruim 50 jaar later, in 1956, waren er nog 540 zuivelfabrieken en nu nog slechts 50. Deze 50 verwerken dan ook nog eens de dubbele hoeveelheid melk ten opzicht van een halve eeuw geleden. Ook het aantal actieve zuivelondernemingen is in Nederland sterk gedaald; van 468 in 1956 tot 15 nu (6). Hierbij moet opgemerkt worden dat de twee grootste zuivelondernemingen, Friesland Foods en Campina, ongeveer 80% van de melk verwerken. Het proces van consolidatie van zuivelondernemingen zal zeker op internationaal niveau nog doorgaan. Niet meer zo zeer om de fabrieken nog groter en efficiënter te maken maar vooral om marktpositie en marktkracht te verwerven.

Kenmerkend voor de huidige fabrieken is dat ze zich steeds meer toeleggen op een beperkte groep producten. Dat roept de vraag op of de melk dan voor elke type fabriek nog wel

hetzelfde moet zijn. Eiwitrijke melk heeft bijvoorbeeld een hoger rendement in een kaasfabriek dan in een consumptiemelkfabriek omdat het eiwitgehalte in consumptiemelk niet doorberekend wordt in de verkoopprijs maar wel in de inkoopprijs.

De zuivelindustrie is binnen de voedingsmiddelenindustrie een van de meest innoverende bedrijfstakken, zowel op gebied van consumentenproducten als industriële ingrediënten. Vóór 1980 waren de ontwikkelingen vooral gebaseerd op het verwerken van melk en reststromen.



Toen het aanbod van melk de vraag oversteeg, werden de ondernemingen zich bewust van het grote belang van consument gestuurde productontwikkelingen met als resultaat het grote assortiment aan zuivelproducten in het huidige winkelschap.

De verwerking van de twee belangrijke “reststromen”; ondermelk van de botermakerij en kaaswei van de kaasmakerij, begon na de Tweede Wereldoorlog pas goed op gang te komen toen er een overschot ontstond en de plas te groot werd om nog aan de kalveren en de varkens te voeren. Het valoriseren van deze reststromen wordt steeds geavanceerder en de meest moderne scheidingstechnologieën worden toegepast om de waardevolle componenten uit melk te isoleren

om te verwerken in hoogwaardige producten zoals babyvoeding en sportdrinkjes.

In de volgende tabel ziet u wat het “kraken” van melk aan commerciële producten heeft opgeleverd. Sommige van deze producten zijn commodities geworden, zoals caseïne, WPC en lactose, maar de meeste kunnen beschouwd worden als toegevoegde waarde producten. Elk bedrijf heeft het kraakproces op eigen wijze ingevuld waardoor concurrerende producten zelden direct uitwisselbaar zijn. De curatief aangegeven producten worden ook door Nederlandse zuivelbedrijven gemaakt. Vooral op het gebied van speciale lactoseproducten en wei-eiwitproducten hebben we sterke marktposities verworven. Het zal niet verbazen dat veel van deze ingrediënten hun toepassing vinden in gezondheidsproducten en in speciaal-voedingen. Melk is immers ontworpen om in compacte vorm alle nutriënten voor de nakoeling te leveren inclusief een zeer ingewikkelde compositie van bio-actieve moleculen die de weerstand tegen ziekten en infecties verhogen. Immunoglobuline, lactoferrine en lactoperoxidase zijn een onderdeel van deze weerstandsmatrix. Bijna in elk tabletje dat u slikt zit de melksuiker lactose. Op het gebied van de farmaceutische toepassing van lactose is Nederland de mondiale marktleider. U ziet, het is een indrukwekkende lijst van componenten die uit melk worden gewonnen. Het kraakproces is al ver gevorderd maar nog steeds worden nieuwe functionaliteiten ontdekt en zelfs nieuwe moleculen. De leerstoel Zuivelkunde ondersteunt deze ontwikkelingen door haar specialistische kennis over de samenstelling van melk.

<b>Melkeiwit</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o <i>Melkeiwitconcentraat</i></li> <li>o <i>Caseïne en caseïnaat</i></li> <li>o <i>Caseïnehydrolysaten</i></li> <li>o <i>Wei-eiwitconcentraat</i></li> <li>o <i>Wei-eiwithydrolysaten</i></li> <li>o <i>Alfa-lactalbumine</i></li> <li>o <i>Beta-lactoglobuline</i></li> <li>o <i>Lactoferrine</i></li> <li>o <i>Immunoglobuline</i></li> <li>o <i>Glycomacropeptide</i></li> <li>o <i>Osteopontine</i></li> <li>o <i>Bio-actieve peptiden</i></li> </ul>	<b>Melksuiker</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o <i>Permeaatpoeder</i></li> <li>o <i>Lactose</i></li> <li>o <i>Farmaceutische lactose</i></li> <li>o <i>Lactitol</i></li> <li>o <i>Lactulose</i></li> <li>o <i>Galacto-oligosacharide</i></li> <li>o <i>Melkzuur</i></li> <li>o <i>Poly-melkzuur</i></li> <li>o <i>Tagatose</i></li> <li>o <i>Alcohol</i></li> </ul>
<b>Melkvet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o <i>Boterolie</i></li> <li>o <i>Botervetfracties</i></li> </ul>	<b>Overig</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o <i>Onsuikerd permeaat</i></li> <li>o <i>Calciumfractie</i></li> <li>o <i>Lactoperoxidase</i></li> </ul>

### Zuivelconsumptie.

Van de ontwikkelingen in de melkverwerking naar die in de melkconsumptie. De laatste schakel in de keten. In bijna alle landen van Europa daalt de consumptie van melk en melkproducten en groeit de consumptie van kaas. Voor Nederland zal ik deze trend illustreren aan de hand van de verandering in consumptie over de afgelopen 50 jaar (6). In 1956 lag de consumptie van melk en melkproducten op een niveau van 202 kg per hoofd per jaar. In 2006 was de consumptie met een derde gedaald tot een niveau van 123 kg per hoofd per jaar. De kaas consumptie steeg daarentegen met een factor 3; van 6,4 naar 20,4 kg per hoofd per jaar. Omgerekend naar de consumptie per dag is dit ongeveer het equivalent van 2 glazen melk en 3 plakken kaas. Voedingskundig is deze verschuiving in 50 jaar relevant. Een ruwe benadering leert

dat door deze verschuiving de bijdrage van zuivel aan eiwit en calcium in de Nederlandse voeding is toegenomen en aan vet is afgenomen. De afname van vet is te verklaren uit het feit dat er in 1956 alleen nog maar volle melkproducten geconsumeerd werden. Nu zijn halfvolle melkproducten de standaard geworden. Door de toegenomen consumptie van kaas is ook de bijdrage van zuivel aan de zoutconsumptie gestegen. Het is een grote technologische uitdaging voor de zuivelindustrie het zoutgehalte in kaas te verminderen.

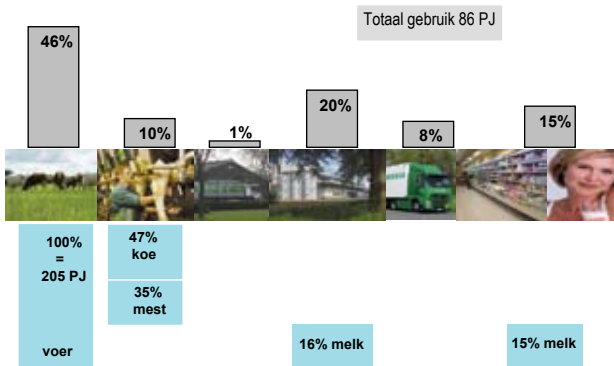
Tot zover een korte schets van de snelle ontwikkelingen in de zuivelketen met betrekking tot melkwinning, melkverwerking en melkconsumptie. Enkele van de genoemde ontwikkelingen zal ik in het volgende deel verder uitdiepen. Dat zijn in het bijzonder die onderwerpen die een relevantie hebben voor de leerstoel Zuivelkunde.

### **3. Belangrijke thema's voor de zuivelketen**

#### **3.1. Energiehuishouding in de zuivelketen**

In het licht van de discussie rond energiebesparing en bio-energie is dit een zeer actueel thema, waarvoor de politiek al concrete lange termijn doelstellingen heeft goedgekeurd maar waarover nog veel onduidelijkheid bestaat hoe deze doelstellingen gehaald moeten worden. Hoeveel druk komt er op de grasmat als het moet concurreren met gewassen die biobrandstoffen produceren zoals koolzaad? Verandert een gedeelte van het Nederlandse platteland in de zomer van groen naar geel en eten onze koeien koolzaadschroot in plaats van gras?

Ik denk dat we andere oplossingen voor de zuivelketen moeten nastreven. Laten we eens kijken naar de energiehuishouding.



We zien hier dat het totale energieverbruik in de zuivelketen wordt geraamd op 86 PJ (=86 maal 10 tot de 15<sup>de</sup> J) dat is bijna 3 % van de totale energiebehoefte in Nederland (12, 13). Van deze 86 PJ is bijna de helft nodig voor de productie van veevoer. Vooral de productie van krachtvoer en kunstmest vraagt veel energie. Voor de verwerking inclusief transport is ongeveer 25 PJ nodig, dit is bijna 30% van het totale verbruik. In de winkels en bij de consument thuis wordt 15% van het totaal gebruikt, voornamelijk voor koeling. Momenteel wil de overheid het convenant energiebesparing openbreken en nieuwe doelstellingen vastleggen. Het voorstel wordt waarschijnlijk een doelstelling van 2% energiebesparing per jaar. In de zuivelfabrieken kan zo'n besparing alleen maar gerealiseerd worden wanneer er al bij de ontwikkeling van nieuwe producten en processen eisen gesteld worden aan het energieverbruik. De leerstoel Zuivelkunde is betrokken bij het evalueren van de toepassingsmogelijkheden van nieuwe technologieën in de zuivel. Energiegebruik is hierbij een belangrijk criterium.

Interessant is de vraag hoeveel energie de keten zelf zou kunnen leveren door reststromen om te zetten. Voor de melkveehouderij vinden we die reststromen op de boerderij want op grasland en maïsland blijft weinig biomassa achter. Op basis van modelberekeningen van Schils (14) voor een bedrijf met 500 koeien, heb ik een schatting gemaakt hoeveel de totale melkveestapel aan energie consumeert. Onze 1,4 miljoen koeien consumeren ruim 200 PJ energie per jaar. Voor de herkenbaarheid, dit is per koe ruim 90.000 kcal per dag, evenveel als 40 volwassen mensen nodig hebben. Maar wij kunnen echter geen gras verteren, daar hebben we de koe voor nodig die een gedeelte van de energie omzet in melk en vlees. Ongeveer 18% van de ingenomen energie wordt doorgegeven: 2% in vlees en 16 % in melk. Dit rendement lijkt laag maar het ligt nog net iets hoger dan de gemiddelde conversie van landbouwgewassen naar voedsel voor de mens. In de melk van één koe zit dus voldoende energie voor 7 personen. De koe gebruikt zelf 42% van de energie voor levensfuncties, 35% van de ingenomen energie komt in de mest en 5% komt vrij als methaan. Welke energie is nu te hergebruiken? In een gesloten stal zouden we een gedeelte van de lichaamswarmte van de koe en het vrijgekomen methaan kunnen terugwinnen. Maar dat is voorlopig meer theorie dan dat het praktisch uitvoerbaar is, zeker als weidgang de regel blijft. Interessanter is de hoeveelheid energie in de mest; deze is in principe door vergisting voor een groot deel om te zetten naar gas. De zuivelketen is dus in staat om een significant deel van haar energiebehoefte zelf te genereren. Op dit moment wordt al onderzocht in hoeverre vergistinginstallaties geoptimaliseerd kunnen worden door mest te combineren met andere reststromen uit de landbouw. Vergisting van deze reststromen concurreert niet



met de productie van voedsel en er wordt optimaal gebruik gemaakt van de beschikbare energie in de keten.

In verschillende Europese landen zal biobrandstof uit koolzaad echter een realiteit worden. We zullen rekening moeten houden met nieuwe reststromen in ons veevoer. Koolzaadschroot zal concurrent gaan worden van soja-schroot. De effecten van deze veranderingen op melkkwaliteit en veiligheid is een punt van aandacht. Bedrijven die zich met energiewinning uit biomassa bezig houden hebben immers weinig ervaring met voedselketens.

### **3.2. Differentiatie van melk**

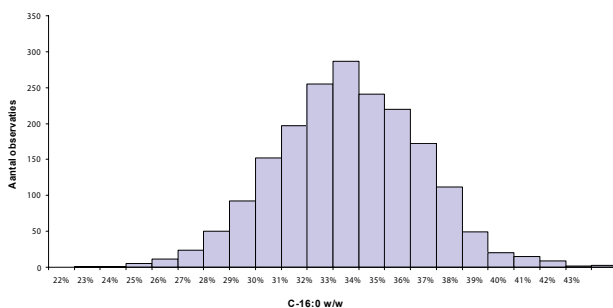
De tijd dat melk altijd en overal even “wit” moet zijn lijkt voorbij. Differentiatie in de melkveehouderij zal verder toenemen. Naast verbreding; dat is het combineren van melkwinning met andere activiteiten, zoals recreatie, kan differentiatie op het niveau van de melkveehouderij ook gerealiseerd worden door verschil in bedrijfsvoering (biologische melkwinning), in regio (NH kaas) of in melksamenstelling. Differentiatie op melksamenstelling is een nieuwe ontwikkeling waarvan nog weinig voorbeelden zijn. Campina heeft als eerste zuivelonderneming melk geïntroduceerd waarvan het percentage onverzadigd vet door verandering van het veevoer is verhoogd. In principe kunnen we op twee manieren de samenstelling van rauwe melk beïnvloeden, dat is door aanpassing van het veevoer en door gerichte selectie van melkvee op basis van genetische aanleg. De veredeling van het melkvee was in het verleden vooral gericht op verhoging van de melkopbrengst en de gehalten aan eiwit en vet. Hierop is immers de melkprijs gebaseerd. Dat we hier succesvol mee geweest zijn blijkt uit het feit niet alleen de

melkproductie per koe is toegenomen maar ook de gehalten aan vet en eiwit (15).

Sinds het bekend worden van het totale genoom van de koe, is de fokkerij een nieuw tijdperk in gegaan. Op verschillende plaatsen in de wereld wordt naarstig gezocht naar genen die verantwoordelijk zijn voor de melksamenstelling. Deze kennis zal de fokkerij in een stroomversnelling brengen omdat al in een heel vroeg stadium van het selectieproces kan worden vastgesteld of de nakomeling het gen bezit dat bepalend is voor de gewenste samenstelling. Men hoeft niet, zoals tot nu toe het geval is, twee tot drie jaar te wachten om te zien of de eerste melk van de nakomeling het beoogde resultaat heeft.

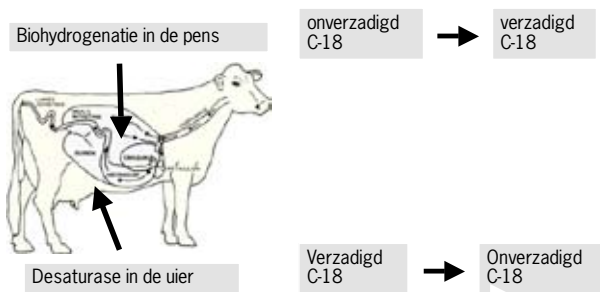
In het project Melk op Maat dat onder leiding staat van professor Johan van Arendonk onderzoeken de leerstoelen Genetica en Zuivelkunde samen met de zuivelindustrie en Holland Genetics de genetische achtergrond van de variatie in de samenstelling van de Nederlandse melk. Van 2000 koeien hebben we de vetzuursamenstelling en de eiwitsamenstelling gemeten. Deze 2000 koeien zijn zorgvuldig geselecteerd op afstamming zodat we de erfelijkheid van elke component kunnen bepalen. De erfelijkheid en de variatie bepalen de uiteindelijke potentie om via selectie van melkvee op basis van genetische aanleg de melksamenstelling te kunnen aanpassen. Als voorbeeld laat ik u het resultaat van het vetzuur palmitinezuur zien. Palmitinezuur is een verzadigd vetzuur met een lengte van 16 koolstofatomen. We noemen het daarom kortweg C16. Uit voedingskundig onderzoek is gebleken dat C16 het LDL-cholesterol bij mensen kan verhogen en dat is ongewenst in verband met een verhoogd risico op hart en vaatziekten. Om deze reden zou een verla-

ging van C16 in melkvet voedingskundig interessant zijn. Melkvet bestaat voor ongeveer 33% uit C-16. In de volgende figuur zien we de spreiding van de concentratie in de melk van de 2000 koeien (16).



De laagst voorkomende concentratie C-16 is 23%, de hoogste 43%. De erfelijkheid is 0,46 dat wil zeggen dat 46% van de variatie verklaard wordt uit genetische aanleg. Dit is voldoende om via genetische selectie verlaging van C-16 te realiseren. Maar we hebben ook gevonden dat minder C-16 gepaard gaat met meer andere verzadigde vetzuren die een kortere ketenlengte hebben. Zover nu bekend is, zijn deze korte keten vetzuren niet cholesterolverhogend, maar ze vallen wel onder de huidige definitie van verzadigd vet en moeten dus op de verpakking worden gedeclareerd. Verlaging van C-16 in melk is voedingskundig relevant, maar wordt de huidige definitie van verzadigd vet niet gewaardeerd. Het wordt tijd dat we de aantrekkelijkheid van de eenvoud – verzadigd vet verkeerd - vervangen door de wetenschappelijke realiteit van de nuances van vandaag

Verandering van de melksamenstelling via veevoer is ook mogelijk. Aan de eiwitsamenstelling kunnen we met het veevoer niet veel veranderen omdat dat vooral genetisch bepaald wordt. Wel kunnen we het gehalte aan bepaalde vetzuren wijzigen door aanpassing van het veevoer. Wanneer we de koe meer onverzadigde vetten geven weten we dat het gehalte aan onverzadigd vet in de melk ook toeneemt, maar de relatie is complex. Een koe houdt niet van onverzadigde vetten. Of beter gezegd de micro-organismen in de pens van de koe houden niet van onverzadigde vetten vanwege de pro-oxidatieve werking waardoor deze in hun groei geremd worden. In de pens van de koe zitten miljarden bacteriën die de koe helpen haar voer te verteren. Zonder deze micro-organismen zou een koe niet kunnen leven want ze zetten de cellulose uit het gras om in bruikbare voedingsstoffen.



Om te snappen hoe een koe met vet om gaat, moeten we weten wat er in de pens en in de uier gebeurt. Om niet te veel beschadigd te worden door onverzadigde vetten hebben de pensbacteriën een enzymstelsel voorhanden dat de onverzadigde vetzuren uit het voer voor het grootste deel omzet naar het verzadigde stearinezuur. Dit proces wordt

biohydrogenatie genoemd. In de uier worden nieuwe, vooral korte keten vetzuren gesynthetiseerd. De C-18 vetzuren uit de pens worden via het bloed opgenomen en door het enzym desaturase in de uier weer gedeeltelijk omgezet naar onverzadigde vetzuren. Op deze manier houdt de koe controle over de vetsamenstelling en daarmee op het vloeibaar blijven van het vet bij lichaamstemperatuur. Samen met de groep van professor Wouter Hendriks van Veevoeding zijn we een onderzoek gestart om het proces van biohydrogenatie in de pens en desaturase in de uier beter te begrijpen. Ook verwachten we dat we door veevoer de concentratie van bepaalde vitaminen en mineralen in de melk kunnen veranderen. Dit is echter nog een zeer onontgonnen gebied waar het onderzoek nog voor opgestart moet worden.

### **3.3 Diergezondheid**

Zowel bedrijfseconomisch als maatschappelijk is een verhoogde aandacht voor de gezondheid en het welzijn van de veestapel gewenst. De koe is een kwetsbare topatlete geworden met een korte productieve levensduur. De gemiddelde gebruiksduur ligt momenteel op 3,5 jaar dus minder dan vier lactatieperiodes. Vooral in de periode dat de koe in een negatieve energiebalans komt, vlak voor en in de periode van hoge melkproductie na het kalven, is ze zeer kwetsbaar. Dit merken we aan problemen met de vruchtbaarheid en aan een verstoring van het immuunsysteem. Mastitis, klauwaandoeningen en vruchtbaarheidsproblemen zijn de drie belangrijke gezondheidsproblemen in de veehouderij. De totale jaarlijkse economische schade als gevolg van deze drie gezondheidsproblemen wordt geschat op meer dan 200 miljoen Euro (17). Dit komt neer op een kostenpost van ongeveer € 150 per koe per jaar. Mastitis is wellicht het grootste gezondheidsprobleem in de melkveehouderij.

De incidentie is hoog en leidt tot een hoog antibioticum gebruik. De oorzaak van mastitis is divers en heeft te maken met hygiëne, huisvesting, voer en methode van melkwinning. Speciaal voor de bestrijding van mastitis heeft de sector het Uier Gezondheids Centrum Nederland opgericht. De doelstelling is de incidentie van mastitis in 5 jaar met 40% te reduceren. Dit is een zeer uitdagende doelstelling. De leerstoel Zuivelkunde is, in samenwerking met de GD en Qlip, nauw betrokken bij het opsporen van mastitis. Door met een gevoelige elektronische neus aan de melk van een koe met mastitis te “ruiken” zijn we in staat de bacterie, die verantwoordelijk is voor de uierinfectie, te identificeren. Het patroon van de vluchtige metabolieten van stafylokokken is anders dan van streptokokken en E.coli. Het identificeren van de veroorzaker is belangrijk voor een doelgerichte medicatie. Volgend jaar hopen we deze nieuwe gepatenteerde methode operationeel te hebben. Maar we willen nog een stap verder gaan en zoeken naar mogelijkheden om uit de melksamenstelling de gezondheidsstatus van de koe af te leiden door een aantal componenten te meten die met een immunologische respons te maken hebben, dat zijn bijvoorbeeld de cytokines en de immuunglobulinen. Je kunt dit vergelijken met het “fingerprinten” van bloed.

### **3.4. Voedselveiligheid**

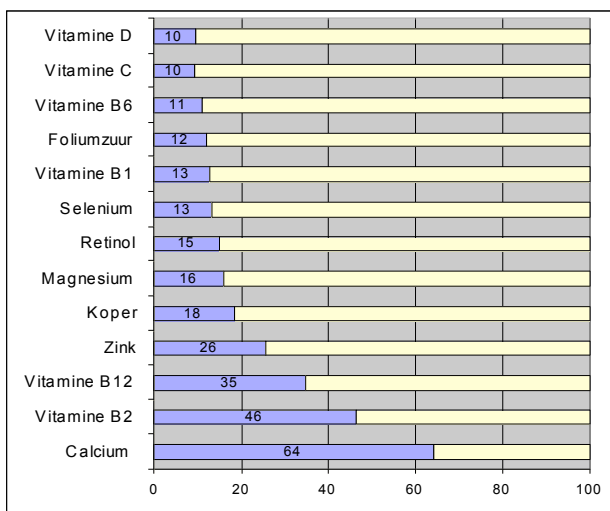
De zuivelsector getroost zich grote inspanningen om de voedselveiligheid te borgen. Al een aantal jaren wordt er gemeenschappelijk onderzoek verricht op dit gebied. Het doel daarbij is om vroegtijdig de risico's in de keten te signaleren en vast te stellen welke beheersmaatregelen nodig zijn. Wat zijn de effecten van schaalvergroting? Welke risico's brengen de reststromen van biobrandstoffen met zich mee? Kunnen ziekteverwekkende bacteriën door de melk op de

mens worden overgedragen? Hoe kunnen we de besmetting met sporenvormers in de melk beperken? Dit zijn typische onderzoeksvragen in dit programma. Het grootste deel van het onderzoek wordt uitgevoerd door het NIZO. De leerstoel Zuivelkunde participeert op enkele meerjaren projecten. Een voorbeeld hiervan is een risicoanalyse van de besmetting van kaas met listeria. Via de techniek van modelleren, dat wil zeggen, via een mathematische benadering van de groeikansen van listeria tijdens het kaasmaken kunnen we voorspellingen doen over het risico van besmetting. Indien we dit risico kennen kunnen we er vervolgens de kwaliteitscontrole op afstemmen. Nu wordt er onnodig veel geld aan controles besteedt omdat we het risico van besmetting onvoldoende kennen en op zeker willen spelen. Ondanks de kracht van modelleringstechnieken wordt er naar mijn overtuiging in de praktijk nog veel te weinig gebruik van gemaakt. De voornaamste reden hiervan is dat de specifieke kennis hierover bij de meeste bedrijven ontbreekt. Risicomodellen waarbij we technische en economische kennis combineren geven veel inzicht in het verband tussen risico en impact. Ook het modelleren van energiestromen in een fabriek zal veel inzicht opleveren waar en hoe energie bespaard kan worden. Wanneer je een goed model ontwikkeld hebt kun je door middel van simulaties relatief eenvoudig bepalen welke beheersmaatregelen het meest effectief zijn.

### **3.5. Melk en gezondheid**

Melk, van grond tot gezond. Wat weten we van de relatie zuivel en gezondheid? Is melk gezond? Stellen we die vraag aan de gemiddelde consument dan zal die daar in de meeste gevallen bevestigend op antwoorden zonder te weten waarom dat zo is.

Wat is de bijdrage van zuivelproducten aan voedingsstoffen in het Nederlandse voedingspatroon? De laatste voedselconsumptiepeiling van 2003 onder jongvolwassenen, dat is de categorie in de leeftijd van 19 tot 30 jaar, laat zien dat zuivelproducten 25% van het eiwit, 18% van het vet en 15% van de energie leveren (18). De bijdrage van zuivel aan verzadigd vet is ongeveer 30%. Dit is de belangrijkste reden voor de aanbeveling van halfvolle en magere zuivelproducten. In de volgende figuur kunnen we zien dat zuivelproducten belangrijke leveranciers zijn van verschillende mineralen en vitaminen.



Bijdrage van Zuivel aan nutriënten (% van inname)

64% van de inname van calcium is afkomstig van zuivelproducten. Maar ook de bijdrage van andere mineralen en sporenelementen zoals magnesium, koper, zink en selenium is voedingskundig relevant. Belangrijk is de hoge bijdrage



aan de B-vitaminen. Zuivelproducten zorgen bijvoorbeeld voor bijna 50% van de dagelijkse inname aan vitamine B2 en voor 35% aan de inname van vitamine B12. Wat verder in deze consumptiepeiling opviel was dat de inname van verschillende vitaminen en mineralen net op of onder de grens van de dagelijkse aanbeveling lag. Bij vrouwen was dat kritischer dan bij mannen. We eten in overvloed, maar ons eetpatroon blijft marginaal ten aanzien van de inname van verschillende noodzakelijke nutriënten. Met het eenzijdige accent van de huidige voorlichting op de voedingsstoffen die je niet moet eten, zoals verzadigd vet, suiker en zout, ben ik bang dat de inname van de essentiële nutriënten nog kritischer zal worden. We moeten de consument ook leren naar de positieve nutriënten in een levensmiddel te kijken en dat doen we naar mijn overtuiging op dit moment te weinig.

Melk draagt relatief veel bij aan de inname van verzadigde vetzuren. Zonder twijfel is met interventieonderzoek aangetoond dat bepaalde verzadigde vetzuren het LDL-cholesterolgehalte verhogen. Op grond van deze studies zou je verwachten dat een hoge zuivelconsumptie een verhoogd risico op hart en vaatziekten geeft, maar epidemiologische studies laten juist zien dat dit niet het geval is (19). Maken andere componenten in zuivelproducten het effect ongedaan? Ik denk dat we in de voedingskunde soms te gemakkelijk over matrixeffecten heenstappen. Dat is begrijpelijk want we willen graag kunnen verklaren hoe de stofwisseling in het lichaam verloopt. Bij interventieonderzoek wordt daarom veelal met enkelvoudige componenten gewerkt en niet met complexe maaltijden omdat causale verbanden dan moeilijk te leggen zijn en het mechanisme van werking slecht ontrafeld kan worden. De vraag die blijft is dan of de uitkomst nog geldig is in het normale eetpatroon. Bij epidemiologi-

sche studies heb je het probleem dat de causaliteit niet altijd duidelijk wordt. Een recent Frans observationeel onderzoek wees uit dat personen met een hoge zuivelconsumptie minder risico hadden op het metaboolsyndroom, maar tevens kwam naar voren dat deze groep beter was opgeleid. Eet je zuivel omdat je slim bent of ben je slim omdat je zuivel eet? Laten we de waarheid voorlopig in het midden houden.

Gezien de combinatie van disciplines is de Wageningen Universiteit als geen andere universiteit in de wereld geëquipeerd om voedingskunde te bedrijven vanuit een complexe holistische benadering.

Nu terug naar de vraag of melk gezond is. Laat ik beginnen met de melkeiwitten, mijns inziens het door de zuivelindustrie meest verwaarloosde melkbestanddeel in de communicatie naar de consument. Melkeiwit is kwalitatief een van de beste voedingseiwitten die er bestaat. De bijdrage van melkeiwitten aan de totale inname is nu ongeveer 25%. Hiermee is melk na vlees de grootste leverancier van eiwit in de Nederlandse voeding. Melkeiwitten bevatten in voldoende mate alle essentiële aminozuren, de bouwstenen van eiwit. Volgens de WHO/FAO methode van de PDCAAS, een maat voor de kwaliteit van eiwitten voor de mens, is melkeiwit met een waarde van 1,21 het best scorende eiwit.<sup>(20)</sup> Dan volgen de eiwitten uit ei (1,18), aardappel (0,99), vlees (0,92), soja (0,91) en tarwe (0,42). Als de score 1 is, bevat het eiwit in voldoende mate alle essentiële aminozuren. Tarwe-eiwit scoort relatief laag omdat het tekort heeft aan het aminozuur lysine. Melkeiwit is daar juist rijk aan waardoor de combinatie van brood en melk gunstig is. Een broodje kaas is dus nog niet zo verkeerd. Om van tarwe-eiwit een volwaardig eiwit te maken, dat wil zeggen een eiwit dat 1 scoort, moeten we 1 gram tarwe-eiwit combine-

ren met 1,5 gram melkeiwit. Met soja-eiwit heb je vier keer zoveel nodig. Hiermee wordt nog eens aangetoond dat voor de beoordeling van de kwaliteit van eten we het totaal moeten beschouwen en niet de afzonderlijke componenten.

In de voedingskunde wordt gezondheid meestal gedefinieerd als de afwezigheid van ziekten. Om de vraag te beantwoorden of zuivel bijdraagt aan gezondheid kan die vraag vervangen worden door de vraag of de consumptie van zuivelproducten bijdraagt aan het voorkomen van bepaalde ziekten. Voor de Amerikaanse situatie hebben de voedingskundigen McCarron en Heany (21) dit benaderd door een schatting te maken van de besparing in de kosten van de gezondheidszorg wanneer de zuivelconsumptie voldoende hoog zou zijn. Voldoende hoog betekent in Amerika drie of meer porties per dag. In de volgende tabel zien we het resultaat.

Obesitas	37,5
Hypertensie	70
Beroerte	20
Hart en vaatziekten	16,5
Type 2 diabetes	37,5
Osteoporose	14
Nierstenen	2,5
Zwangerschap	15
Darmkanker	0,75
<b>Totaal</b>	<b>\$ 209 miljard</b>

Hier is de cumulatieve besparing van de kosten voor gezondheidszorg over een periode van 5 jaar weergegeven. We zien dat deze onderzoekers concluderen dat er maar liefst 200 miljard dollar aan kosten bespaard zou worden door een hogere zuivelconsumptie. Dit is gelijk aan 140 dollar per

persoon per jaar. We zien dat de effecten het grootst zijn voor obesitas, hypertensie en diabetes type 2. Vooral de relatie tussen voldoende zuivelconsumptie en het voorkomen van hoge bloeddruk is opvallend. Hypertensie is een van de grootste gezondheidsproblemen in de wereld. De vraag is nu of dit resultaat ook op gaat voor Nederland. Waarschijnlijk niet want ons niveau van zuivelconsumptie is hoger. Wat wel aan de orde is of we met de dalende zuivelconsumptie op gebied van gezondheid dreigen in te leveren. Het RIVM heeft recentelijk een schatting gemaakt wat de gevolgen zijn bij te lage consumptie van groenten en fruit. Het zou nuttig zijn om de analyse van McCarron en Heaney op soortgelijke wijze voor de Nederlandse situatie uit te voeren.

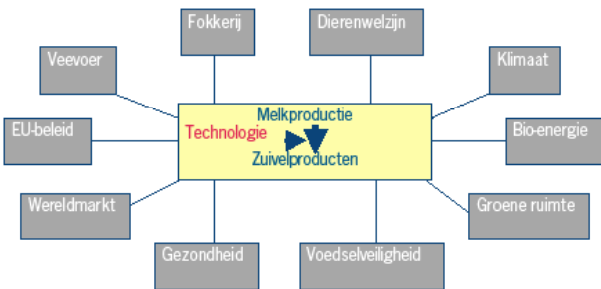
Zuivel heeft vanwege zijn hoge nutriëntendichtheid een goede startpositie voor het ontwikkelen van gezonde producten. Het ontwikkelen van producten met een voedings- of gezondheidsclaim is echter niet eenvoudig en zeer kostbaar omdat gezondheid uiterst moeilijk te bewijzen is. Een grote uitdaging in de voedingskunde is betekenisvolle en eenvoudig meetbare gezondheidparameters te ontwikkelen. Verwachtingsvol kijken we in dit verband uit naar de uitkomsten van het onderzoek op het gebied van nutrigenomics. Als de mist daar is opgetrokken en het omicslandschap is gecultiveerd kunnen we een nieuwe fase in de voeding ingaan, die van het genotypische dieet. Melk op persoonlijke maat .

#### **4. De bijzondere leerstoel Zuivelkunde**

Hoewel de zuivelondernemingen steeds meer R&D zelf uitvoeren, besteedt de sector nog altijd een aanzienlijk bedrag aan gemeenschappelijk onderzoek. Ongeveer 12 miljoen

Euro per jaar. De helft van dit bedrag wordt besteed aan onderzoek voor de primaire sector met als belangrijke thema's management, veevoeding, milieu, melkqualiteit en dierengezondheid. De andere helft wordt besteed aan fundamentele kennisopbouw ten behoeve van innovatie en communicatie. De zuivelindustrie is de grootste industriële partner in het Top Instituut Food & Nutrition. Daarnaast ondersteunt de NZO via het instrument van bijzondere hoogleraren de kennisontwikkeling op gebied van voeding, communicatie en ketenqualiteit. De leerstoel Zuivelkunde is verantwoordelijk voor ketenqualiteit waarbij het accent ligt op het product melk.

Een belangrijk kenmerk van het onderzoek binnen Zuivelkunde is de intensieve samenwerking met andere leerstoelen. Kennis van melk wordt gecombineerd met specifieke disciplinekennis. De volgende figuur illustreert nog eens de geïntegreerde benadering van Zuivelkunde. De kern is de conversie van melk naar zuivelproducten. Hierop zijn een groot aantal factoren van invloed.



Deze complexiteit is niet uniek voor de zuivelketen maar geldt in het algemeen voor voedselketens. Het is belangrijk dat studenten in de levensmiddelentechnologie zich hiervan

bewust zijn. De zuivelketen kan in de opleiding hiervoor model staan.

Sinds 2005 is het weer mogelijk een MSc opleiding in Dairy Science & Technology te volgen. Mijn voorganger professor Jos Lankveld heeft daar de basis voor gelegd met een goed inhoudelijk programma. De MSc opleiding “Dairy Science & Technology is een internationale opleiding die gevolgd kan worden door studenten uit alle landen mits ze de goede vooropleiding hebben en de Engelse taal machtig zijn. Het is de ambitie van de leerstoel Zuivelkunde om binnen Europa de leidende universiteit op het gebied van wetenschappelijk zuivelonderwijs te zijn. In samenwerking met de sterke discipline-gerichte leerstoelgroepen binnen levensmiddelentechnologie moet dat mogelijk zijn. Hiermee versterken we de aantrekkingskracht van Food Valley op Europese studenten.

## **5. Dankwoord**

Tot zover een beschouwing over de zuivelketen in relatie met de leerstoel. Als laatste wil ik nog een woord van dank richten aan hen die hebben bijgedragen aan het feit dat ik u vandaag als hoogleraar Zuivelkunde mag toespreken.

Als eerste wil de Raad van Betuur bedanken voor het in mij gestelde vertrouwen. Hierin wil ik graag de toetsingscommissie betrekken in de persoon van de voorzitter Professor Johan van Arendonk.

Als tweede wil ik de directievoorzitter van Campina, Tiny Sanders, bedanken voor de ruimte die hij mij gegeven heeft mijn functie als directeur Research bij Campina te combi-

neren met het die van bijzonder hoogleraar. Hiervoor ben ik ook veel dank verschuldigd aan de R&D/QA managers van Campina die enkele belangrijke taken van mij hebben overgenomen om de noodzakelijke ruimte voor Wageningen te creëren. De kennis en ervaring die ik samen met dit team heb opgedaan is van grote waarde voor mijn werk aan de universiteit. Speciaal wil ik Suzan Horst danken dat ze met zoveel inzet het kwaliteitsmanagement van me heeft overgenomen

Het bestuur en de directie van de Nederlandse Zuivel Organisatie wil ik bedanken dat ze mij voor dit hooglerschap hebben voorgedragen. Het is voor mij een grote eer het vertrouwen te hebben van de Nederlandse zuivelindustrie. Met veel inzet zal ik proberen de verwachtingen waar te maken.

Beste collega's van de WUR, velen van jullie ken ik al uit vroegere contacten en nieuwe collega's heb ik het afgelopen halfjaar leren kennen. Zoals al gezegd heeft de leerstoel de totale zuivelketen, van grond tot gezond, als beschouwinggebied. Dit heeft een groot voordeel want het verplicht me intensief samen te werken met andere leerstoelgroepen die vanuit een disciplinebenadering gespecialiseerd zijn op onderdelen van de keten. In de korte periode dat ik in functie ben is deze samenwerking voor mij motiverend en verrijkend geweest.

De leerstoel Zuivelkunde is ondergebracht bij de leerstoelgroep Productontwerpen en Kwaliteitskunde die onderleiding staat van Tiny van Boekel. Beste Tiny, we kennen elkaar al uit onze studententijd. Beiden hebben we een warm hart voor deze universiteit. Voor jou was het onvermijdelijk om professor te worden voor mij is het meer de toevallige

omstandigheid geweest waardoor ik deze kans kreeg. Het deed me goed van begin af aan te merken dat ik welkom bij je was. Jij en je medewerkers hebben er voor gezorgd dat ik een zachte landing in de universitaire wereld kon maken.

Beste Hein van Valenberg. Met jou heb ik het bijzonder getroffen. Jij bent een geboren docent die met veel enthousiasme en kennis colleges geeft, practica verzorgt en afstudeerders en AIO- studenten begeleidt. Een groot voordeel is dat jij iedereen in de zuivelwereld kent waardoor afstudeeronderwerpen veelal in samenwerking met bedrijven en andere kennisinstellingen kunnen worden uitgevoerd. Samen met onze AIO's, Jeroen, Kasper, Bart, Esther, Gao en Antoon raak ik steeds meer overtuigd dat Dairy Science & Technology zich een blijvende internationale erkenning zal verwerven.

Graag wil ik nog twee personen bedanken die een doorslaggevende rol gespeeld hebben in mijn wetenschappelijke vorming en loopbaan. Op de eerste plaats professor Pieter Walstra. Beste Pieter door jou ben ik in de zuivel terecht gekomen. Later tijdens mijn promotieonderzoek op het NIZO heb je me steeds weer verbaasd met je ontzaglijke kennis over het vakgebied. Ik heb veel van je geleerd. Op de tweede plaats ben ik veel dank verschuldigd aan professor Jos Lankveld, mijn voorganger op deze leerstoel. Beste Jos, lang geleden hebben onze wegen zich gekruist en sindsdien heeft het lot ons verbonden. Toeval of onvermijdelijkheid? Het feit is dat dit de derde keer is dat ik je opvolg. En het bevalt me goed. Op de jouw bekende wijze heb je op Zuivelkunde iets neergezet waarop je trots mag zijn. Een betere start had ik me niet kunnen wensen.



Tenslotte mijn gezin, Annelies, Aukje, Inge, Bernard, Meerten en Karin. Jullie liefde, ondersteuning en kritische opmerkingen brengen het noodzakelijke evenwicht in mijn leven. Daarom dank ik jullie het allermeest.

Geachte aanwezigen ik dank u voor uw aandacht.  
Ik heb gezegd.

## Referenties.

1. M.G.A. van Leeuwen. Het Nederlandse agrocomplex 2006. Rapport 5.06.10, LEI, Den Haag, november 2006.
2. M. Voorbergen. Challenging times in global dairy –A European perspective. Zenith Global Dairy Congress, March 28, 2007.
3. European Commission, Directorate-General for Agriculture and Rural Development. Prospects for agricultural markets and income in the European Union 2007-2014. July, 2007.
4. Productschap Zuivel. Statistisch jaaroverzicht 2006, Melkveehouderij, Hoofdstuk 2, Tabel 3.
5. R. de Bie. Druk op de grasmat. Vroeger en nu, 200 jaar statistiek in tijdreeksen. CBS/Rijksuniversiteit Groningen, Amsterdam 2000.
6. Productschap Zuivel 1956 – 2006. Vijftigjarig Jubileumboek, januari 2007.
7. S. van Bercum, C.J.A.M. de Bont, F.F.M. Helming en W. van Everdingen. Europees zuivelbeleid in de komende jaren; wegen naar afschaffing van de melkquotering. Rapport 6.06.12, LEI, Den Haag, 2006.
8. K. de Bont en W. van Everdingen. Koeien in de wei? Het worden er steeds minder. LEI, Agri-Monitor, september 2004.
9. J. Bieleman. Van boerenbedrijvigheid naar “Agri-Business”; De Nederlandse landbouw in de 20<sup>e</sup> eeuw. Symposium Boerderijbouw 1850-1940. Wageningen, november, 2005.
10. K. de Koning. Wageningen UR Animal Science Group, Lelystad. Persoonlijke communicatie.

11. P. Willemsens en K.de Wit. De bakermat van de Nederlandse zuivelindustrie. Uitgever: ing. K.C. de Wit, Gorssel, april, 1995.
12. S. Oldenhof. Uitgebreide Energiestudie Zuivelindustrie, SenterNovem B.V. Uitgevoerd door KWA Bedrijfsadviseurs B.V., Rapportnummer 2308080DR02, juli 2004.
13. L.P.L.M. Rbou, E.P. Deurwaarder, H.W. Elbersen en E.L. Scott. Biomassa in de Nederlandse energiehuishouding in 2030. Platform Groene Grondstoffen, januari 2006.
14. P.M. Leltz en J.M. Vroom. Energy Dairy 2025, Melkveehouderij bron van duurzame energie. Stichting Courage, 2006. Gebruikte gegevens zijn ontleend aan diverse studies van R. Schils, Wageningen UR Animal Science Group.
15. Productschap Zuivel
16. W.M. Stoop, J.A.M. van Arendonk, J.M.L. Heck, H.J.F. van Valenberg en H. Bovenhuis. Genetic Parameters for Major Milk Fatty Acids and Milk Production Traits of Dutch Holstein Friesians. Submitted for publication, 2007.
17. G. Benedictus, H. Savelkoul, K. de Vries en J. de Wit. Weerbaar Vee, de potenties van natuurlijke weerstand voor het verbeteren van gezondheid van melkvee. Courage, 2006.
18. M.C. Ocké, K.F.A.M. Hulshof en B.C. Breedveld. Zo eten jongvolwassenen in Nederland. Resultaten van de Voedselconsumptiepeiling 2003. Voedingscentrum, Den Haag, 2004.
19. P.C. Elwood, J.E. Pickering, J.E. Hughes, A.M. Fehily en A.R. Nes. Milk drinking, ischaemic heart disease and ischaemic stroke II. Evidence from cohort studies.

- European Journal of Clinical Nutrition, 28, 711-717, 2004
20. G. Schaafsma. The Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score. Journal of Nutrition, 130. 1865S-1867S, 2000
  21. D.A. McCarron en R.P. Heaney. Estimated Healthcare Savings Associated With Adequate Dairy Food Intake. American Journal of Hypertension, 17, 88-97 2004.