

GENETISCHE VARIANTEN
EN MELKEIGENSCHAPPEN

NRLO-rapport nr. 91/1

Voordrachten van een studiemiddag d.d. 27 september 1990 te Ede, georganiseerd door het Nederlands Instituut voor Zuivelonderzoek (Ede) en de Vakgroep Veefokkerij van de Landbouwniversiteit (Wageningen).

Nationale Raad voor
Landbouwkundig Onderzoek
Postbus 20401
2500 EK 's-Gravenhage
tel.: 070 - 3793653/3793654

INHOUD

pagina

Genetische varianten en melkeigenschappen. Een katalysator voor een gemeenschappelijk beleid van fokkerij en zuivel ?	1
---	---

E.W. Brascamp

Melkeiwitvarianten in de Nederlandse melkveestapel.	3
---	---

H. Bovenhuis, J.A.M. van Arendonk en A.J.M. Verstege

Genetische varianten van melkeiwitten en de eigenschappen van koemelk.	11
--	----

G. van den Berg, P.J. de Koning, J.T.M. Escher en H. Bovenhuis

Fokkerijonderzoek en eiwitproductie	21
-------------------------------------	----

J.A.M. van Arendonk en M.A.M. Groenen

Toekomstig onderzoek aan melk met speciale eiwitsamenstelling.	25
--	----

J.T.M. Wouters

Over de waardering van genetisch gedifferentieerde melksamenstelling.	27
---	----

F. Brouwer

GENETISCHE VARIANTEN EN MELKEIGENSCHAPPEN. EEN KATALYSATOR VOOR EEN GEMEENSCHAPPELIJK BELEID VAN FOKKERIJ EN ZUIVEL ?

E.W. Brascamp

Vakgroep Veefokkerij Landbouwuniversiteit, Postbus 338, 6700 AH Wageningen.

Inleiding

Het onderwerp genetische varianten en melkeigenschappen is als aandachtsveld voor onderzoek en beleid gelegen op het grensvlak van fokkerij en zuivel. Genetische varianten van melkeiwitten zijn voor de fokkerij interessant omdat ze in principe de mogelijkheid bieden om stieren op grond van DNA-onderzoek te selecteren op melkproductiekenmerken. Tot nu toe kan dat alleen op grond van dochterproducties. Voor de zuivel zijn genetische varianten van melkeiwitten interessant omdat ze de geschiktheid van melk als grondstof voor verdere verwerking beïnvloeden. Met name betreft dit de bereiding van kaas.

De achtergronden van bovenstaande twee aspecten -mogelijkheden voor fokkerij en belang voor de zuivel- worden nader belicht in vijf bijdragen aan deze studiemiddag "Genetische varianten en melkeigenschappen".

In dit openingswoord worden twee extra punten aangesneden die op het grensvlak van zuivel en fokkerij van belang zijn.

Hoe selectie op bepaalde varianten te bereiken

Veronderstel dat een conclusie van de middag luidt dat bepaalde melkeiwitvarianten voor de zuivel interessant zijn en er foktechnisch voor gezorgd kan worden dat die meer voorkomen, hoe kan dan beleid daartoe worden bevorderd. Een eerste bouwsteen voor zo'n discussie is dat het voor de melkveehouder interessant moet worden gemaakt om melk te produceren met gewenste varianten. Dit betekent dat het financiële belang voor de zuivel bekend moet zijn en dat dit op een of andere manier moet worden doorgegeven aan de melkveehouder. Dit te doen op basis van analyse van aangeleverde melk lijkt niet de aangewezen weg. Misschien dat nabetaling op basis van afstamming van koeien een aanknopingspunt biedt. Een tweede bouwsteen is dat selectie nooit gericht kan zijn op de melkeiwitvarianten alleen. Selectie is een afwegingsproces van vele kenmerken van koe en stier en aandacht voor melkeiwitvarianten zal hoogstens één van de aspecten zijn die meespeelt. Dit betekent dat de frequenties van de varianten slechts geleidelijk zullen veranderen.

Differentiatie van het fokdoel

Tot nu toe zijn gewenste ontwikkelingen in de fokkerij steeds vertaald in beleid voor de gehele melkveepopulatie. Omdat bepaalde melkeiwitvarianten vooral interessant zijn voor de kaasproductie ligt het voor de hand na te denken over kaasmelk en andere melk en over het opsporen van specifieke

melkleverende bedrijven. Iets anders is het of het fokken in de richting van twee verschillende populaties koeien zinvol is. Discussie daarover is niet uitgebreid gevoerd. Mijn indruk is desalniettemin dat de kosten van zo'n operatie de baten verre overschrijden. Bovendien is de variatie binnen het aanbod voldoende groot. Interessant echter is het perspectief dat geboden wordt door klonen. Vanaf het moment dat de kloontechniek praktisch toepasbaar is, zal de structuur van de melkveestapel waarschijnlijk veranderen. Enerzijds een klein aantal basisfokbedrijven met koeien waarbinnen een fok- en selectieprogramma wordt uitgevoerd met daarnaast melkproductiebedrijven die bevolkt zijn met klonen. Ook binnen dergelijke basisfokbedrijven lijkt een differentiatie van fokdoel niet voor de hand te liggen. Op melkproductiebedrijven is de situatie echter anders. Omdat in principe alle koeien op een melkproductiebedrijf een copie van één koe in een basisfokbedrijf kunnen zijn behoort differentiatie tussen bedrijven duidelijk tot de mogelijkheden. Er is tenslotte maar één bijzondere moeder nodig met gewenste eigenschappen voor een bepaalde produktielijn in de zuivel.

Fokbeleid is een zaak voor fokkerij en zuivel

Uit het bovenstaande volgt dat voor de toekomst in sterkere mate dan tot nu toe fokbeleid een gemeenschappelijk belang is van fokkerij en zuivel. Het is dan ook van groot belang voor Nederland als belangrijk zuivelland dat gekomen wordt tot structureel overleg tussen veehouderij en zuivel over te voeren fokkerijbeleid en te stimuleren onderzoeksactiviteiten.

MELKEIWITVARIANTEN IN DE NEDERLANDSE MELKVEESTAPEL.

Henk Bovenhuis, Johan A.M. van Arendonk en Esther J.M. Verstege

Vakgroep Veefokkerij Landbouwniversiteit, Postbus 338, 6700 AH Wageningen

Samenvatting

Melkeiwitvarianten gaan samen met gewijzigde melkverwerkingseigenschappen, in het bijzonder met kenmerken die voor de kaasproductie van belang zijn (Van den Berg, 1990). Vanuit dat oogpunt is het belangrijk om te weten hoe het staat met de frequenties van melkeiwitvarianten in de Nederlandse melkveestapel. Gezien de recente inkruising van zowel de Nederlandse zwartbonte als roodbonte melkveestapel met respectievelijk Amerikaanse zwart- en roodbonten is het ook belangrijk te weten wat het effect is van deze inkruising op de frequenties van melkeiwitvarianten.

In het huidige onderzoek zijn van 10.151 zwartbonte en 580 roodbonte vaarzen melkmonsters onderzocht op genetische varianten van melkeiwitten. De resultaten geven aan dat de Fries Hollandse zwartbonten (FH) verschillen van de Amerikaanse zwartbonten (HF) voor wat betreft de frequenties van β -caseïne varianten. De voor de kaasproductie belangrijke κ -caseïne B variant komt in beide populaties in vrijwel gelijke hoeveelheden voor; een frequentie van 0,17 in de Fries Hollandse populatie en een frequentie van 0,15 in de Holstein Friesian populatie. In het roodbonte MRIJ ras heeft κ -caseïne B een veel hogere frequentie van 0,51. De β -caseïne genfrequenties voor het MRIJ ras vertonen veel overeenkomst met de β -caseïne frequenties voor het Fries Hollandse ras. De andere melkeiwitvariant die gunstig is voor de kaasproductie, β -lactoglobuline B, komt in alle onderzochte populaties voor met een frequentie van circa 0,5.

In vergelijking met een onderzoek uit 1966 lijkt er sprake te zijn van een daling van de κ -caseïne B frequentie in de Fries Hollandse populatie (van 0,34 in 1966 naar 0,17 in het huidige onderzoek). Uit literatuur onderzoek naar het verloop van de κ -caseïne B frequentie in melkveerassen blijkt er geen sprake te zijn van een duidelijk dalende trend. Mogelijk is het geringe aantal onderzochte dieren in het onderzoek uit 1966 een verklaring voor het gevonden verschil met huidig onderzoek.

Gezien de positieve effecten van de β -lactoglobuline en κ -caseïne varianten op de verwerkingseigenschappen lijkt selectie op deze varianten aantrekkelijk. Resultaten van het onderzoek geven aan dat de gunstige varianten in de Nederlandse melkveestapel in redelijke hoeveelheden aanwezig zijn en dat er perspectief is om deze te verhogen. Verder blijkt uit het onderzoek dat kruising van het Fries Hollandse ras met het Holstein Friesian ras geen negatieve invloed op de frequenties van de gunstige eiwitvarianten heeft gehad. Voordat er echter sprake kan zijn van daadwerkelijke selectie op melkeiwitgenotypen is het wenselijk dat er duidelijkheid komt over de relaties met melkproductiekenmerken. Op dit moment zijn hierover uit het huidige onderzoek nog geen gegevens beschikbaar. Omdat van fokstieren de vererving van melkproductiekenmerken bekend is bestaat de mogelijkheid om die fokstieren te gebruiken die de gunstige melkeiwitvarianten vererven. Met de selectie

van proefstieren of stiermoeders op melkeiwitgenotypen moet worden gewacht tot resultaten met betrekking tot associaties van genetische varianten met productietekenen bekend zijn. Het belang dat door de veehouders in hun selectiebeleid zal worden gehecht aan genetische varianten van melkeiwitten is volledig afhankelijk van een differentiatie van de melkprijs.

Inleiding

Melkeiwit kan worden onderverdeeld in caseïnes en wei-eiwitten. De caseïnes kunnen op hun beurt worden onderscheiden in α_{s1} -, α_{s2} -, β - en κ -caseïne. De belangrijkste wei-eiwitten zijn β -lactoglobuline en α -lactalbumine. Elk van deze eiwitfracties is het product van één gen wat betekent dat er zich ergens op het erfelijke materiaal een stukje DNA bevindt dat codeert voor deze eiwitfractie. Wanneer er op dat gen een wijziging plaatsvindt (mutatie) dan zal dit leiden tot de productie van een eiwit met een andere aminozuursamenstelling. Dit gen heeft nu verschillende allelen met als gevolg dat in de melk verschillende genetische varianten van melkeiwitten kunnen voorkomen. De mate waarin bepaalde allelen in de populatie voorkomen wordt aangegeven met de (gen)frequentie. Aangezien een koe één allel van de vader en één van de moeder krijgt heeft zij twee allelen voor één gen. Voor een gen met twee allelen (A en B) kan een koe daarom genetisch van het type AA, AB of BB zijn. Is een koe van het type AA dan vinden we in de melk alleen eiwit van het type A. Bij een koe van het type AB vinden we zowel het A- als het B-eiwit.

In Nederland wordt een groot gedeelte van de melk tot kaas verwerkt. De kaasproductiegeschiktheid van de melk is daarom van groot belang. Toen een aantal buitenlandse onderzoeken wees op een relatie tussen melkeiwitvarianten en de geschiktheid van de melk voor de kaasproductie was dit aanleiding om ook in Nederland een onderzoek op te starten. Bij de vakgroep veefokkerij heeft dit geleid tot een project getiteld "Het gebruik van melkeiwitvarianten in de rundveefokkerij". De belangrijkste doelstellingen van dit project zijn;

- 1) Het kwantificeren van het voorkomen van genetische varianten van melkeiwitten in de Nederlandse melkveepopulaties waarbij in het bijzonder aandacht zal worden besteed aan de invloed van het kruisen met Holstein Friesians.
- 2) Het kwantificeren van de relaties tussen melkeiwitgenotypen en melkproductietekenen (kg melk, vet- en eiwitgehalte).
- 3) Het evalueren van het belang van melkeiwitvarianten in een fokprogramma.

In deze bijdrage zal worden ingegaan op resultaten naar aanleiding van de eerste doelstelling. Aangaande doelstelling 2 en 3 zijn er op dit moment nog geen resultaten te melden.

Materiaal

In het kader van het onderzoek zijn er van 10.151 zwartbonte vaarzen melkmonsters onderzocht. De vaarzen zijn dochters van 37 fokstieren en 77 proefstieren. Melkmonsters zijn verzameld op in totaal 2.618 verschillende bedrijven. Het gemiddelde Holstein Friesian bloedaandeel van de zwartbonte vaarzen is 63%. Naast melkmonsters van zwartbonte vaarzen zijn er 580 melkmonsters van roodbonte vaarzen

onderzocht. Deze vaarzen zijn dochters van 41 proefstieren en staan op 520 verschillende bedrijven. De roodbonte vaarzen hebben een gemiddeld Holstein Friesian bloedaandeel van 28%.

Methode

Al de melkmonsters zijn onderzocht op genetische varianten van melkeiwitten met behulp van isoelectrische focusering (Bovenhuis en Verstege, 1989). De genfrequenties zijn geschat met behulp van de maximum likelihood methode. Deze wiskundige methode heeft ten opzichte van de vaak gehanteerde methode van gene counting het voordeel dat er gecorrigeerd kan worden voor een aantal factoren die storend kunnen werken op de schattingen van genfrequenties. In het huidige onderzoek is er gecorrigeerd voor de verschillen in aantal dochters per stier, de kans op fouttyperingen en het Holstein Friesian bloedaandeel van de dieren. Door rekening te houden met het Holstein Friesian bloedaandeel was het mogelijk om zowel genfrequenties van de oorspronkelijke Nederlandse rassen (Fries Hollands en MRIJ) als van de geïmporteerde Holstein Friesian dieren te schatten (voor gedetailleerde informatie over de schattingsmethode zie Bovenhuis en Van Arendonk, 1990).

Resultaten

In tabel 1 staan de resultaten van de genfrequentieschattingen voor de Nederlandse zwartbonte en roodbonte melkveestapel. Aangezien er in beide gevallen sprake is van een kruisingspopulatie is er onderscheid gemaakt voor de zwartbonte melkveestapel naar genfrequenties voor het Fries Hollandse (FH) en het Holstein Friesian ras (HF) en voor de roodbonte melkveestapel naar het MRIJ en het Red Holstein Friesian (RHF) ras. Tussen haakjes staan de benaderde schattingsfouten voor de genfrequenties vermeld.

Zwartbont

De resultaten in tabel 1 geven aan dat er geringe verschillen bestaan in genfrequenties voor α_{s1} -caseïne tussen de FH en de HF populatie. In beide populaties komt het C-allel voor met een lage frequentie. De genfrequentieschattingen voor β -caseïne vertonen aanzienlijke verschillen tussen de Fries Hollandse en de Holstein Friesian populatie. In de Fries Hollandse melkveestapel zien we dat het β -caseïne A¹-allel voorkomt met een frequentie van 0,77 terwijl het A²-allel een veel lagere frequentie heeft van 0,15. Vergelijken we deze resultaten met de genfrequenties in het Holstein Friesian ras dan zien we dat hier β -caseïne A¹ (0,46) en A² (0,50) in vrijwel gelijke mate voorkomen. Uit de vergelijking valt verder de hogere β -caseïne B frequentie voor het FH ras op (0,07 tegenover 0,03 voor de Holstein Friesians). Genfrequenties voor κ -caseïne blijken nauwelijks te verschillen tussen beide populaties; de κ -caseïne B frequentie lijkt iets hoger te zijn in de Fries Hollandse populatie (0,17 vs 0,15 voor het HF ras). Voor β -lactoglobuline zien we dat het HF ras een hogere frequentie voor het B-allel (0,57 vs 0,47 voor het FH ras) heeft.

Tabel 1. Maximum likelihood genfrequentie schattingen (met benaderde schattingsfouten) voor genetische varianten van melkeiwitten in de rassen die voorkomen in de Nederlandse zwartbonte- en roodbonte melkveestapel.

	ZWARTBONT		ROODBONT	
	fries hollands	geïmporteerde holstein friesians	geïmporteerde mrij	red holstein friesians
α_{s1} -Caseïne				
B	0,98(0,01)	0,95(0,01)	1,00(0,07)	0,94(0,17)
C	0,02(0,01)	0,05(0,01)	0,00(0,07)	0,06(0,17)
β - Caseïne				
A ¹	0,77(0,02)	0,46(0,03)	0,79(0,06)	0,66(0,15)
A ²	0,15(0,02)	0,50(0,03)	0,19(0,06)	0,29(0,15)
A ³	0,01(0,01)	0,01(0,01)	0,01(0,02)	0,02(0,04)
B	0,07(0,01)	0,03(0,01)	0,01(0,01)	0,03(0,03)
κ - Caseïne				
A	0,83(0,01)	0,85(0,02)	0,49(0,07)	0,51(0,16)
B	0,17(0,01)	0,15(0,02)	0,51(0,08)	0,47(0,17)
D	-	-	0,00(0,09)	0,02(0,11)
β - Lactoglobuline				
A	0,53(0,02)	0,43(0,03)	0,48(0,08)	0,38(0,17)
B	0,47(0,02)	0,57(0,03)	0,52(0,08)	80,62(0,17)

Roodbont

Aangezien de resultaten voor de roodbonte populatie in vergelijking met die bij zwartbont gebaseerd zijn op aanzienlijk minder dieren zijn de genfrequentieschattingen ook onnauwkeuriger. Omdat het gemiddelde RHF bloedaandeel van de roodbonte dieren slechts 28% is geldt dit in het bijzonder voor genfrequentie schattingen in de RHF populatie. Duidelijke uitspraken over de invloed van inkruising met RHF op de melkeiwit genfrequenties in de roodbonte populatie kunnen op grond van deze gegevens dan ook niet worden gedaan. De tendens is dat de RHF dieren een hogere α_{s1} -caseïne C frequentie hebben dan de MRIJ dieren. Verder heeft de MRIJ populatie een hogere β -caseïne A¹ en een lagere β -caseïne A² frequentie dan de RHF populatie. Het blijkt dat de genfrequenties in de MRIJ populatie voor β -caseïne veel overeenkomsten vertonen met de resultaten voor het FH ras; een hoge frequentie voor het β -caseïne A¹-allel (0,79) en een lage frequentie voor β -caseïne A² (0,19). Afwijkend van het FH ras is

Tabel 2. Melkeiwitgenfrequenties en het aantal onderzochte dieren zoals die gelden voor de onderzoeken van Schmidt (1966) en Roest (1974).

	Schmidt (1966)		Roest (1974)*
	MRIJ	FH	FH
α_{s1} -caseïne			
Aantal dieren	272	693	
B	0,98	0,98	
C	0,02	0,02	
β -caseïne			
Aantal dieren	272	693	701
A**	0,92	0,91	0,96
B	0,08	0,09	0,04
κ -caseïne			
Aantal dieren	91	164	
A	0,54	0,66	
B	0,46	0,34	
β -lactoglobuline			
Aantal dieren			701
A			0,43
B			0,57

* Melkmonsters dateren uit 1964.

** De β -caseïne A¹-, A²- en A³-allelen zijn niet onderscheiden.

echter de lage β -caseïne B frequentie voor MRIJ (0,01, vergeleken met 0,07 in het FH ras). Opmerkelijk is de hoge κ -caseïne B frequentie voor het MRIJ ras (0,51). Vergeleken met andere melkveerassen neemt het MRIJ-ras hiermee een unieke positie in. De κ -caseïne B frequentie lijkt iets lager in de RHF populatie. Verder zien we voor κ -caseïne dat er naast de gebruikelijke κ -caseïne varianten (A en B), een κ -caseïne D variant in de roodbonte populatie voorkomt. De β -lactoglobuline varianten A en B komen ook in de MRIJ populatie voor met een vrijwel gelijke frequentie.

Discussie

Een eerste onderzoek naar het voorkomen van genetische varianten van caseïnes in de Nederlandse melkveestapels is uitgevoerd door Schmidt (1966). Later is er door Roest (1974) een onderzoek uitgevoerd naar het voorkomen van β -caseïne en β -lactoglobuline varianten. Dit laatste onderzoek betrof een analyse van ingevroren monsters uit 1964. Vergelijken we de resultaten vermeld in tabel 2 met de resultaten in tabel 1 dan valt op dat in 1966 de κ -caseïne B frequentie voor het Fries Hollandse ras 0,34 bedroeg terwijl die op dit moment 0,17 is. Een verklaring voor de gewijzigde κ -caseïne frequenties is niet

Tabel 3. Het verloop over de tijd van κ -caseïne B frequenties in een aantal melkveepopulaties.

Ras	Land	κ -Cn B frequentie	κ -Cn B frequentie
Rode Deen	Denemarken	0,26 (1966) ⁵	0,19 (1990) ¹
MRIJ	Nederland	0,46 (1966) ⁷	0,51 (1990) ²
Zwartbont	Duitsland	0,12 (1974) ⁴	0,25 (1990) ₆
Zwartbont	Denemarken	0,32 (1966) ⁵	0,15 (1990) ¹
Zwartbont	U.S.A.	0,15 (1965) ⁸	0,20 (1977) ³
Zwartbont	Nederland	0,34 (1966) ⁷	0,17 (1990) ²

1) Bech en Kristiansen (1990), 2) Bovenhuis en Van Arendonk (1990), 3) Hines et al. (1977), 4) Kammer en 2 Gelderman (1974), 5) Larsen en Thyman (1966), 6) Meyer et al. (1990), 7) Schmidt (1966), 8) Woychik (1965)

direct uit de resultaten van dit onderzoek af te leiden. Wel blijkt uit het huidige onderzoek dat de gedaalde κ -caseïne B frequentie niet kan worden toegeschreven aan de inkruising met Holstein Friesians. Om de resultaten van het huidige onderzoek in de juiste verhouding te zien moet worden opgemerkt dat in het onderzoek van Schmidt (1966) 164 zwartbonte dieren voor κ -caseïne zijn getypeerd. Zoals Schmidt (1966) zelf opmerkt waren er in het destijds verzamelde materiaal aanzienlijke regionale verschillen in genfrequenties. Deze kunnen het gevolg zijn van het regionaal gebruik van een gering aantal stieren. Schmidt (1966) geeft verder aan dat mogelijk enkele zwartbonte dieren het resultaat zijn van vroegere kruisingen met het MRIJ ras. Een negatief verband tussen κ -caseïne B en een kenmerk waarop selectie plaatsvindt zou een mogelijke verklaring voor de gedaalde κ -caseïne B frequentie kunnen zijn. Indien dit het geval is dan verwachten we ook bij andere melkveerassen, waarin op soortgelijke wijze geselecteerd is, een daling van de κ -caseïne B frequentie. In tabel 3 is het verloop van de κ -caseïne B frequentie in een aantal melkveepopulaties weergegeven. Bij de in tabel 3 vermelde onderzoeken moet worden opgemerkt dat het met name bij de onderzoeken uit de jaren zestig veelal kleine aantallen dieren op een gering aantal bedrijven betreft. Ook het recente Deense onderzoek heeft betrekking op een gering aantal dieren (169 Rode Denen en 223 zwartbonten) op slechts 8 bedrijven. Uit de literatuur is bekend dat bemonstering op een gering aantal bedrijven storend kan werken op de genfrequentieschattingen (Aschaffenburg, 1968; McLean et al., 1984).

De resultaten in tabel 3 geven geen duidelijke trend weer wat betreft het verloop van de κ -caseïne B frequentie. In enkele populaties lijkt de κ -caseïne B frequentie flink gedaald terwijl er in andere populaties juist sprake lijkt te zijn van een stijging. Ook in de MRIJ populatie lijkt de κ -caseïne B frequentie gestegen; van 0,46 in 1966 naar 0,51 op dit moment. Concluderend mogen we stellen dat de resultaten in tabel 3 geen reden geven om aan te nemen dat door het gevolgde selectiebeleid er sprake is van een daling van de κ -caseïne B frequentie. Vergelijken we de in het huidige onderzoek gevonden frequenties van de andere melkeiwitgenotypen met de frequenties gevonden in eerder onderzoek dan blijkt dat de α_{s1} -caseïne genfrequenties in de Fries-Hollandse populatie exact overeenkomen met de resultaten gevonden door Schmidt (1966). Voor β -caseïne is in het onderzoek uitgevoerd in de jaren zestig geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende β -caseïne A varianten. De β -caseïne B genfrequentie

in de Fries Hollandse populatie (0,07) bevindt zich in de range aangegeven door Roest (1974) en Schmidt (1966) (0,04 - 0,09). Voor het MRIJ ras lijkt er in de loop der jaren een daling te zijn opgetreden in de β -caseïne B frequentie: van 0,08 in 1966 naar 0,01 op dit moment. De β -lactoglobuline B frequentie gevonden door Roest (1974) in het FH ras blijkt iets hoger te liggen (0,57) dan de frequentie gevonden in het huidige onderzoek (0,48).

Relaties met melkproductiekenmerken

Op dit moment zijn er uit het huidige onderzoek geen resultaten beschikbaar over relaties tussen melkeiwitvarianten en melkproductiekenmerken. Omdat deze relaties toch belangrijk zijn in de discussie omtrent de betekenis van melkeiwitvarianten in de rundveefokkerij is enige aandacht hiervoor op zijn plaats. In de literatuur zijn een groot aantal onderzoeken over dit onderwerp gepubliceerd. Resultaten van deze onderzoeken zijn echter lang niet altijd eensluidend. Enerzijds kan dit verklaard worden omdat veel onderzoeken betrekking hebben op een gering aantal dieren waardoor effecten van melkeiwitgenotypen onnauwkeurig worden geschat. Anderzijds moet worden opgemerkt dat bij de uitgevoerde statistische analyses in veel studies niet is gecorrigeerd voor stieren. Recent onderzoek van Hemmink (1990) geeft aan dat correctie voor stieren grote gevolgen kan hebben voor de grootte van de melkeiwitgenotype effecten op melkproductiekenmerken. De in de literatuur vermelde resultaten moeten daarom met de nodige voorzichtigheid worden gebruikt. Er zal dan ook alleen melding worden gemaakt van effecten die in diverse publicaties als zijnde significant worden aangemerkt. Eén van deze effecten is die van β -lactoglobuline op het vet percentage. De B variant van β -lactoglobuline lijkt samen te gaan met een hoger vet percentage in de melk. Verder gaat de A variant van β -lactoglobuline samen met een iets hoger eiwit percentage. De κ -caseïne B variant lijkt ook samen te gaan met een iets hoger eiwitgehalte.

Selectie op melkeiwitvarianten

Gezien de positieve effecten van bepaalde melkeiwitvarianten op de verwerkingseigenschappen lijkt selectie op deze varianten aantrekkelijk. De genfrequenties geven aan dat de gunstige varianten in de Nederlandse melkveestapel aanwezig zijn en dat er perspectief is om de frequenties voor de gunstige varianten te verhogen. Voordat er sprake kan zijn van daadwerkelijke selectie op melkeiwitgenotypen is het wenselijk dat gegevens over relaties met productiekenmerken beschikbaar komen. Wanneer er sprake is van fokstieren, met een bekende fokwaarde, dan is het op dit moment al mogelijk om die stieren te gebruiken die de gunstige eiwitvarianten bezitten. Als op de INET moet worden toegegeven om fokstieren met de gunstige eiwitvarianten te kunnen gebruiken dan zal men zich moeten realiseren dat dit op dit moment niet resulteert in een hogere melkprijs. Vanwege mogelijke negatieve relaties met melkproductiekenmerken moet selectie van proefstieren of stiermoeders op melkeiwitgenotypen op dit moment worden afgeraden.

Dankwoord

Een woord van dank is op zijn plaats aan het N.R.S. voor het verstrekken van de registratiegegevens, aan de KI-verenigingen voor de financiële ondersteuning van dit project, aan de VVB's voor het verzamelen van de melkmonsters, aan MONED te Zutphen voor hun medewerking geboden bij het transport van de melkmonsters en aan de vele melkveehouders die hun medewerking hebben verleend aan dit project.

Literatuur

- Aschaffenburg, R., 1968. Reviews of the progress of dairy science. Section G. Genetics. Genetic variants of milk proteins their breed distribution. *J. Dairy Res.* 35:447-460.
- Bech, A-M. en K.R. Kristiansen, 1990. Milk protein polymorphism in Danish dairy cattle and the influence of genetic variants on milk yield. *J. Dairy Res.* 57:53-62.
- Bovenhuis, H. en A.J.M. Verstege, 1989. Improved method for phenotyping milk protein variants by isoelectric focusing using PhastSystem. *Neth. Milk Dairy J.* 43: 447-451.
- Bovenhuis, H. en J.A.M. Van Arendonk, 1990. Estimation of milk protein gene frequencies in crossbred cattle by maximum likelihood method. Submitted for publication in *J. Dairy Sci.*
- Hemmink, J., 1990. Het schatten van de relatie tussen melkeiwitvarianten en melkproductiekenmerken. Scriptie Veefokkerij.
- Hines, H.C., G.F.W. Haenlein, J.P. Zikakis en H.C. Dickey, 1977. Blood antigen, serum protein, and milk protein gene frequencies and genetic interrelationships in Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 60:1143-1151.
- Kammer, W. en H. Gelderman, 1974. Proteinpolymorphismen in der Milch des Deutschen Schwarzbunten Rindes. I Molkenproteine. *Züchtungskunde* 46: 250-256.
- Kammer, W. en H. Gelderman, 1974. Proteinpolymorphismen in der Milch des Deutschen Schwarzbunten Rindes. II Kaseine. *Züchtungskunde* 46: 317-329.
- Larsen, B. en M. Thyman, 1966. Studies on milk protein polymorphism in Danish cattle and the interactions of the controlling genes. *Acta Scand.* 7: 189-205.
- McLean, D.M., E.R.B. Graham, R.W. Ponzoni en H.A. McKenzie, 1984. Effects of milk protein genetic variants on milk yield and composition. *J. Dairy Res.* 51: 531-546.
- Meyer, F. G. Erhardt, K. Failing en B. Senft, 1990. Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Milchproteinpolymorphismen und Milchinhaltsstoffen bei Rindern. *Züchtungskunde* 62: 243-253.
- Roest, H., 1974. Gevoeligheid voor mastitis en erfelijke polymorfie van melkeiwitten; een onderzoek naar hun onderling verband. Scriptie Veefokkerij
- Schmidt, D.G., 1966. Genetische varianten van caseïne. Het voorkomen in Nederland. *Veeteelt- en Zuivelberichten*, 9: 431-434.
- Van den Berg, G., 1990. Genetische varianten en melkeigenschappen. Invloed op samenstelling en eigenschappen van de melk. NRLO-studiemiddag.
- Woychik, 1965. Geciteerd door Aschaffenburg (1968).

GENETISCHE VARIANTEN VAN MELKEIWITTEN EN DE EIGENSCHAPPEN VAN KOEMELK

G. van den Berg, P. J. de Koning, J. T. M. Escher en H. Bovenhuis*

NIZO (Nederlands Instituut voor Zuivelonderzoek), Postbus 20, 6710 BA Ede

*Vakgroep Veefokkerij, Landbouwniversiteit Wageningen, Postbus 338, 6700 AH Wageningen

Inleiding

Om het gehalte aan totaal eiwit van de melk te stimuleren wordt in Nederland de laatste dertig jaar naar eiwitgehalte uitbetaald. Ondanks deze betalingsregeling is het eiwitgehalte vrijwel niet toegenomen. Toch zijn er duidelijke aanwijzingen dat genetisch bepaalde varianten van de melkeiwitten gecorreleerd zijn met het eiwitgehalte, de eiwitsamenstelling en met verschillende verwerkingseigenschappen van de melk. Hiernaar heeft NIZO het afgelopen jaar intensief onderzoek uitgevoerd in samenwerking met de vakgroep Veefokkerij van de Landbouwniversiteit Wageningen.

Melkeiwitten en hun genetische varianten

Melk bevat caseïne en wei-eiwitten. De caseïnemicellen zijn opgebouwd uit de componenten α_{s1} -, α_{s2} -, β - en κ -caseïne. Het laatste type caseïne bevindt zich vooral aan de buitenzijde van het micel en is belangrijk voor de stabiliteit ervan. De wei-eiwitten komen in de melk meestal in moleculaire vorm voor. Hiervan is vooral β -lactoglobuline voor dit artikel van belang.

Zowel bij de caseïnes als bij de wei-eiwitten komen verschillen voor (polymorfisme) die genetisch bepaald zijn. Er zijn namelijk van deze eiwitten in de laatste decennia verschillende varianten ontdekt die onderling zeer geringe verschillen vertonen; meestal komt het neer op de substitutie in de eiwitketen van een geladen tegen een ongeladen aminozuur. Daardoor ontstaat een gering verschil in nettolading en kunnen de varianten met elektroforetische technieken worden onderscheiden. Ook een techniek als iso-elektrofocusering kan hiervoor worden toegepast. De verschillende genetische varianten worden aangeduid met een letter achter de naam van het betreffende eiwit. Vaak komen alleen A- en B-varianten voor, maar van α_{s1} - en β -caseïne zijn er meer bekend. Voor meer informatie over deze varianten wordt verwezen naar de literatuur [1, 2].

Van een bepaald type eiwit produceert de ene koe alleen de A-variant en een andere de B-variant. Ze zijn van het homozygote genotype AA, resp. BB voor dit eiwit. Aangezien deze kenmerken volgens de eerste wet van Mendel vererven, komen ook koeien van het heterozygote genotype AB voor die beide varianten van hetzelfde eiwit produceren. Deze genotypen komen voor bij κ -caseïne en β -lactoglobuline. Overigens vererven de twee κ -caseïnegenen onafhankelijk van de twee β -lactoglobulinenegenen, zodat de invloed op de melkeigenschappen onafhankelijk van elkaar kon worden beoordeeld. Een van de redenen voor het onderzoek was het vermoeden dat de samenstelling van de melk in de

laatste decennia iets was veranderd, waardoor de kaasopbrengst iets zou zijn verslechterd. Vermoed werd dat genetische factoren daarbij een rol spelen. Op meerdere plaatsen in de wereld is waargenomen dat de voor de kaasbereiding gunstig bekend staande variant κ -caseïne B de laatste jaren minder voorkomt bij het zwartbonte vee [1]. Ook in ons land lijkt dit te hebben plaatsgevonden [3]. De reden daarvoor is niet erg duidelijk, maar uit nog lopend onderzoek bij de Landbouwniversiteit Wageningen is reeds gebleken dat dit in ons land niet veroorzaakt is door het kruisen met Amerikaanse Holsteins. Toch wordt dit ras in meerdere landen ervan verdacht een verslechtering van de eigenschappen van de melk voor de bereiding van kaas te veroorzaken.

Proefopzet

Vrijwel al het onderzoek elders is uitgevoerd met monsters melk van vaak wisselende aantallen individuele koeien. Het leek ons echter van belang om melk van meerdere koeien met gegeven genetische varianten van κ -caseïne en β -lactoglobuline van een groot aantal boerderijen te verzamelen. Aldus kon de invloed van de verschillende genetische varianten op de bulkmelk die dagelijks bij de fabrieken wordt aangevoerd, worden bestudeerd. In goede samenwerking met de afdeling Veefokkerij van de Landbouwniversiteit Wageningen is als volgt te werk gegaan. In 1989 is door de LUW de melk van ruim 10.000 varzen van het zwartbonte ras onderzocht om hun genotype betreffende de verschillende melkeiwitten vast te stellen. De melkmonsters kwamen voor het merendeel uit Gelderland, Overijssel en Flevoland. De gevonden frequentieverdeling van de drie genotypen van κ -caseïne en die van β -lactoglobuline bij deze dieren is weergegeven in Tabel 1. Het valt op dat het genotype κ -caseïne BB met een frequentie van 4% slechts weinig voorkomt. Uit dit materiaal werden in 1989 tweemaal negen groepen dieren samengesteld voor het hier gerapporteerde onderzoek. Experiment I is uitgevoerd in het voorjaar waarbij de koeien van de eerste negen groepen gemiddeld 170 dagen in lactatie waren en experiment II is uitgevoerd in het najaar met de tweede negen groepen dieren die gemiddeld 250 dagen in lactatie waren. Meestal kon de melk worden verzameld van 40 à 50 dieren per groep met elk een combinatie van één van de κ -caseïne genotypen en één van de β -lactoglobuline genotypen. Alleen bij de zeldzame combinatie κ -caseïne BB met β -lactoglobuline AA moest in experiment I en II genoeg worden genomen met melk van 21, resp. 20 dieren. De aantallen dieren per combinatie van genotypen, hun spreiding over de verschillende boerderijen, de aantallen vaderdieren en het gemiddelde lactatiestadium zijn voor elke groep vermeld in Tabel 2. Met inachtneming van een aantal voorzorgsmaatregelen betreffende de kwaliteit van de monsters werd van elke koe twee liter avondmelk en twee liter morgenmelk verzameld. Hiervoor was de welwillende medewerking van vele veehouders nodig. Nadat elk individueel melkmonster nogmaals was gecontroleerd of het beantwoordde aan de gewenste combinatie van varianten van κ -caseïne en β -lactoglobuline, werd alle melk van de groep gemengd en gebruikt voor het onderzoek.

Dit onderzoek was zowel gericht op de samenstelling van de melk als op een aantal functionele eigenschappen met betrekking tot de verschillende processen voor de bereiding van zuivelprodukten. Bij dit laatste is o.a. aandacht besteed aan verzuringseigenschappen van de melk, de kaasbereiding

Tabel 1. Frequentieverdeling van de genetische varianten van κ -caseïne en β -lactoglobuline in melk van 10.000 varzen van het zwartbonte ras.

genetische variant	frequentie (%)	
	κ	β
AA	64	19
AB	32	51
BB	4	30

en de bereiding van geëvaporeerde melk. Over de verzuringseigenschappen van de melk van de verschillende groepen valt slechts te melden dat er ook bij gebruik van verschillende typen zuursel geen verschil is opgemerkt tussen de melk van diverse groepen. Over de belangrijkste resultaten van het onderzoek naar de samenstelling en de functionele eigenschappen van de melk wordt in de volgende paragrafen gerapporteerd.

Samenstelling van de melk

De genetische varianten van de melkeiwitten bleken samen te gaan met belangrijke verschillen in de eiwitsamenstelling van de melk. Dat wil echter niet zeggen dat de oorzaken van de verschillen in samenstelling daarmee ook verklaard zijn. Die zijn in veel gevallen niet duidelijk. In Tabel 3 zijn de totale eiwitgehalten weergegeven die bij de twee experimenten zijn gevonden. Daar elk van de drie genetische varianten van κ -caseïne met elk van drie groepen van de varianten van β -lactoglobuline voorkwam, is elke vermelde waarde een gemiddelde van drie waarnemingen. Hetzelfde geldt voor de resultaten met de β -lactoglobulinevarianten. Bij het tweede experiment waren de eiwitgehalten hoger dan bij het eerste, maar dit is niet verwonderlijk gezien het gemiddelde verschil in lactatie en de periodes waarin de proeven zijn uitgevoerd (voor- en najaar). Belangrijk is echter dat het eiwitgehalte toeneemt in de melk van de koeien van het genotype κ -caseïne AA naar AB en van AB naar BB. Het verschil tussen AA en BB is 0,20% en 0,15% voor resp. het eerste en tweede experiment.

De β -lactoglobulinevarianten vertonen nauwelijks verschillen in eiwitgehalte. De hier beschreven resultaten bevestigen die verkregen in het buitenland met individuele koeien. Meer statistisch onderbouwde gegevens hierover komen beschikbaar wanneer voor de 10.000 dieren de studie over de correlaties tussen eiwitgehalte en de genetische varianten is afgerond. Bij het eerste experiment bestonden enige verschillen in de lactatiestadia van de groepen. De vermelde totale eiwitgehalten zijn daarvoor gecorrigeerd.

Het gedeelte van het totale eiwit dat uit caseïne bestaat, is ook weergegeven in Tabel 3. Vooral bij het eerste experiment neemt het aandeel van de caseïne bij κ -caseïne BB toe t. o. v. AA. Het verschil tussen de gehalten aan caseïne bij de varianten van β -lactoglobuline is echter veel groter, waarbij variant BB hogere cijfers geeft dan variant AB en deze weer hoger dan variant AA. Bij het eerste

Tabel 2. Samenstelling van de verschillende groepen dieren bij de experimenten I (voorjaar) en II (najaar). 1: aantal vaarzen; 2: gemiddeld lactatiestadium; 3: aantal vaderdieren; 4: aantal bedrijven.

β -lactoglobuline		κ -caseïne					
		AA		AB		AB	
		I	II	I	II	I	II
AA	1:	52	45	43	42	21	20
	2:	189	257	185	252	197	263
	3:	27	25	22	22	9	10
	4:	43	43	38	38	21	20
AB	1:	46	50	45	43	37	39
	2:	178	252	170	265	199	246
	3:	25	32	28	27	16	18
	4:	21	43	34	37	34	39
BB	1:	46	48	48	51	46	38
	2:	159	250	196	252	216	249
	3:	28	31	26	31	17	18
	4:	41	41	44	47	44	36

experiment bedraagt het verschil tussen de melk van de koeien van de genotypen β -lactoglobuline AA en BB 3,7% en bij het tweede 2,5%.

Uit verder onderzoek kwam ook naar voren dat in de κ -caseïne-B-melk naast het caseïnedeel van het totaal eiwit ook het κ -caseïnedeel van het totale caseïne hoger was dan in de A-melk. In verband daarmee mag worden aangenomen dat de caseïnemicellen gemiddeld kleiner zullen zijn in melk met de κ -caseïne-B-variant dan in die met de A-variant [4].

De verschillende partijen melk zijn ook onderzocht op vetgehalte, lactosegehalte en pH-waarde. Tussen de genetische varianten kwamen echter geen verschillen naar voren waarbij een of andere tendens was op te merken. Dit was wel het geval met het ionaire calciumgehalte, hetgeen in de volgende paragraaf wordt behandeld.

Eigenschappen van belang voor de kaasbereiding

Bij de kaasbereiding zijn de stremeigenschappen van de melk van groot belang. Voor dit onderzoek is de gestandaardiseerde melk alleen gethermiseerd, zodat geen onverwachte effecten van een zwaardere verhitting een rol konden spelen. De melk werd in het laboratorium onderzocht met de Formagraph [5]. Daarbij wordt na toevoeging van het stremsel de toenemende weerstand van de stremmende melk gemeten. De tijd tussen het toevoegen van stremsel en het moment waarop de viskeuze weerstand

Tabel 3. Gemiddelde waarden van totaal eiwitgehalte, caseïnedeel van het totaal eiwit, κ -caseïnedeel van het totaal eiwit en overgangsperscentage van het totaal eiwit in kaas* van experiment I en II.

gene- tische variant	totaal eiwitgehalte (% m/m)		caseïnedeel van totaal eiwit (% m/m)		κ -caseïnedeel van totaal eiwit (% m/m)		overgangspersen- tage* totaal eiwit in kaas (% m/m)	
	I	II	I	II	I	II	I	II
κ -AA	3,43	3,74	77,4	77,5	-	11,4	72,1	72,7
κ -AB	3,54	3,81	78,4	77,7	-	12,5	72,6	72,6
κ -BB	3,63	3,89	79,3	78,7	-	14,2	72,9	72,9
β -AA	3,52	3,84	76,5	76,9	-	13,1	70,8	71,3
β -AB	3,52	3,78	78,3	77,6	-	12,4	72,7	73,0
β -BB	3,56	3,83	80,2	78,5	-	12,5	74,1	73,8

*overgangsperscentage = $\frac{\text{TN melk} - \text{TN 1}^{\circ} \text{ wei}}{\text{TN melk}} \times 100\%$

overeenkomt met die waarbij in de praktijk wordt gesneden, wordt hier de stremtijd genoemd. De tijd vanaf het toevoegen van het stremsel totdat de viskeuze weerstand in de melk toeneemt, wordt de geleertijd genoemd, omdat dan voor het eerst van een gel kan worden gesproken. Dit tijdstip komt even later dan het moment waarop de eerste vlokking optreedt. De later genoemde vloktijd wordt dan gedefinieerd als de tijd die verloopt vanaf het toevoegen van het stremsel totdat de eerste vlokjes waarneembaar zijn. In Tabel 4 zijn de resultaten weergegeven met en zonder gebruik van calciumchloride. De toegevoegde hoeveelheid calciumchloride komt overeen met wat volgens de Landbouwkwaliteitsbeschikking Kaasprodukten maximaal is toegestaan. Zoals volgens gegevens uit de literatuur verwacht mocht worden, correleert de stremtijd vooral sterk met de variant van de κ -caseïne. Ook in de hier beschreven experimenten is de stremtijd van de B-melk duidelijk korter dan van de AB-melk en van de AB-melk weer korter dan van de A-melk. Bij de β -lactoglobulinevarianten zijn er nauwelijks verschillen. Alleen de B-melk heeft een iets tragere geleertijd. Bij de κ -caseïnevarianten is vooral de opstevigingstijd (het verschil tussen stremtijd en geleertijd) van het gel sterk verschillend. Deze tweede fase van de stremming wordt sterker dan de eerste fase beïnvloed door de calciumionconcentratie. Het bleek bij onderzoek van de melk van experiment II met een ion-selectieve elektrode dat de calciumionconcentratie bij de κ -caseïnevariant BB de hoogste waarde vertoonde, terwijl de β -lactoglobulinevarianten hiermee geen relatie vertoonden. Het is daarom niet verrassend dat de verschillen grotendeels konden worden opgeheven door aan de melk van alle varianten van κ -caseïne een maximale dosis aan calciumchloride toe te voegen. Overigens blijkt ook uit Tabel 4 dat op grond van de stremtijd de melk van koeien van het κ -caseïnegeenotype BB vrijwel zonder de toevoeging van calciumchloride gebruikt kan worden.

Tabel 4. Gemiddelde geleertijd en stremtijd per genetische variant van κ -caseïne en β -lactoglobuline zonder (eerste getal) en met (tweede getal) toevoeging van 0,06 ml CaCl_2 -oplossing (34%) per 100 ml; stremsel 20 ml per 100 l en zuursel 0,6% werden steeds toegevoegd; stremtemperatuur 30,5 °C.

	κ -caseïne			β -lactoglobuline		
	AA	AB	BB	AA	AB	BB
<i>Experiment I</i>						
geleertijd	40,3/19,8	33,8/18,3	25,7/15,5	31,7/17,7	32,8/17,7	35,3/18,3
stremtijd	54,8/24,8	42,7/21,8	30,3/18,0	40,7/21,3	42,7/21,3	45,2/21,8
opstevigingstijd	14,5/5,0	8,8/3,5	4,7/2,5	9,0/3,7	9,2/3,8	9,8/3,5
<i>Experiment II</i>						
geleertijd	34,2/18,3	31,5/18,6	27,2/17,7	29,1/17,4	19,8/17,9	34,0/19,3
stremtijd	43,5/22,2	37,9/22,3	33,0/20,0	35,2/20,5	37,8/21,6	41,3/22,4
opstevigingstijd	9,3/3,9	6,4/3,7	5,8/2,3	6,2/3,1	8,0/3,8	7,3/3,1

Met de kaasprocessimulator [6] is eveneens een onderzoek ingesteld naar het gedrag van de melk bij de kaasbereiding. Hier zijn steeds de normale toevoegingen gebruikt waaronder 3 ml calciumchloride-oplossing (34%) per 10 l melk. De vloktijden en stremtijden vermeld in Tabel 5 vertonen onderling verschillen die passen tussen die vermeld in Tabel 4 aangezien de toegevoegde hoeveelheid calciumchloride de helft bedroeg van die gebruikt bij het onderzoek met de Formagraph. Het was opvallend dat de wei van de κ -caseïne-B-melk het helderste was. Dit doet vermoeden dat er minder verliezen in de vorm van stofwongel ontstaan. Dit is onlangs bevestigd bij kaasproeven die door NIZO op grotere schaal werden verricht. Hier bleken inderdaad de verliezen aan vet en stofwongel bij melk met de κ -caseïne-AB-variant minder groot te zijn dan bij melk met de A-variant. Daarbij waren de stremtijden steeds op een normaal niveau gebracht met aangepaste hoeveelheden calciumchloride. De kleinere micellen en het hogere gehalte aan κ -caseïne bij het voorkomen van de B-variant van κ -caseïne waarop in de vorige paragraaf is gewezen, leiden waarschijnlijk tot minder stofwongel door een grotere dichtheid van bindingsplaatsen in het gevormde gel. Bij de proeven in de kaasprocessimulator was ook de synerese van de wongel beter in de melk met de κ -caseïne-B-variant. Dit kwam tot uiting bij de vochtgehalten van de kaasjes voor het pekelen zoals is weergegeven in Tabel 5. Bedacht moet worden dat bij die proeven steeds eenzelfde hoeveelheid calciumchloride is gebruikt en steeds bij dezelfde stevigheid is gesneden, waarna een vast processchema werd gevolgd. De varianten van β -lactoglobuline vertoonden geen verschillen ten aanzien van dit vochtgehalte.

Kaasopbrengst

Wanneer het totale eiwitgehalte van de melk met dat van de eerste wei na filtratie wordt vergeleken, dan is het mogelijk om op theoretische basis de kaasopbrengst aan te geven. Dit overgangpercentage

Tabel 5. Gemiddelde waarden van vlok- en stremtijden en de vochtgehalten van de kaas na omlopen gemeten in de kaasprocessimulator van experiment I en II.

gene- tische variant	vloktijd (minuten)		stremtijd (minuten)		vochtgehalte na omlopen (%)	
	I	II	I	II	I	II
κ -AA	21,7	21,7	30,8	29,0	45,7	45,9
κ -AB	19,6	20,2	26,3	25,2	45,2	45,0
κ -BB	18,9	17,8	23,3	22,0	44,5	44,5
β -AA	19,8	19,1	27,0	24,2	45,3	45,1
β -AB	19,4	19,4	26,0	25,3	44,8	45,3
β -BB	21,0	21,1	27,5	26,7	45,2	45,1

van het eiwit is vermeld in Tabel 3. Uiteraard vertoont dit een overeenkomst met het caseïnedeel van het totale eiwit. De verschillen bij de κ -caseïnevarianten zijn hier echter nauwelijks meer aanwezig, omdat door de aanwezigheid van meer κ -caseïne bij de BB-variant ook meer glycomacropeptide (GMP) wordt afgesplitst en overgaat in de wei. De β -lactoglobulinevarianten vertonen geen verband met het deel van het totale caseïne bestaande uit κ -caseïne. De verschillen in het genoemde overgangsperscentage tussen de varianten van β -lactoglobuline zijn daarom even groot als de verschillen in het caseïnedeel van het totale eiwit. Wanneer men zou veronderstellen dat alle zwartbonte koeien van het BB-genotype zouden zijn, zowel voor κ -caseïne als voor β -lactoglobuline, dan zou vergeleken met de huidige frequentieverdeling (zie Tabel 1) het overgangsperscentage van het eiwit bij de kaasbereiding met minstens 1,6% (abs.) stijgen.

Hittestabiliteit van geconcentreerde ondermelk

De hittestabiliteit van geconcentreerde ondermelk is bestudeerd omdat die van dunne melk normaliter altijd meer dan voldoende is om een sterilisatiebehandeling te doorstaan. Dunne en geconcentreerde melk zijn op dit punt eigenlijk niet goed met elkaar te vergelijken. De eerste is veel meer afhankelijk van bij voorbeeld het ureumgehalte van de melk en ons onderzoek geeft weinig aanleiding voor de veronderstelling dat dit wordt beïnvloed door de hier besproken genetische varianten (althans het NPN-gehalte van de melk vertoonde geen verschillen). Bij de hittestabiliteit van geconcentreerde melk speelt veeleer de zoutconcentratie een rol. Tevens is van zeer groot belang welke warmtebehandeling de dunne melk voorafgaande aan het concentreren heeft ondergaan. In dit onderzoek is een proces toegepast dat bij de evapbereiding in ons land gebruikelijk is. De resultaten mogen echter op grond van verschillen in procesvoering niet worden vergeleken met de in de literatuur [7] vermelde schaarse resultaten van onderzoek aan geconcentreerde melk. De werkwijze bij dit onderzoek was de volgende. De ondermelk werd gedurende 3 min op 115 °C verhit en daarna geconcentreerd door indampen tot 26% droge stof.

Tabel 6. Gemiddelde waarden van de hittestabiliteit van evap gemeten bij 125 °C van experiment I en II.

genetische variant	maximale hittestabiliteit (min)			
	κ		β	
	I	II	I	II
2				
AA	22,5	20,9	26,4	24,2
AB	20,3	20,3	19,8	19,1
BB	18,0	17,8	14,0	15,8

Dit concentraat werd onderworpen aan een behandeling bij 125 °C in de Klarograph [8] bij verschillende pH-waarden. In Tabel 6 zijn per genetische variant van κ -caseïne en β -lactoglobuline de maximale tijden aangegeven dat de geconcentreerde melk stabiel bleef. Dit was meestal bij die pH-waarde die het produkt van nature had. Hier blijkt dat de B-variant van vooral het β -lactoglobuline en in mindere mate die van het κ -caseïne correleren met een minder goede stabiliteit. Ook bij bestudering van de melk van individuele koeien door Schmidt en Koops [9] werd in de meeste gevallen geconstateerd dat de B-variant van κ -caseïne met een minder goede stabiliteit correleerde. Er is niet nagegaan of dit effect met behulp van bij voorbeeld natriumfosfaat is op te heffen, maar dat is niet onaannemelijk.

Resumerend kan uit de resultaten van dit onderzoek worden geconcludeerd dat de genetische varianten van κ -caseïne en β -lactoglobuline correleren met de kaasopbrengst, de kaasbereidingseigenschappen en de hittestabiliteit van geconcentreerde melk. Hoewel daarmee de waarde van de melk voor de zuivelindustrie meer gedifferentieerd kan worden, lijken voorlopig de logistieke consequenties in de praktijk erg ingewikkeld te zijn.

Samenvatting

Polymorfisme van melkeiwitten, in het bijzonder van κ -caseïne en β -lactoglobuline, correleert met verschillende eigenschappen van de melk. Van elk van deze eiwitten zijn twee genetisch bepaalde vormen bekend die in drie varianten voorkomen, namelijk A, AB en B. Dientengevolge kan melk van individuele koeien worden onderverdeeld in negen verschillende soorten op basis van combinaties van varianten van de twee genoemde eiwitten. Onderzoek is uitgevoerd met elk van deze soorten waarvoor steeds melk werd verzameld van ongeveer 40 varzen met dezelfde combinatie van κ -caseïne- en van β -lactoglobulinegenotypen. Dit onderzoek is uitgevoerd in het voorjaar en herhaald in het najaar met dezelfde negen combinaties doch met andere dieren.

De resultaten met betrekking tot de samenstelling en kaasbereidingseigenschappen komen globaal overeen met de resultaten van onderzoek met melk van individuele koeien vermeld in de literatuur. De B-variant van κ -caseïne correleert met een verhoging van het gehalte aan totaal eiwit, van het gehalte aan κ -caseïne en van de calciumionconcentratie, en met een betere stremming en synerese bij de kaasbereiding dan de A-variant. De B-variant van β -lactoglobuline correleert met een groter gedeelte

van het eiwit dat overgaat van de melk in de kaas dan de A-variant. Dezelfde B-variant correleert ook met een vermindering van de hittestabiliteit van geconcentreerde ondermelk. Voor de κ -caseïne-B-variant is dit laatste in mindere mate het geval.

Summary

G. van den Berg, P. J. de Koning, J. T. M. Escher and H. Bovenhuis, *Genetic variants of milk proteins and the properties of cow's milk*

Polymorphism of milk proteins, κ -casein and β -lactoglobulin in particular, is related to various milk properties. For each of these proteins two genetically controlled variants are known that are present in the milk of individual cows as three variants, namely A, AB and B. Therefore nine different combinations of the variants of the two proteins mentioned can be found. Investigations have been carried out with each of these combinations for which milk was collected from approximately 40 heifers with the same variants of κ -casein and β -lactoglobulin. The experiments were carried out during spring and repeated during autumn with the same nine combinations but using milk of different animals.

Generally, the results concerning milk composition and cheesemaking properties are consistent with the results of investigations with milk of individual cows reported in literature. The B variant of κ -casein correlates with higher contents of total protein, κ -casein and ionic calcium, and with improved renneting and syneresis of the curd during cheesemaking compared with the A variant. The B variant of β -lactoglobulin correlates with an increased conversion of milk protein into cheese compared with the A variant. This B variant also correlates with a diminished heat stability of concentrated skim milk. A similar effect but less pronounced holds for the κ -casein B variant.

Referenties

1. P. J. de Koning, NIZO-nieuws 1988, nr. 3. Voedingsmiddelentechnologie 21(1988)(11)22.
2. F. Grosclaude, INRA Prod. Anim. (1988)1(1)5.
3. G. van den Berg, P. J. de Koning, S. Korver, J. van der Poel & H. van Laar, Veeteelt 11(1987)1136.
4. P. Walstra & R. Jenness, Dairy Chemistry and Physics, pag. 233. John Wiley & Sons, New York, 1984.
5. D. J. McMahon & L. J. Brown, J. Dairy Sci. 65(1982)1639.
6. J. Straatsma & A. Heijnekamp, NIZO-nieuws 1987, nr. 6. Zuivelzicht 79(1987)(21)24; Voedingsmiddelentechnologie 20(1987)(18)33.
7. D. M. McLean, E. R. B. Graham, R. W. Ponzoni & H. A. McKenzie, J. Dairy Res. 54(1987)219.
8. J. N. de Wit, G. Klarenbeek & C. de Graaf, NIZO-nieuws 1986, nr. 1. Zuivelzicht 78(1986)168; Voedingsmiddelentechnologie 19(1986)(3)25.
9. D. G. Schmidt & J. Koops, Neth. Milk Dairy J. 19(1965)63.

FOKKERIJONDERZOEK EN EIWITPRODUCTIE

Johan A.M. van Arendonk en Martien A.M. Groenen

Vakgroep Veefokkerij Landbouwniversiteit, Postbus 338, 6700 AH Wageningen

Samenvatting

In de bijdrage wordt een overzicht gegeven van onderzoek naar de foktechnische mogelijkheden om eiwitproductie en melkeiwitsamenstelling in kwantitatieve en kwalitatieve zin te beïnvloeden.

In het onderzoek beschreven door Bovenhuis wordt aandacht besteed aan de frequentie van voorkomen van genetische varianten van melkeiwitten in de Nederlandse melkveepopulaties en de associaties van deze varianten met melkproductiekenmerken.

Onderzoek is gestart naar de genetische achtergronden van kwantitatieve verschillen in eiwitproductie, met name de productie van caseïnes. Hiertoe worden de DNA-sequenties die een rol spelen bij de regulatie van de expressie van melkeiwitgenen gelokaliseerd en geanalyseerd. Tevens wordt de betekenis van de mogelijke verschillen in deze regulerende sequenties onderzocht. Associaties tussen verschillen op DNA-niveau en productiekenmerken bieden de mogelijkheid tot directe selectie van dieren door DNA-analyse. Dit vormt een belangrijke aanvulling op de huidige foktechnische mogelijkheden om de melkeiwitproductie en -samenstelling te beïnvloeden.

Verder wordt onderzoek verricht naar de mogelijkheden om de vet-eiwitverhouding in de melk te wijzigen en de consequenties van een dergelijke wijziging voor de melkeiwitsamenstelling. Dit onderzoek wordt uitgevoerd op het proefbedrijf van de Landbouwniversiteit.

Inleiding

Veefokkerij is gericht op een erfelijke verbetering van de efficiëntie van productie en de kwaliteit van het produkt. In het huidige fokprogramma van melkkoeien wordt voor wat betreft melkproductiekenmerken gestreefd naar een verhoging van de hoeveelheid melk en een verandering in melksamenstelling gemeten in vet- en eiwitgehalte. Het relatieve belang van deze kenmerken wordt voor een groot deel bepaald door het in de toekomst verwachte uitbetalingssysteem. De afgelopen jaren is een genetische verbetering in melkproductie van 1.5 tot 2% per jaar gerealiseerd terwijl met betrekking tot de melksamenstelling met name een verhoging van een melkvetgehalte heeft plaatsgevonden.

Twee karakteristieken van het huidige fokprogramma, van belang voor de rest van dit verhaal, zijn:

- de erfelijke aanleg voor de melkproductiekenmerken wordt geschat op basis van fenotypische waarnemingen die in het kader van de melkproductiecontrole worden verzameld;
- er wordt aandacht besteed aan de hoeveelheid geproduceerd eiwit maar niet aan de samenstelling van het eiwit.

In het onderzoek van de vakgroep Veefokkerij wordt aandacht besteed aan de volgende 3 onderwerpen:

- 1) het voorkomen en de betekenis van melkeiwitvarianten
- 2) moleculair genetische achtergronden van verschillen in eiwitproductie
- 3) mogelijkheden en consequenties van wijziging van vet eiwit verhouding in de melk.

In het vervolg van deze bijdrage zal nader ingegaan worden op deze onderwerpen.

1 Het voorkomen en de betekenis van melkeiwitvarianten

Dit in 1988 gestart onderzoek richt zich op de volgende vragen:

- bepalen van de frequentie van voorkomen van verschillende genetische varianten voor melkeiwitten in de Nederlandse melkveepopulatie;
- kwantificeren van de relaties tussen het genotype voor de melkeiwitvariant en melkproductiekenmerken. Hierbij wordt zowel het functionele als het merker-effect onderzocht;
- evalueren van het belang van melkeiwitvarianten in een fokprogramma.

De resultaten met betrekking tot de eerste vraag zijn op deze studiemiddag gepresenteerd (Bovenhuis *et al.*, 1990).

2 Moleculair genetische achtergronden van verschillen in eiwitproductie

In dit onderzoek worden op DNA-niveau de genetische achtergronden van kwantitatieve verschillen in eiwitproductie bestudeerd. Voor elk melkeiwit is de nucleotide-volgorde van het gen bekend waarin de aminozuurvolgorde van het eiwit is vastgelegd. Genetische verschillen in dit gen geven aanleiding tot de al eerder genoemde genetische varianten van een eiwit. In het algemeen kunnen er bij genen twee regulerende gebieden onderscheiden worden; promoters en enhancers. Bij de expressie van een gen spelen zogenaamde transcriptiefactoren een essentiële rol. Deze transcriptiefactoren binden aan de promotor die in het algemeen zo'n 100 baseparen lang is en zich vlak voor het gen bevindt. De promotor is noodzakelijk voor een accurate en efficiënte initiatie van de expressie van het gen. De enhancer bevat met name bindingsplaatsen voor weefsel-specifieke transcriptiefactoren en verhoogd de mate van expressie van het gen. De enhancer kan duizenden baseparen van het gen af liggen of er zelfs midden in liggen.

In dit onderzoek wordt de nucleotiden-volgorde van de regulerende elementen voor caseïne genen gekarakteriseerd waarbij gestart is met die voor α_{s2} -caseïne en k-caseïne. Verder zal in een later stadium getracht worden om de genen die coderen voor de regulatoren van deze genen in handen te krijgen. Op deze wijze kan mogelijk inzicht verkregen worden in hoeverre gemeenschappelijke factoren een rol spelen bij de regulatie van expressie van verschillende melkeiwitgenen.

Als bekend is welke elementen betrokken zijn bij de regulatie van expressie van de melkeiwitgenen kan nagegaan worden of hierin variatie voorkomt binnen de populatie en of deze verschillen gecorreleerd zijn met verschillen in melkproductie eigenschappen. Het gaat hierbij in eerste instantie om verschillen

in eiwitproductie en kwantitatieve eiwitsamenstelling. Verder is de associatie met vetproductie van belang vanwege de mogelijkheden om de genetische associatie tussen vet- en eiwitproductie te doorbreken.

Associaties van verschillen op DNA-niveau met productiekenmerken bieden de mogelijkheid tot directe selectie van dieren na identificatie van de erfelijke aanleg. Het voordeel van het identificeren van de genetische aanleg op DNA-niveau is onder andere gelegen in het feit dat dit reeds kan worden uitgevoerd op jonge leeftijd bij zowel mannelijke als vrouwelijke dieren. Een ander voordeel is het feit dat variatie in milieuomstandigheden geen rol speelt op dit in tegenstelling tot fenotypische waarnemingen. Dit vormt een belangrijke aanvulling op de bestaande foktechnische mogelijkheden.

3 Mogelijkheden en consequenties van wijziging van vet eiwit verhouding in de melk

De doelstelling van dit project is het bestuderen van de mogelijkheden om de vet-eiwitverhouding in de melk door selectie te wijzigen. Hiertoe wordt op het proefbedrijf van de Landbouwniversiteit een proef uitgevoerd waarbij gebruik wordt gemaakt van 2 groepen stieren die duidelijk verschillen in de verhouding tussen de fokwaarde voor vet- en eiwitproductie. Gedurende de eerste laktatie wordt bij de dochters van deze stieren de melk- vet en eiwitproductie bepaald. Verder wordt bij deze dieren maandelijks de kwantitatieve eiwitsamenstelling bepaald. Met behulp van deze laatste gegevens kan inzicht verkregen worden in het verloop van de melkeiwitsamenstelling gedurende de laktatieperiode.

Kwantitatieve variatie in melkeiwitsamenstelling

In het veefokkerij-onderzoek wordt een duidelijk accent gelegd op genetische achtergronden van de kwantitatieve variatie in melkeiwitsamenstelling. Voor dit onderzoek is het van belang om te beschikken over een methode waarmee in een melkmonster relatief eenvoudig verschillen in melkeiwitsamenstelling kunnen worden gekwantificeerd.

In het door Bovenhuis beschreven onderzoek is gebruik gemaakt van isoelectrische focusering voor het bepalen van kwalitatieve verschillen in melkeiwitten (Bovenhuis en Verstege, 1989). Met behulp van gelscanning is het in principe mogelijk om de hoeveelheid van de verschillende met behulp van elektroforese gescheiden eiwitfracties te bepalen. Op deze wijze kan inzicht verkregen worden in de kwantitatieve variatie in melkeiwitsamenstelling. In de literatuur zijn een aantal onderzoeken beschreven waarin deze methode wordt toegepast. Een oriënterend onderzoek naar de betrouwbaarheid van de deze bepalingmethode wordt op dit moment uitgevoerd. De bepalingmethode heeft als belangrijk voordeel dat in een relatief korte tijd een groot aantal monsters onderzocht kunnen worden. Wanneer deze methode voldoende betrouwbare gegevens oplevert biedt de mogelijkheid tot het uitvoeren van een populatiestudie naar het voorkomen van variatie tussen dieren in kwantitatieve eiwitsamenstelling. Een dergelijk onderzoek verschaft inzicht in de mogelijkheden om de eiwitsamenstelling middels fokkerijmaatregelen inclusief DNA-analyse te beïnvloeden.

Referenties

- Bovenhuis, H. en A.J.M. Verstege, 1989. Improved method for phenotyping milk protein variants by isoelectric focusing using PhastSystem. *Neth. Milk Dairy J.* 43:447.
- Bovenhuis, H, A.J.M. Verstege en J.A.M. van Arendonk, 1990. Melkeiwitvarianten in de Nederlandse melkveestapel. Bijdrage NRLO-studiemiddag "Genetische varianten en melkeigenschappen.

TOEKOMSTIG ONDERZOEK AAN MELK MET SPECIALE EIWITSAMENSTELLING

J.T.M. Wouters

NIZO, Postbus 20, 6700 BA Ede

Dat er uit melk van zoogdieren een kaasachtig produkt kan worden bereid, is al sinds lang bekend. We kunnen teruggaan tot ver voor onze jaartelling, toen door de Egyptenaren de coagulatie van eiwitten in melk reeds werd beschreven.

Welke omzettingen op moleculair niveau aan de bereiding van kaas ten grondslag liggen, is echter pas gedurende de laatste decennia bekend geworden. Het Nederlands Instituut voor Zuivelonderzoek (NIZO) heeft daarbij een belangrijke rol gespeeld.

Melk bevat als belangrijkste bestanddelen naast water, eiwit, lactose, vet en mineralen. De eiwitten van melk kunnen worden onderscheiden in de oplosbare eiwitten en de colloïdaal gesuspendeerde eiwitten. De eerste zijn de wei-eiwitten en de laatste de caseïnen. De caseïnen komen samen met het vet in de wrongel van de kaas terecht, terwijl de wei-eiwitten in oplossing blijven en met de wei worden afgevoerd.

Caseïnen zijn in melk aanwezig in de vorm van micellen, een soort eiwitbolletjes die los van elkaar voorkomen. Zij zijn onder het lichtmicroscop naast de eveneens in melk voorkomende vetbolletjes te zien. Met behulp van het elektronenmicroscop is de bolvormige structuur van caseïnemicellen nog beter zichtbaar te maken.

Ingenieus onderzoek heeft aangetoond hoe de verschillende caseïnen (α -, β - en k-caseïne) in micellen zijn gelocaliseerd. In de micellen zijn submicellen te onderscheiden en de submicellen die k-caseïne bevatten zitten aan de buitenkant van de micellen, zodanig dat een gedeelte van dit caseïne in de omringende vloeistof steekt. De micellen bevatten eveneens calcium en fosfaat. De uitstekende eiwitstrengen van k-caseïne verhinderen de samenklontering van de micellen. Wanneer deze k-caseïne uitsteeksels worden verwijderd, gaan de micellen samenklonteren. Bij de kaasbereiding wordt van dit fenomeen gebruik gemaakt. Het hulpmiddel dat de uitsteeksels verwijdert is het enzym chymosine dat in stremsel voorkomt. Dit proces noemen we stremming.

De structuur van de micellen blijkt afhankelijk van de genetische variant van de caseïnen. Van k-caseïne zijn de A- en B-variant slechts minimaal verschillend. Van de 169 aminozuren, waaruit dit eiwit is opgebouwd, zijn er bij de A-variant twee verschillend van die bij de B-variant. Dit verschil blijkt groot genoeg om de varianten met behulp van elektroforese van elkaar te scheiden, hetgeen detectie van hun aanwezigheid in melk mogelijk maakt.

Het verschil in de structuur van de micellen met de A- respectievelijk B-variant van k-caseïne is dat de

laatste kleiner zijn en meer calcium bevatten. Deze beide factoren zorgen voor een betere samenklontering na de chymosine-reactie. Er ontstaat in geval van k-B caseïne een steviger wrongel en bovendien treedt minder verlies door stofwongel op. Dit is de basis voor de meeropbrengst aan kaas. De caseïnen komen via de wrongel in kaas terecht en worden daarin door zuurselbacteriën verder afgebroken. Bij dit proces ontstaan peptiden en aminozuren, die essentieel zijn voor de aroma- en smaakvorming in de kaas. Dit afbraakproces wordt momenteel uitgebreid door onderzoekers bij NIZO bestudeerd. De afbraak van α_{s1} -caseïne is tot nu toe het grondigst onderzocht. De mate en wijze van afbraak hangt af van de primaire structuur van α_{s1} -caseïne. Deze nu is bij de genetische varianten van dit caseïne verschillend op meerdere plaatsen in de eiwitketen. Of en hoe deze verschillen tot variatie in de aromavorming leiden, is nog niet bekend en vereist duidelijk verder onderzoek.

Uit het onderzoek van Van den Berg en medewerkers is gebleken dat melk met de B-variant van β -lactoglobuline gunstig is voor de kaasbereiding omdat het voorkomen van deze variant gepaard gaat met een relatief hoger caseïnegehalte in de melk. Maar in hoeverre de B-variant aanleiding geeft tot andere eigenschappen van β -lactoglobuline is ook nog niet bekend.

Zo is denaturatie van β -lactoglobuline bepalend voor vele fenomenen bij de bereiding van zuivelprodukten. Voorbeelden daarvan zijn de vervuiling van oppervlakten in zuivelapparatuur en de hechting van het eiwit aan poederdeeltjes bij het drogen van melk, hetgeen de oplosbaarheid van het poeder kan beïnvloeden.

Daarnaast kan β -lactoglobuline het aroma van zuivelprodukten maskeren. Of deze eigenschappen verschillend zijn voor de A-, B- en andere varianten, is nog onbekend. Voordat stappen worden ondernomen die leiden tot melk met hoofdzakelijk de B-variant, moet onderzoek de gestelde vragen beantwoorden.

OVER DE WAARDERING VAN GENETISCH GEDIFFERENTIEERDE MELKSAMENSTELLING

F. Brouwer

DMV Campina bv, Postbus 3010, 5203 DA 's-Hertogenbosch

Toen ik dit voorjaar werd uitgenodigd om tijdens deze studiemiddag een korte inleiding te houden na de beide hoofdvoordrachten van Bovenhuis en van den Berg nam ik mij voor met u de vraag te bespreken wat de consequenties zouden kunnen zijn van de ontwikkeling van genetische varianten van het rund. Dat betreft dan de onderwerpen gedifferentieerde melkcollectie en gedifferentieerde uitbetaling der melk. In de voorbespreking met de inleiders is daaraan toegevoegd de vraag, of het interessant is andere melk te hebben en zo ja, hoe die melk er dan qua samenstelling uit moet zien. In die vraagstelling zijn derhalve niet begrepen de vragen betreffende ethiek en recombinant DNA--technologie, dus de vraag: mag alles wat kan. Evenmin is aan de orde de maatschappelijke aanvaardbaarheid van deze ontwikkelingen. Ik stel vast, dat met name deze twee issues van dominant belang zullen zijn bij de uiteindelijke realisatie van een gedifferentieerde melksamenstelling.

Is het interessant melk met een andere samenstelling te hebben. Een retorische vraag, want het antwoord is onveranderlijk ja. Dat heeft het verleden bewezen. Want de samenstelling van de melk is in vergelijking met het verleden, niet onaanzienlijk gewijzigd.

Het eiwitgehalte en vooral het vetgehalte is aanzienlijk gestegen, terwijl ook het vriespunt van melk nog steeds stijgt.

Over de wenselijkheid van melksamenstellingsverandering heb ik in het kader van een themadag van de NRLO in 1988 al eens het een en ander naar voren gebracht. Dit jaar is in een taakgroep van de NRLO dit onderwerp opnieuw aan de orde.

Vanuit de industrie hebben wij technologen in een matrix aangegeven voor welke bestanddelen van melk, afhankelijk van de verwerkingsrichting, wijziging in de melksamenstelling interessant is.

- Als algemene conclusie is duidelijk, dat wat ons betreft voor alle sectoren het vetgehalte zou kunnen worden verlaagd. Dat zou wellicht kunnen, door een verlaging van de acetyl Co A carboxylase activiteit in het uierweefsel. Dit enzym katalyseert de synthese van vet uit acetaat.
- Verhoging van het palmitoleïnegehalte van het melkvet ten koste van het palmitinezuurgehalte door een verhoging van de expressie van desaturase in het melkklierweefsel is voedingsfysiologisch interessant. Voor de verbetering van de smeerbaarheid van boter ligt het meer voor de

Produkt Component	Cons melk	Kaas Case- ine	Poe- der	Lactose	Con- dens	Baby- voeding	Boter
Vet	-	-	-		-	-	
Vet/Eiwit	-	-	-		-	-	-
Caseïne	-	+	0/-		-	-	
Caseïnegetal	-	+	0/-		-	-	
Wei-eiwit	-	+	0/-		-	+	
Lactoferrine	-	+	0/-		-	+	
Transfer.	-	+	0/-		-	+	
Lactoperoxidase	-	+	0/-		-	+	
Lactose	0	0	+	+	+	+	
Mineralen	0	0	-		-	-	
NPN	0	0	0		0	0	

hand dat via melkvetfractionering dan wel via de voeding van het rund te bewerkstelligen.

- Voor consumptiemelk, condens en poeder kan met een lager eiwitgehalte worden volstaan. Deze wens komt te vervallen, wanneer om redenen van oneerlijke concurrentie voor die producten melkeiwitgehaltenes worden voorgeschreven.
- De functie van β -lactoglobuline, een eiwit dat slechts in de melk van herkauwers aanwezig is, is onbekend. Dat gehalte zou wat ons betreft mogen dalen. Voor babyvoeding zou dat goed uitkomen, alhoewel wij ons realiseren, dat een dergelijke gewenste verlaging ook door technologische ingrepen is te realiseren.
- Voor de bio-actieve eiwitten lactoferrine, lactoperoxidase, transferrine, lysozym en de immunoglobulinen bestaat grote interesse. Daarover zou je op zich een heel verhaal kunnen houden.

Het lactoferrinegehalte van humane melk is ca. 7x zo hoog als dat van koemelk. Via de binding van Fe, noodzakelijk voor de groei van gram negatieve bacteriën, is het van belang bij de remming van de groei van pathogenen.

Lactoperoxidase is in staat om samen met peroxyde en thiocynaat de houdbaarheid van rauwe melk te bevorderen. Overigens, in humane melk komt het enzym nauwelijks voor. Lysozym tenslotte komt in humane melk in vrij grote hoeveelheid voor, dit i.t.t. koemelk. Het werkt in op de celwand van vnl. gram positieve bacteriën. Het is o.a. een bekende remmer van de ontwikkeling van boterzuurbacteriën. En het wordt gebruikt bij moderne veredelingsmethoden zoals celfusie.

- Als belangrijkste wens blijft een hoger eiwitgehalte, bij voorkeur in de vorm van caseïne. Ge-

zien de vooruitzichten der melk contingentering lijkt dit voor de veehouders een na te streven doel.

- Niet is aangegeven de wenselijkheid van een wijziging der onderlinge verhoudingen der caseïne-eiwitten, evenmin als wijzigingen in de aminozuursamenstelling daarvan.

Verhoging van het K-caseïnegehalte zou kunnen resulteren in een verbeterde hittestabiliteit, verhoging β -caseïne in een grotere wrongelstevigheid en wijziging in de aminozuursamenstelling in versnelling der kaasrijping.

- Eveneens is niet aangegeven de vaak in verband met biotechnologie genoemde melk geschikt voor consumenten met lactose-intolerantie. Dat zou dan kunnen, door de blokkade van de koppeling van glucose en galactose.

Naar onze mening is daaraan geen enkele behoefte. Nog afgezien van de fysiologische betekenis van lactose voor calcium resorptie wordt over het hoofd gezien, dat bij achterwege blijven van de synthese van lactose in verband met de osmotische waarde verdunning van de melk met water zou moeten optreden. Zoal behoeft bestaat aan dat soort zuivelproducten geven wij de voorkeur aan technologische oplossingen, waarbij behandeling van melk met lactase één der opties is.

Bij de vraagstelling ter zake de wenselijkheid van samenstellingswijziging der melk moet dunkt mij tevens de vraag worden gesteld voor wie dat wenselijk is. Voor de consument, voor de zuivelindustrie of voor de veehouders of voor allen?

Afgezien van de maatschappelijke aanvaardbaarheid van de toe te passen technologie kan het antwoord slechts luiden dat economische beginselen daarvoor maatgevend zijn. Als illustratie een voorbeeld.

Stel, dat we in staat zijn, door insertie van extra caseïne- genen, het caseïnegehalte van melk te verdubbelen. Bij de huidige systematiek van de waardering van die melk zal de veehouder voor de door hem afgeleverde boerderijmelk in evenredigheid met het gestegen eiwitgehalte een meerprijs voor die melk ontvangen. Voor de zuivelindustrie dalen dan de kosten voor de melkcollectie per eenheid aangevoerd eiwit.

Voor de kaas- en melkeiwitproductierichtingen der Zuivelindustrie dalen de grondstofkosten per eenheid geproduceerd product door de verhoging van het caseïnegehalte van het eiwit vanwege de hogere marktwaarde van caseïne-eiwit dan van wei-eiwit. De fabricagekosten zullen wat dalen, vanwege de verhoogde productie per eenheid verwerkte melk.

Voor de andere productierichtingen: consumptiemelk, condens, melkpoeder nemen de grondstofkosten alleen maar toe en het is nauwelijks te verwachten, dat de consument bereid is die hogere grondstoffen in de markt te accepteren.

De uiteindelijke economische betekenis van deze samenstellingswijziging voor de zuivelonderneming zal dus sterk afhangen van de mate waarin de onderneming in staat is, gezien haar product-markt-combinaties, dat verhoogde eiwitgehalte metterdaad te valoriseren.

Daarbij speelt de geografische spreiding dezer ter beschikking komende melk in relatie tot de locatie der verwerkingseenheid in verband met logistieke kosten een dominante rol. In dit voorbeeld profiteert dus zeker de veehouder. De zuivelindustrie ontkomt niet aan gedifferentieerde melkcollectie en de waarderingssystematiek voor boerderijmelk zal noodgedwongen moeten worden gedifferentieerd naar verwerkingsrichting. Voor een positieve premie voor de veehouder, een extra dus boven op de huidige waarderingssystematiek, is mijns inziens dan alleen in bepaalde gevallen enige ruimte.

Een soortgelijke situatie zou ontstaan, wanneer door wijziging van de aminozuursamenstelling en/of volgorde van een of meer casëines de rijpingstijd bij de kaasbereiding aanzienlijk zou kunnen worden teruggebracht. Dat levert, echter alleen bij kaas, een aanzienlijke reductie van het kapitaalsbeslag en derhalve van kosten.

Ik concludeer, dat wijziging in de melksamenstelling noodgedwongen leidt tot differentiatie in zowel melkcollectie als in de waarderingsgrondslagen der gecollecteerde melk. Economische overwegingen zijn bepalend. Het is zelfs niet ondenkbaar, dat de premie voor de in samenstelling gewijzigde melk voor de veehouder een negatieve waarde kan hebben.

Dames en heren, nu zou u wellicht kunnen denken, dat ik wijziging der melksamenstelling als ongewenst beschouw. Niets is echter minder waar. Met de aangehaalde voorbeelden heb ik slechts willen aangeven, dat voorzichtigheid geboden is. Dat gedifferentieerde melkcollectie dan meer regel gaat worden dan uitzondering, en dat de waarde van melk niet meer uitsluitend kan worden gebaseerd op vet- en eiwitgehalten. En dat zal niet nalaten van invloed te zijn op de relatie veehouder - zuivelindustrie - consument.

Samenvatting

Aan de hand van een matrix wordt aangegeven voor welke productierichtingen wijziging in de samenstelling van melk interessant wordt geacht. Geconcludeerd wordt, dat voor alle productierichtingen verlaging van het vetgehalte een na te streven doel moet zijn, terwijl verhoging van het eiwit gehalte alleen interessant is voor de productierichtingen kaas en caseïne. Voor consumptiemelk, poeder en condens zou het eiwitgehalte best mogen dalen, als tenminste eiwitstandaardisatie - noodzakelijk in verband met oneerlijke concurrentie - niet wordt voorgeschreven. Na een korte beschouwing over vet- en eiwitsamenstelling alsmede over enkele bioactieve eiwitten wordt kort ingegaan op de drijvende kracht voor die samenstellingsveranderingen. Geconstateerd wordt, dat de

realisatie daarvan onder het voorbehoud van maatschappelijke acceptatie daarvan, economische voordelen moeten opleveren voor consument, veehouder en/of zuivelindustrie.

Realisatie zal tevens tot gevolg hebben, dat gedifferentieerde melkcollectie meer regel dan uitzondering zal worden. Tevens zal dan het huidige systeem van waardebepaling van boerderijmelk niet langer kunnen worden gehandhaafd. De verwachting wordt uitgesproken, dat de premie op melk met een gewijzigde samenstelling zowel een positieve als een negatieve waarde kan hebben.