

legger van de veevoeding, KELLNER, wel beschikken.

Het verteerbare eiwit speelt een dubbele rol namelijk enerzijds draagt het bij tot de energievoorziening, anderzijds heeft het een stoffelijke rol ten aanzien van de N-voorziening van het dier. KELLNER werkte bij de energielevering met het verteerbare werkelijke eiwit en tot mei 1977 is dat ook hier te lande het geval geweest. Bij het VEM-en bij het VEVI-systeem wordt thans (sinds mei 1977) gewerkt met het verteerbare ruweiwit (waarbij een eventuele NH_4 -fractie wordt afgetrokken) er van uitgaande dat het werkelijke eiwit en de amiden in de voormagen beiden voor een groot deel tot NH_4 en C-ketens worden afgebroken.

Nader onderzoek van het eiwit bracht aan het licht dat alle eiwitten zijn opgebouwd uit een beperkt aantal bouwstoffen, de *aminozuren*. Daarbij gaat het slechts om ruim 20 aminozuren die in allerlei onderlinge verhoudingen en op zeer uiteenlopende wijze met elkaar zijn verbonden. Dit beperkte aantal bouwstof-

fen heeft de mogelijkheid gegeven een nagenoeg oneindig aantal eiwitten op te bouwen. Niet alleen verschillen de eiwitten van diersoort tot diersoort of van plantensoort tot plantensoort, maar ook van orgaan tot orgaan, van weefsel tot weefsel en zelfs tussen cellen in een weefsel kunnen er verschillen zijn in het eiwit.

Eiwitvoeding is in principe het leveren van aminozuren aan mens en dier; deze bouwen daaruit hun eigen specifieke eiwitten weer op. Bij de mens en de eenmagigen is vastgesteld dat een tiental soorten aminozuren in het voedsel moet voorkomen (noodzakelijke of essentiële aminozuren), de resterende aminozuren kunnen daaruit worden gevormd (niet-noodzakelijke of niet-essentiële aminozuren). Bij de herkauwers ligt dit geheel anders omdat daar in feite vooral gesproken kan worden van een N-voeding van de pensflora en deze flora stelt geen hoge eisen aan de N-houdende substantie: als deze maar af te breken zijn tot NH_4 en C-ketens. Deze pens-

bacteriën bouwen bacterie-eiwit op dat eventueel nog ten dele omgezet tot protozoëneiwit dan in lebmaag en darmen aan de gastheer of -vrouw ten goede kan komen. Het grootste deel van de N-houdende stof valt ten offer aan de bacteriën, maar dat deel varieert in hoeveelheid van eiwitsoort tot eiwitsoort, waarbij ook technologische ingrepen een rol kunnen spelen. Door een dergelijke ingreep kan men verbeteringen krijgen ten aanzien van de afbraak door bacteriën (bijv. door hydrolyseren), maar ook is het mogelijk de eiwitafbraak door de bacteriën te remmen (bijv. door een formaldehydebehandeling), waardoor er meer niet-aangetast eiwit in lebmaag en/of darmen terecht kan komen. De laatste jaren is aangetoond dat niet alle eiwitten even snel of even gemakkelijk door de pensflora worden afgebroken. Dat zou bij hoogwaardige eiwitten (veel noodzakelijke aminozuren in goede onderlinge verhoudingen) perspectieven kunnen bieden voor de eiwitvoorziening van het rundvee en andere herkauwers.

Nieuwe inzichten en ontwikkelingen in het eiwitonderzoek bij herkauwers



Ir. S. Tamminga M. Sc. – Instituut voor Veevoedingsonderzoek 'Hoorn' te Lelystad

De productie van de landbouwhuisdieren in Nederland behoort tot de hoogste in de wereld. Dit werd bereikt door een combinatie van een juiste selectie en een goede huisvesting en verzorging. Tot dit laatste behoort ook een goede voeding. Belangrijk daarbij is dat de dieren naast voldoende energie ook voldoende eiwit krijgen. Er is de laatste tijd veel discussie over de vraag hoe het eiwit voedingstechnisch gezien moet worden gewaardeerd. In het algemeen is men het er wel over eens dat er aan het vre-systeem, dat daarvoor nu wordt toegepast, nogal wat bezwaren kleven. Daarom zoekt men naar een nieuw eiwitwaarderingsysteem. Dat dit overigens niet eenvoudig is, blijkt uit dit artikel.

Vraagtekens bij vre

Eiwitten ontleen hun voedingswaarde vooral aan de bestanddelen waaruit ze zijn opgebouwd: de aminozuren. Het dierlijk lichaam gebruikt deze voor het maken van dierlijk eiwit. Ongeveer de helft van deze ca. 20 verschillende aminozuren kan het dier zelf maken. Deze noemt men de niet-essentiële aminozuren. De andere helft, de essentiële aminozuren kan het dierlijk lichaam niet zelf maken. Deze moet het dier daarom kant en klaar in zijn bloed krijgen aangeboden. De eiwitbehoefte van een landbouwhuisdier is dus de behoefte aan essentiële aminozuren plus de behoefte aan bouwstoffen waaruit het dier zelf de noodzakelij-

ke niet-essentiële aminozuren kan maken. Deze behoefte moet gedekt worden door het opnemen ervan in het bloed, vanuit het verteringskanaal, vooral vanuit de dunne darm. De hoeveelheden voedingsstoffen die een dier in zijn bloed opneemt zijn moeilijk direct te meten. Vandaar dat men indirecte schattingen maakt. Als schatting wordt gebruikt het verschil tussen wat er aan ruw eiwit ($\text{N} \times 6,25$) in het voer wordt opgenomen en wat er in de mest wordt uitgescheiden.

Niet alle eiwit in de mest is onverteerd voereiwit. Een gedeelte is van andere oorsprong. Dit gedeelte wordt gemeten als schijnbaar onverteerd voereiwit. Het verschil tussen

opgenomen eiwit en in de mest uitgescheiden eiwit wordt daarom schijnbaar verteerd ruw eiwit genoemd. Het gehalte van verteerbaar ruw eiwit (vre) van een voedermiddel is hierop gebaseerd. In de voeding van herkauwers spreekt men echter van *voedernorm ruw eiwit*. Dit is de ammoniakvrije-N x 6,25 als maat voor de eiwitopname, omdat doorgaans aan ammoniak-N in voeders (b.v. silages) geen eiwitwaarde wordt toegekend.

Bij landbouwhuiscdieren met een enkelvoudige maag zoals varkens en pluimvee heeft men het systeem nog verder verfijnd door ook een schatting te maken van de hoeveelheid afzonderlijke aminozuren die worden verteerd. Bij herkauwers, zoals koeien en schapen geeft het verschil tussen de opname van ruw eiwit in het voer en de uitscheiding in de mest een veel minder goede schatting van de in het bloed van het dier opgenomen hoeveelheid eiwit. Het op deze wijze schatten van de opname van individuele aminozuren in het bloed is bij deze diersoorten nog minder betrouwbaar.

Dat de schattingen bij herkauwers veel slechter zijn dan bij niet-herkauwers is het gevolg van het voormagenstelsel bij de herkauwers. Micro-organismen in de voermagen zorgen namelijk voor een voorverteering van het voer (microbiële fermentatie). Dit heeft tot gevolg dat het opgenomen voereiwit grote veranderingen ondergaat. Hoeveelheid en samenstelling van het eiwit dat in het bloed wordt opgenomen kan daardoor nogal verschillen van die in het voer. Op grond hiervan komt men in het veevoedingsonderzoek steeds meer tot de overtuiging dat het begrip voedernorm ruw eiwit eigenlijk een weinig nauwkeurige maatstaf is voor de eiwitwaarde van voedermiddelen voor herkauwers.

In een aantal landen heeft men daarom nieuwe eiwitwaarderingsystemen voor herkauwers ontwikkeld, gebaseerd op schattingen van de

hoeveelheid uit de darm geresorbeerd (= in het bloed opgenomen) eiwit. Hierbij wordt dus rekening gehouden met de invloed van de gebeurtenissen in de voermagen op de eiwitvoorziening van herkauwers. Een eerste aanzet werd hiertoe gegeven door BURROUGHS (USA, 1972), gevolgd door SATTER & ROFFLER (USA, 1975), CHALUPA (USA, 1975), KAUFMANN (W.-Duitsland, 1977) ROY e.a. (Gr. Br. 1977) en VERITÉ e.a. (Fr., 1978).

Nieuwe eiwitwaarderingsystemen voor herkauwers

Zoals gezegd zijn de nieuwe eiwitwaarderingsystemen voor herkauwers gebaseerd op het schatten van de hoeveelheid uit het darmkanaal geresorbeerd eiwit. Het is dus niet meer het verschil tussen met het voer opgenomen en in de mest uitgescheiden eiwit (de basis van voedernorm ruw eiwit).

Dat het werken met het oude of het nieuwe systeem zeer verschillende uitkomsten kan geven, illustreert tabel 1. Het zijn de uitkomsten van een proef op het Instituut voor Veevoedingsonderzoek (IVVO) met 3 melkkoeien die voorzien waren van een fistel in het begin van de dunne darm. Daardoor kon de hoeveelheid eiwit, die de dunne darm binnenkwam, worden gemeten. Bij deze dieren is uiteraard ook de hoeveelheid in het voer opgenomen en de hoeveelheid in de mest uitgescheiden eiwit bepaald. Hierdoor werd het mogelijk een vergelijking te maken tussen de hoeveelheid schijnbaar verteerd eiwit (als maat voor voedernorm ruw eiwit) en de hoeveelheid uit het darmkanaal geresorbeerd eiwit.

Uit tabel 1 blijkt dat bij een laag eiwitgehalte aanmerkelijk meer ruw eiwit uit het darmkanaal werd geresorbeerd dan er vre via het voer was opgenomen. Enigszins vooruitlopend op een uitgebreidere verkla-

ring kan gesteld worden dat dit mogelijk is omdat er zoveel energie voor de micro-organismen beschikbaar was, waardoor er meer microbiëel eiwit kon worden gemaakt dan er voereiwit werd afgebroken. De hiervoor nodige extra stikstof (N) kan beschikbaar komen door recycling. Dat wil zeggen dat een gedeelte van de eindprodukten van de eiwitstofwisseling van het dier die normaal (met name als ureum) in de urine zou worden uitgescheiden, wordt teruggevoerd naar de voermagen. Dat gaat hetzij via het speeksel, hetzij via de penswand direct uit het bloed.

Bij hoge eiwitgehalten werd nogal wat minder eiwit uit het darmkanaal geresorbeerd dan als vre in het voer werd opgenomen. Wanneer het rantsoen veel eiwit bevat wordt er meer eiwit afgebroken dan er microbiëel eiwit kan worden gemaakt, omdat er onvoldoende energie voor de micro-organismen beschikbaar is. Aanvankelijk is er in de voermagen een ophoping van ammoniak, dat echter via het bloed wordt afgevoerd naar de lever. Daar wordt het omgezet in ureum en grotendeels afgevoerd naar de nieren, waar het wordt uitgescheiden in de urine. Dit gedeelte wordt in het nu in Nederland gebruikte eiwitwaarderingsstelsel wel als vre berekend, maar het heeft voor het dier geen enkele eiwitwaarde.

Opgemerkt moet worden dat zowel het rantsoen met het lage ruw-eiwitgehalte (13,6% re/ds), als dat met het hoge ruw-eiwitgehalte (24,5% re/ds) onder Nederlandse omstandigheden niet vaak gevoerd zal worden.

In de nieuwe eiwitwaarderingsystemen voor herkauwers wordt een schatting gemaakt van enerzijds de hoeveelheid voereiwit die in de voermagen niet door micro-organismen wordt afgebroken en anderzijds van de hoeveelheid microbiëel eiwit die in de voermagen wordt gevormd. Beide hoeveelheden eiwit

Tabel 1 Schijnbaar verteerd ruw eiwit (vre) en schijnbaar uit het darmkanaal geresorbeerd ruw eiwit in melkkoeien

	Ds-opname (kg/dag)					
	8,2			12,9		
Re/ds	13,6	19,3	24,5	13,6	19,3	24,5
Opg. vre (g/dag)	696	1 181	1 435	1 070	1 774	2 517
Geres. re (g/dag)	978	1 152	1 154	1 730	2 054	2 357
Verskil (g/dag)	+ 282	- 29	- 281	+ 660	+ 280	- 160
Verskil (%)	+ 41	- 2	- 20	+ 62	+ 16	- 6

samen bepalen vrijwel geheel de totale hoeveelheid eiwit die in de dunne darm voor vertering en opname in het bloed beschikbaar komt. In beperkte mate wordt er in de nieuwe systemen rekening mee gehouden dat niet alle stikstof in de dunne darm eiwitstikstof (aminozuren) is. De mate waarin het eiwit uit de dunne darm in het bloed komt is eveneens een onderdeel van de nieuwe eiwitwaarderingsystemen. Ten slotte wordt een schatting gemaakt van de benutting van geresorbeerd eiwit voor onderhoud en voor productie (melk, vlees en wol). De gebruikte factoren zijn in hoofdzaak gebaseerd op proefuitkomsten met dieren die voorzien waren van één of meerdere fistels op diverse plaatsen in het verteringskanaal (pens, lebmaag, begin dunne darm, eind dunne darm).

Afbraak van voereiwit in de voormagen (Figuur 1)

Het door een herkauwer opgenomen voer ondergaat in de voormagen, met name in de pens, een uitgebreide microbiële afbraak door de daar aanwezige miljarden bacteriën en protozoën. Hierdoor worden zowel eiwit-, koolhydraat- als vetstofwisseling beïnvloed (TAMMINGA, e.a., 1978b). Opgenomen voereiwit wordt daarbij in eerste instantie afgebroken in peptiden en vervolgens in aminozuren, die op hun beurt verder kunnen worden afgebroken in vluchtige vetzuren en ammoniak. De mate van eiwitafbraak is niet voor alle voedermiddelen gelijk en kan variëren van minder dan 40 tot meer dan 90%. Dat betekent dat van het opgenomen voereiwit vaak minder dan de helft onveranderd de dunne darm bereikt. Van daaruit kan het, mits het verteerbaar is, in het bloed worden opgenomen, zodat het door het dier kan worden gebruikt.

In de nieuwe eiwitwaarderingsystemen wordt een schatting gemaakt van de mate van afbraak van voereiwit. Door alle ontwerpers wordt aangenomen dat een variërend percentage van het voereiwit wordt afgebroken. Sommigen (SATTER en ROFFLER, 1975; KAUFMANN, 1977) vinden echter dat er te weinig en niet voldoende betrouwbare gegevens zijn om de voedermiddelen elk afzonderlijk een waarde voor eiwitafbreekbaarheid in de voormagen

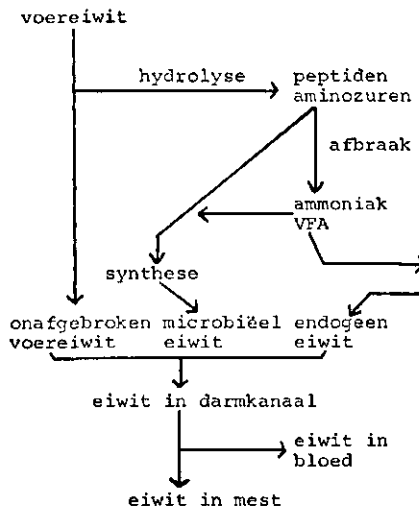


Fig. 1 Eiwitstofwisseling in herkauwers

toe te kennen. In deze systemen wordt derhalve met een constante afbraakfactor gerekend, tussen de systemen variërend van 60 tot 70%. In de overige systemen wordt wel onderscheid gemaakt in eiwitafbreekbaarheid tussen verschillende voedermiddelen. In het Britse systeem (ROY e.a., 1977) worden de voedermiddelen ingedeeld in klassen met een eiwitafbreekbaarheid van resp. 40, 60 en 80%. BURROUGHS (1972) kent aan elk voedermiddel een eigen eiwitafbreekbaarheid toe, maar de herkomst van zijn schattingen is niet altijd duidelijk. Het Franse systeem (VERITÉ e.a., 1978) ging ervan uit dat in kunstmatig speeksel oplosbaar eiwit voor 100% en hierin niet oplosbaar eiwit voor 35% wordt afgebroken. Dit resulteert ook in het Franse systeem in een karakteristieke eiwitafbreekbaarheidswaarde voor ieder voedermiddel.

Synthese van microbiëel eiwit in de voormagen

In de voormagen van herkauwers vormen de micro-organismen in hun groei ook eiwit, dat na afvoer van de microbiële massa naar de dunne darm, door het dier enzymatisch verteerd en in het bloed opgenomen kan worden. De hoeveelheid microbiëel eiwit die op deze manier voor het dier beschikbaar komt, is veel meer afhankelijk van de hoeveelheid energie die voor de micro-organismen beschikbaar komt dan van de hoeveelheid afbreekbaar eiwit. Vandaar dat de hoeveelheid

microbiëel eiwit die in de voormagen van herkauwers kan worden gemaakt, doorgaans gerelateerd wordt aan de hoeveelheid organische stof die in de voormagen wordt omgezet. Omdat veelal wordt aangenomen dat een vast aandeel van de totale vertering van de organische stof plaats vindt in de voormagen, is hieruit gemakkelijk het verband tussen microbiële eiwitsynthese en de opname van verteerbare organische stof (vos) te berekenen. De gehanteerde schattingen voor de microbiële eiwitsynthese zijn alle binnen een systeem constant, maar variëren tussen de systemen van 70 tot 135 g microbiëel ruw eiwit per kg opgenomen vos.

Kwaliteit van ruw eiwit (N x 6,25) in de dunne darm

Eiwit ontleent zijn waarde aan de aminozuren. Het bepalen van het gehalte aan aminozuren in een voedermiddel is echter een moeilijke, tijdrovende en kostbare zaak, waarvoor dure en gecompliceerde apparatuur nodig is. Deze bepalingsmethode werd in de laatste 25 jaar ontwikkeld. Al veel eerder heeft men echter vastgesteld dat zuivere eiwitten gemiddeld 16% N bevatten. Het N-gehalte van een voedermiddel is veel eenvoudiger te bepalen dan het gehalte aan aminozuren. Op een tamelijk simpele wijze kan dus het eiwitgehalte worden geschat door het N-gehalte te bepalen en dit te vermenigvuldigen met 6,25.

Deze methode is alleen betrouwbaar als aminozuren het leeuwendeel vormen van alle in een voedermiddel voorkomende N-houdende stoffen en wanneer de aminozuren voorkomen in verhouding die niet teveel afwijkt van de 'gemiddelde' aminozuursamenstelling van een eiwit. Dit laatste is niet altijd het geval. Daarom wordt bijvoorbeeld voor melk-eiwit de factor 6,38 gebruikt in plaats van 6,25.

Naast aminozuren bevatten vele voedermiddelen ook nog andere N-houdende verbindingen, zoals nucleïnezuren, die doorgaans vrij gemakkelijk verteerbaar zijn. Aan deze N-houdende bestanddelen wordt dus (vaak ten onrechte) een eiwitwaarde toegekend. In ruwvoerders, met name in silages komen nogal eens hoeveelheden ammoniak (NH₃) van betekenis voor. In de eiwitwaar-

dering van herkauwers wordt hieraan doorgaans geen eiwitwaarde toegekend. Men gaat dan uit van NH₃-vrij ruw eiwit.

Niet alle N-houdende verbindingen in de dunne darm kunnen dus tot eiwit-N worden gerekend. Daarom wordt in de meeste nieuwe systemen een correctie aangebracht voor NH₃-N in de dunne darm. De ammoniakvrije-N (NAN) wordt na vermenigvuldiging met 6,25 gebruikt als maatstaf voor het eiwit. In de meeste systemen wordt bovendien aangenomen dat van microbiëel ruw eiwit slechts 80% beschouwd mag worden als echt eiwit, dat wil zeggen aminozuren. De rest van de N wordt toegeschreven aan de nucleïnezuuren.

Opname van eiwit uit de dunne darm in het bloed

Opname vanuit de darm naar het bloed betekent niet in alle systemen hetzelfde. Sommige systemen (SATTER & ROFFLER, 1975; CHALUPA, 1975; ROY e.a., 1977) gebruiken de schijnbare opname dat wil zeggen het verschil in eiwitpassage tussen het begin en het eind van de darm, dus inclusief endogeen eiwit. Dit laatste is afkomstig van vooral verteringsenzymen en afgeschilderde darmepitheelcellen. Anderen (BURROUGHES e.a., 1972; KAUFFMANN, 1977; VERITÉ e.a., 1978) corrigeren voor endogeen eiwit en gebruiken een 'ware' opname in het bloed van eiwit dat de dunne darm binnenkomt.

Opname van eiwit in het bloed wordt in de systemen weergegeven met het percentage dat uit de darm geresorbeerd wordt. Het Engelse en Duitse systeem hanteren één percentage voor de resorptie van voereiwit en van microbiëel eiwit, de andere systemen gebruiken een verschillend percentage voor beide soorten eiwit. In sommige systemen (BURROUGHES e.a., 1972; CHALUPA,

1975; VERITÉ e.a., 1978) wordt bovendien voor niet-afgebroken voereiwit dat afkomstig is van verschillende voedermiddelen een verschillend percentage voor de resorptie gebruikt. Tussen de verschillende systemen varieert de mate van resorptie van eiwit uit de dunne darm naar het bloed van 70 tot 95%.

De benutting van geresorbeerd eiwit

Voor een optimale produktie moeten eiwitaanbod en eiwitbehoefte met elkaar in evenwicht zijn. De behoefte valt uiteen in een behoefte voor onderhoud en een behoefte voor produktie. De onderhoudsbehoefte van een dier hangt meer samen met zijn omvang dan met zijn gewicht. Als maat voor de omvang gebruiken we het begrip metabolisch gewicht (= G^{3/4}). De onderhoudsbehoefte voor eiwit bedraagt in de meeste nieuwe systemen dan ook een vaste hoeveelheid eiwit per kg metabolisch gewicht. Bij de behoefte voor produktie gaat men vaak uit van de netto eiwituitscheiding (bijvoorbeeld melk) of eiwitaanzet (bijvoorbeeld vlees, wol), verhoogd met een benuttingsfactor. In de verschillende systemen varieert deze laatste factor van 0,50 tot 0,95.

In een vergelijking van nieuwe eiwitwaarderingsystemen voor herkauwers vonden VERITÉ e.a. (1978) dat tussen de verschillende systemen de onderhoudsbehoefte van een koe (600 kg melkproduktie; 25 kg melk per dag) varieerde van 100 tot 395 g uit het darmkanaal geresorbeerd eiwit. De behoefte per kg FCM (melk met 4% vet) varieerde van 36 tot 53 g uit het darmkanaal geresorbeerd eiwit. Hierbij moet nog opgemerkt worden dat ofschoon alle systemen wel de hoeveelheid uit het darmkanaal geresorbeerd eiwit als uitgangspunt nemen dit niet in alle systemen precies hetzelfde betekent. Het traject waarover de resorp-

tie werd bepaald was namelijk niet in alle gevallen gelijk en voorts werken sommige systemen met 'ware' en andere met 'schijnbare' resorpties. Omdat deze verschillen ook doorwerken in de eiwitwaarde die aan voedermiddelen worden toegekend, zijn de verschillen in werkelijkheid kleiner dan met bovengenoemde getallen wordt gesuggereerd.

Kortgeleden zijn de door de ontwerpers van de verschillende systemen gebruikte factoren (onder andere voor eiwitafbraak, microbiële eiwitsynthese, percentage werkelijk eiwit in microbiëel ruw eiwit, mate van resorptie uit het darmkanaal en benutting van geresorbeerd eiwit) met elkaar vergeleken (WALDO, 1978; VERITÉ e.a., 1978). Tabel 2 geeft een overzicht van een aantal van deze factoren.

Betrouwbaarheid van onderdelen van de nieuwe eiwitwaarderingsystemen

De nieuwe eiwitwaarderingsystemen voor herkauwers hebben een gefundeerder fysiologische grondslag dan het vre-systeem. De principes van de nieuwe systemen kunnen wij daarom onderschrijven. De getallen die gebruikt worden voor de verschillende onderdelen ervan zijn echter niet erg nauwkeurig. Voordat dit probleem bevredigend is opgelost is nog veel onderzoek noodzakelijk. Waar de knelpunten liggen wordt in het navolgende duidelijk gemaakt.

Variatie in de afbraak van voereiwit

De afbraak van voereiwit in de voermagen van herkauwers is afhankelijk van een aantal factoren, die ten dele samenhangen met het voer en ten dele met het dier (TAMMINGA, 1978b). In het voer zijn vooral oplosbaarheid en structuur van het eiwit van belang voor de afbraak ervan. Veel onderzoek is verricht naar de

Tabel 2 Vergelijking van factoren in nieuwe eiwitwaarderingsystemen voor herkauwers

	USA-1	USA-2	USA-3	Gr. Br.	W-Dld.	Frkr.
Afbraak voereiwit	0,5-0,9	0,6	0,3-0,6	0,4-0,8	0,6	0,4-0,9
Microbiële eiwit synthese (g/kg vos)	130	125	70	122	135	135
Werkelijk eiwit in micr. ruw eiwit	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8
Benutting van ge eiwit	0,5-0,9	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6-0,7

invloed van de oplosbaarheid, maar dit onderwerp wordt elders in dit nummer besproken (BOEKHOLT, 1978).

Een belangrijke diergebonden factor die van invloed is op de afbraak van het voereiwit, is de passagesnelheid van het voer door de voermagen. Deze hangt nauw samen met het opnameniveau. Recent onderzoek aan het IVVO heeft uitgewezen dat bij een hogere voederopname een kleiner deel van het voereiwit in de voermagen van melkkoeien wordt afgebroken (TAMMINGA e.a., 1978a). Bij het verhogen van de opname van 8,2 naar 12,9 kg droge stof per dag daalde de afbraak van voereiwit in de voermagen van 74 naar 60%.

Een laatste aspect in verband met de afbraak van voereiwit is de gebruikte meetmethode. De betrouwbaarheid van schattingen van de afbraak van voereiwit in het dier zelf staat of valt met de nauwkeurigheid waarmee onderscheid gemaakt kan worden tussen voereiwit en microbiëel eiwit. Tot nu toe zijn er in vivo alleen maar meetmethoden beschikbaar voor het aantonen van microbiëel eiwit. Niet afgebroken voereiwit wordt dan geschat als het verschil tussen totaal eiwit en microbiëel eiwit in de dunne darm. De nauwkeurigheid van methoden om microbiëel eiwit in het dier te meten laat te wensen over (TAMMINGA, 1978 a). Omdat bovendien niet altijd rekening wordt gehouden met de aanwezigheid van endogeen eiwit, is ook de nauwkeurigheid waarmee de mate van afbraak van voereiwit geschat wordt, beperkt.

Variatie in de synthese van microbiëel eiwit

Tot voor kort werd aangenomen dat de hoeveelheid in de voermagen gesynthetiseerd microbiëel eiwit per eenheid in de voermagen voor de micro-organismen beschikbaar komende energie vrijwel kohstant was en 17 g ruw eiwit per 100 g gefermenteerde os bedroeg. Gemeten verschillen werden geheel toegeschreven aan meetfouten. Recente in vitro onderzoeken hebben echter uitgewezen dat de hoeveelheid microbiëel eiwit die per eenheid substraat gesynthetiseerd wordt, kan variëren van 10 tot 40 g ruw eiwit per 100 g in de voermagen gefermenteerde os, afhankelijk van groei-

snelheid, aard van het substraat en chemische samenstelling van het gevormde microbiële materiaal (zie onder andere TAMMINGA, 1978 a). De bij fermentatie van het opgenomen voer vrijgemaakte ATP is de belangrijkste beperkende factor voor microbiële groei. Hoeveel ATP de micro-organismen uit het opgenomen voer kunnen maken hangt af van de samenstelling van het opgenomen voer (structurele koolhydraten, niet-structurele koolhydraten, vet, eiwit). Naast energie (ATP) is een N-bron noodzakelijk, die ten minste NH₃ kan leveren. Er zijn aanwijzingen dat de groei van micro-organismen in de voermagen beter is als er naast NH₃, die afkomstig kan zijn van zowel de afbraak van eiwit-N als van NPN (b.v. ureum), ook een hoeveelheid eiwit (aminozuren) beschikbaar is.

Net als onze landbouwhuisdieren hebben de micro-organismen in de voermagen energie (ATP) nodig voor onderhoud en voor groei. Wanneer hun groeisnelheid hoog is hebben ze relatief minder energie nodig voor onderhoud en blijft er meer over voor (netto) groei. De produktie van microbiële massa en daarmee van microbiëel eiwit per eenheid voor de micro-organismen beschikbaar komende energie is dan hoger. Ter vergelijking: Een hoogproductieve melkkoe produceert per kg voer ook meer melk dan een laagproductieve, omdat in het laatste geval een groter deel van het voer nodig is voor onderhoud.

Variatie in de samenstelling van ruw eiwit (N x 6,25) in de darm

De nieuwe eiwitwaarderingssystemen houden er rekening mee dat niet alle stikstof in de dunne darm in aminozuren voorkomt. In de meeste systemen wordt ammoniak-N en nucleïnezuur-N afkomstig van micro-organismen niet als eiwit beschouwd. Het is echter de vraag of dit voldoende is. Uit de analyses van darminhoud, uitgevoerd aan het IVVO, blijkt dat 10 à 15% van de totale N in darminhoud van onbekende herkomst is (tabel 3). De aanname dat de N van onbekende oorsprong volledig uit eiwit-N (aminozuur-N) bestaat, lijkt aanvechtbaar, temeer omdat al een correctie is aangebracht voor verliezen die optreden bij de voorbehandeling (hydrolyse) voor de aminozuurbepa-

ling. Opgemerkt moet worden dat het aminozuur tryptofaan in de meeste gevallen niet bepaald is, maar in de weinige gevallen dat dit wel werd gedaan, leverde het slechts enkele procenten van de totale N. Er is dus nog onderzoek nodig naar de herkomst en samenstelling van deze rest N.

Variatie in de resorptie van eiwit uit de darm

In sommige nieuwe systemen wordt voor de mate van resorptie onderscheid gemaakt tussen voereiwit en microbiëel eiwit. De mate van resorptie voor voereiwit is niet in alle systemen hetzelfde voor alle voedermiddelen. Waarop deze verschillen berusten is vaak niet erg duidelijk.

Hoewel dat in geen enkel nieuw systeem duidelijk tot uitdrukking komt, zijn er veel onderzoeksuitkomsten die aantonen dat er verschil bestaat tussen de mate van resorptie van aminozuur-N en ander N. Aminozuur-N wordt doorgaans iets beter geresorbeerd dan andere N. In tabel 4 worden de schijnbare resorpties gegeven van totaal-N, aminozuur-N en niet-aminozuur-N zoals die in proeven met van darmfistels voorziene melkkoeien op het IVVO zijn gevonden.

Een belangrijk deel van de rest-N bestaat uit nucleïnezuren en ammoniak. Van beide is bekend dat ze goed resorbeerbaar zijn. Hieruit kan dus worden opgemaakt dat de resorptie van de onbekende N (10-15% van het totaal) erg laag moet zijn.

Tabel 3 Samenstelling van ruw eiwit in de dunne darm van herkauwers

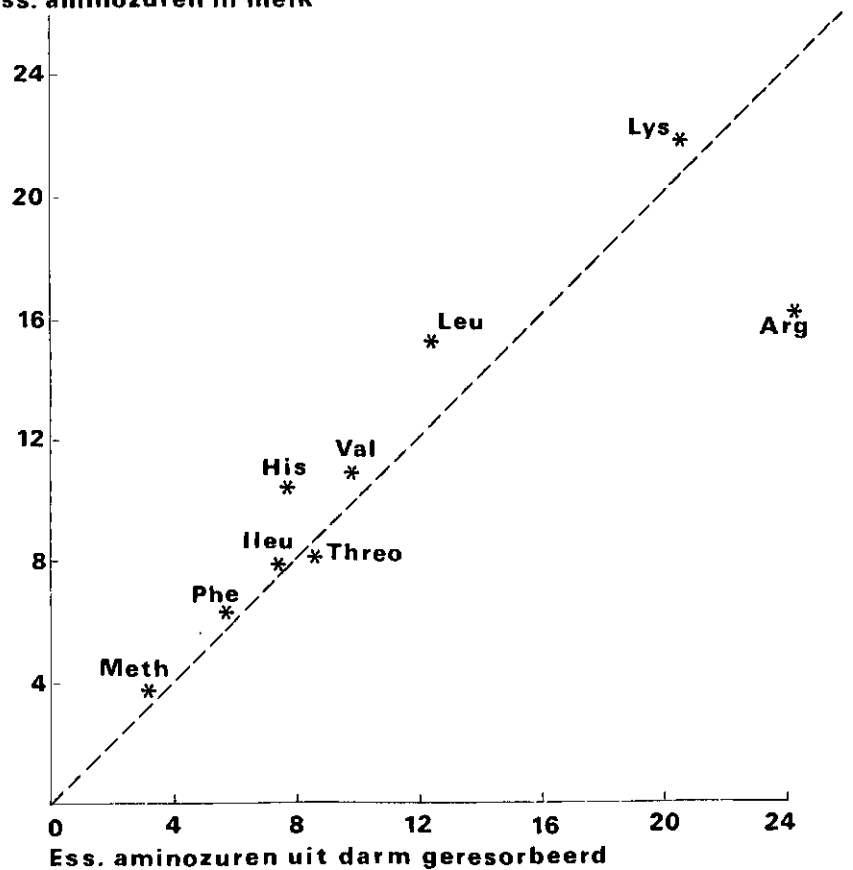
N-Bron	Aandeel in %	
Aminozuren		65
- ess. aminozuren	32	
- niet-ess. aminozuren	33	
Amides		4
Nucleïnezuren		11
Ammoniak		6
Onbekend (rest)		14
Totaal		100

Tabel 4 Resorptie van ruw eiwit uit het darmkanaal van koeien in %

N-bron	Gemiddelde resorptie	Variatie
Totaal-N	70	63-78
Aminozuur-N	75	67-83
Rest-N	61	45-77

Fig. 2 Verband tussen de samenstelling van uit de darm geresorbeerde essentiële aminozuren en in de melk uitgescheiden essentiële aminozuren. (Uitgedrukt in g essentieel aminozuur-N als % van totaal essentieel aminozuur-N)

Ess. aminozuren in melk



Benutting van eiwit na resorptie

Na resorptie in het bloed kunnen de aminozuren als energiebron of als bouwstenen voor het maken van eiwit worden gebruikt. Een dier zal allereerst zijn energiebehoefte proberen te dekken. Wanneer aminozuren niet primair als energiebron nodig zijn, kunnen ze voor een aantal doeleinden worden aangewend. Allereerst zijn aminozuren nodig voor onderhoud, dat wil zeggen het vervangen van enzymen en hormonen of het vernieuwen van weefsels. Ook het verteringsproces zelf kost eiwit in de vorm van enzymen en afgeschilferde darmepitheelcellen. Verder worden verliezen aan N via huid en haren doorgaans tot het onderhoud gerekend. Als er, nadat de behoefte voor onderhoud gedekt is nog aminozuren over zijn, kunnen deze gebruikt worden voor de produktie van melk, vlees of wol. De mate waarin dat gebeurt is afhankelijk van de fysiologische status en de erfelijke aanleg van het dier. Soms worden aminozuren gebruikt voor het maken van glucose (gluconeogenese), maar over het belang hiervan lopen de meningen uiteen.

Wanneer er na het gebruiken van geresorbeerde aminozuren voor alle bovengenoemde processen nog aminozuren in het bloed over zijn, worden deze gebruikt als extra energiebron, dat wil zeggen ze worden gedestamineerd en het overblijvende koolstof-skelet wordt verder afgebroken, waarbij voor het dier energie beschikbaar komt. In alle nieuwe eiwitwaarderingssystemen is een benuttingsfactor ingevoerd om aan te geven met welke efficiëntie de geresorbeerde aminozuren voor de verschillende doeleinden worden gebruikt. Dat deze efficiëntie beneden 100% ligt komt onder andere doordat de aminozuren niet precies worden geresorbeerd in een verhouding die nodig is voor het proces waarvoor het dier ze gebruikt (onderhoud, produktie). De geresorbeerde aminozuren worden dan gebruikt in de verhouding zoals ze nodig zijn, totdat er van één aminozuur niets meer over is. Van de aminozuren die er dan nog over zijn kan het dier geen eiwit meer maken. Ze worden gebruikt als energiebron. Om hierin bij melkkoeien meer inzicht te krijgen werd een vergelijking gemaakt tussen de aminozuursamen-

stelling van uit de darm geresorbeerd eiwit en in de melk uitgescheiden eiwit (TAMMINGA & VAN HELLEMOND, 1977). Uit de resultaten, (figuur 2) blijkt dat de aminozuursamenstelling vanuit het darmkanaal geresorbeerd eiwit goed overeen komt met wat er voor melkeiwit netto nodig is. Over de benutting van aminozuren voor verschillende doeleinden zijn zeer weinig gegevens beschikbaar. De gegevens die er zijn hebben vooral betrekking op de efficiëntie waarmee door de melkklier aminozuren uit het bloed worden opgenomen en vervolgens ingebouwd en uitgescheiden in melkeiwit. Deze schattingen zijn meestal het resultaat van metingen waarin werd bepaald wat er aan aminozuren via het slagaderlijke bloed de melkklier binnenkomt en wat er via het aderlijke bloed weer uitgaat als maat voor de opname van aminozuren. Deze opname kan dan worden vergeleken met wat er aan aminozuren in de melk wordt uitgescheiden. Uit de beschikbare gegevens komt naar voren dat het produceren van melkeiwit plaats vindt met een efficiëntie variërend van 65 tot 95%.

Conclusies

- Het nu in Nederland gebruikte systeem voor eiwitwaardering voor herkauwers gebaseerd op voedernorm ruw eiwit heeft tekortkomingen en is fysiologisch zwak onderbouwd.
- Met de huidige kennis kan men eiwitwaarderingssystemen ontwikkelen die fysiologisch beter onderbouwd zijn en waarin onder andere rekening wordt gehouden met de invloed van microbiële fermentatie in de voormagen.
- De nieuwe ontwikkelde eiwitwaarderingssystemen voor herkauwers zijn aanzienlijk gecompliceerder dan het systeem dat gebaseerd is op voedernorm ruw eiwit.
- Veel onderzoek is nog nodig om te komen tot nauwkeurige schattingen voor een aantal onderdelen van de nieuwe eiwitwaarderingssystemen. Dit geldt vooral voor de afbraak van voereiwit, de synthese van microbiële eiwit in de voormagen, en de benutting van geresorbeerd eiwit voor diverse doeleinden.
- Hoewel wij de eiwitbehoefte van herkauwers, evenals dat bij de éénmagige dieren reeds mogelijk is, graag zouden uitdrukken in de behoefte aan aminozuren zal dit nog lange tijd op zich laten wachten.

Literatuur

1 Boekholt, H. A., 1978.

De oplosbaarheid van eiwitten/NPN verbindingen en de betekenis daarvan in de rundveevoeding. *Bedrijfsontwikkeling* 10(1979)2.

2 Burroughs, W., Trenkle, A. H. en Vetter, R. L., 1972.
Proposed new system of evaluating protein nutrition of feedlot cattle. *Iowa State University A. S. Leaflet* R 161.

3 Chalupa, W., 1975.
Amino acid nutrition of growing cattle. In: *Tracer studies on non-protein nitrogen for ruminants III* pp. 175-194 IAEA, Vienna.

4 Kaufmann, W., 1977.
Calculation of the protein requirements for dairy cows according to measurements of N metabolism. In: *Proc. 2nd Int. Symp. on Protein Metabolism and Nutrition*, pp. 130-132 PUDOC, Wageningen.

5 Roy, J. H. B., Balch, C. C., Miller, E. L., Ørskov, E. R. en Smith, R. H., 1977.

Calculation of the N-requirements for ruminants from nitrogen metabolism studies. In: *Proc. 2nd Int. Symp. on Protein Metabolism and Nutrition*, pp. 126-129 PUDOC, Wageningen.

6 Satter, L. en Roffler, R. E., 1975.
Nitrogen requirement and utilisation in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 58: 1219-1237.

7 Tamminga, S., 1978a.
Measurement of microbial protein synthesis in the rumen. In: *Rumi-*

nant digestion and feed evaluation, pp. 5.1-5.12 Agricultural Research Council, London.

8 Tamminga, S., 1978.
Protein degradation in the forestomachs of ruminants. *J. An. Sci.* (in druk).

9 Tamminga, S. en van Hellemond, K. K., 1977.
The protein requirements of dairy cattle and developments in the use of protein, essential amino acids and non protein nitrogen in the feeding of dairy cattle. In: *Protein and non protein nitrogen for ruminants*, pp. Academic Press, London.

10 Tamminga, S., van der Koelen, C. J. en van Vuuren, A. M., 1978.
The effect of the level of feed intake on nitrogen entering the small intestine of dairy cows. *Livestock Production Science* (in druk).

11 Tamminga, S., van Vuuren, A. M. en van der Koelen, C. J., 1978.
De betekenis van pensfermentatie bij herkauwers. *Landbouwkundig tijdschrift* 90: 197-203.

12 Verité, Journet, M. en Jarrige, R., 1978.
A new system for the protein feeding of ruminants. *Livestock Production Science* (in druk).

13 Waldo, D. R., 1978.
Concepts, evaluations, and prediction of nitrogen utilisation by ruminants. *Proc. Georgia Nutr. Conf.*

De oplosbaarheid van eiwitten en NPN-verbindingen en de betekenis daarvan in de rundveevoeding



Dr. ir. H. A. Boekholt - Vakgroep Dierfysiologie van de Landbouwhogeschool te Wageningen

Reeds lange tijd wordt er veel aandacht besteed aan het eiwitmetabolisme van de herkauwer. Terecht heeft men daarbij een grote belangstelling getoond voor de microbiële aspecten van de pensfermentatie. De uitgevoerde onderzoeken

hebben ons een goed inzicht gegeven in de kwalitatieve aspecten van de N-huishouding van rundvee en schapen. De verbreding van dit inzicht heeft er in de laatste jaren toe geleid dat verschillende nieuwe systemen voor de eiwitwaardering van

herkauwers zijn voorgesteld. Deze systemen zijn gebaseerd op een schatting van de hoeveelheid eiwit die het begin van de dunne darm bereikt en geresorbeerd kan worden. Deze hoeveelheid kan zowel groter als kleiner zijn dan de hoeveelheid