

Review / Oorsig**Die huidige stand van proteïenevaluasie**

L.J. Erasmus

Navorsingsinstituut vir Vee- en Suiwelkunde, Privaatsak X2, Irene 1675, Republiek van Suid-Afrika

Ontvang 24 Januarie 1989; aanvaar 27 November 1989

The current status of protein evaluation. Six new protein evaluation systems from the USA and Europe are compared as regards the essential elements and efficiency coefficients used in each system. There are considerable differences in terms of microbial protein production per unit energy intake, digestibility of microbial crude protein and undegraded dietary protein, as well as efficiency of utilization of absorbed amino acids. The protein requirement and total dietary composition for a high-producing dairy cow, as calculated by each system, is given as an example. Protein degradability values for various South African feedstuffs are given and the practical application of the degradable protein system is discussed.

Ses nuwe proteïenevalueringstelsels vanuit die VSA en Europa word vergelyk in terme van die essensiële elemente en doeltreffendheidskoëffisiënte wat in elke stelsel gebruik word. Daar is aansienlike verskille ten opsigte van mikrobiële proteïenproduksie per eenheid energie-inname, verteerbaarheid van mikrobiële ruproteïene en nie-degradeerbare proteïene, sowel as doeltreffendheid van benutting van geabsorbeerde aminosure. Die proteïenbehoefte en totale dieetsamestelling van 'n hoogproduserende melkkoei, soos bereken volgens elk van die stelsels, word as voorbeeld gebruik. Proteïendegradereerbaarheidswaardes van verskeie Suid-Afrikaanse dieetkomponente word gegee en die praktiese toepassing van die degradeerbare proteïenstelsel word bespreek.

Keywords: Protein evaluation systems, rumen degradable protein, undegraded dietary protein.

Inleiding

Daar word algemeen aanvaar dat die verteerbare ruproteïenstelsel (DCP) ontoereikend is vir die beskrywing van die proteïenwaarde van dieetkomponente vir herkouers en dat die nuwe proteïenevalueringstelsels 'n meer bevredigende fisiologiese basis het as die DCP-sisteem (Madsen, 1985; Röhr, 1987; Van der Honing & Alderman, 1988). Met die nuwe stelsels val die klem op die voorspelling van die hoeveelheid aminosure wat in die bloed geabsorbeer word, terwyl die DCP-sisteem die verskil tussen die ruproteïene (CP) in die voer en die CP in die mis uitgeskei, as basis het. Met die DCP-stelsel ontstaan die situasie dan dat dieselfde DCP-inname, maar vanaf verskillende dieetkomponente, nie dieselfde prestasie in terme van groei en wol- of melkproduksie lewer nie. Redes vir hierdie variasie in prestasie is onder andere dat ammoniak (NH_3) wat in die bloed geabsorbeer word en dan in die urine uitgeskei word, as DCP gemeet word; dat stikstof (N) vanaf nie-proteïenstikstof (NPN) beskou word asof van dieselfde gehalte as N van natuurlike proteïene; dat metaboliese misstikstof (MFN) 'n veranderlike komponent is wat nie bevredigend geïnkorporeer word nie; en dat die hersirkulasie van N in die rumen lei tot 'n oorskatting van DCP.

Die belangrikste faktore wat die proteïenwaarde van 'n dieetkomponent bepaal is die rumendegradereerbaarheid van dieetproteïene, die hoeveelheid mikrobiële proteïene wat in die rumen geproduseer word, die verteerbaarheid van die nie-degradeerbare fraksie in die dunderm en die doeltreffendheid van benutting van die geabsorbeerde mengsel van mikrobiële en nie-degradeerbare proteïene (Miller & Ørskov, 1986). Aangesien al hierdie elemente vervat is in die nuwe proteïenevalueringstelsels, sal hierdie Oorsig hoofsaaklik handel oor 'n vergelyking

tussen die verskillende stelsels. Hierdie onderwerp is breedvoerig bespreek deur Alderman (1987) asook Van der Honing & Alderman (1988).

Nuwe proteïenevalueringstelsels

Sedert 1977 is ses nuwe proteïenevalueringstelsels gepubliseer. Die stelsels is in chronologiese volgorde:

1. Die Britse RDP/UDP (rumen degradeerbare proteïene/nie-degradeerbare proteïene)-sisteem van Roy, Balch, Miller, Ørskov & Smith (1977) wat deur die ARC (1980) gepubliseer, en ook hersien is (ARC, 1984).
2. Die Franse 'Protein Digested in the Intestine'- of PDI-sisteem van INRA (1978). Die stelsel is ook hersien (INRA, 1987).
3. Die Switserse 'Absorbable Protein in the Intestine'- of API-sisteem van Landis (1979). Hierdie sisteem is afgelei van die Franse PDI-sisteem.
4. Die Wes-Duitse (WD) 'Crude Protein Flow at the Duodenum'-sisteem (Ausschuss für Bedarfsnormen, 1986).
5. Die Nordiese AAT-PBV-sisteem gebaseer op die 'Amino Acids truly Absorbed in the Small Intestine' (AAT) en 'Protein Balance in the Rumen' (PBV) (Madsen, 1985).
6. Die Amerikaanse NRC se 'Absorbed Protein'- of AP-sisteem, gebaseer op die geabsorbeerde ware proteïenbehoefte (NRC, 1985).

Konsepte en definisies van terme

Die nuwe proteïenevalueringstelsels is gebaseer op dieselfde konsepte en word vergelykenderwys in Tabel 1 opgesom (Alderman, 1987). Die essensiële elemente van elke stelsel word aangedui deur deurgaans gebruik te maak van die terminologie van Waldo & Glenn (1982).

Tabel 1 Faktore wat 'n rol speel tydens die benutting van proteïen deur herkouters (Alderman, 1987)

Faktor ^a	Proteïenstelsel					
	ARC	PDI	API	WD	AAT/PBV	NRC
MCP/RDP	0,8—1,0	1,0	1,0	0,95	V ^b	0,9
MCP/kg DOM	0,130	0,135	0,135	0,161 ^c	0,165	0,14
MCP, g/MJ ME	8,4	8,7	8,7	10,1	10,3	9,6
MCP/DCHO	NA ^d	NA	NA	NA	0,179	NA
MTP/MCP	0,80	0,80	0,80	0,73	0,70	0,80
DMTP/MTP	0,85	0,70	0,70	0,90	0,85	0,80
DMTP/MCP	0,68	0,56	0,56	0,66	0,60	0,64
DUDP/UDP	0,85	0,60—0,95	0,80	0,66	0,53—0,70	0,80
MFP/DMI	NA	NA	NA	0,0182	NA	NA
MFP/IDMI	NA	NA	NA	NA	NA	0,09
AA/AAA:						
Onderhoud	0,79	() ^e	()	0,80	()	0,67
Laktasie	0,80	0,67	0,67	0,80	0,75	0,65
Groei	0,80	0,60	0,60	0,80	NA	0,50
Wol/haar	0,80	NA	NA	NA	NA	0,15

^a RDP = rumen degradeerbare proteïen; MCP = mikrobiële ruproteïen; DOM = verteerbare organiese materiaal; DCHO = verteerbare koolhidrate; MTP = mikrobiële ware proteïen; DMTP = verteerbaarheid van MTP; UDP = nie-degradeerbare proteïen; DUDP = verteerbaarheid van UDP; MFP = metaboliese misproteïen; DMI = droëmateriaalinname; IDMI = onverteerbare droëmateriaalinname; AA/AAA = effektiwiteit van benutting van geabsorbeerde aminosure.

^b Veranderlik.

^c Waardes onderstreep is 'n beraming volgens Alderman (1987).

^d Nie aangedui.

^e Vanaf N-balans of verteringsstudies.

Rumen degradeerbare proteïen (RDP)

Hierdie gedeelte van die CP word deur rumenmikrobes tot peptiede, aminosure en ammoniak gemetaboliseer en die meeste daarvan word dan benut in die sintese van mikrobiële ruproteïen.

Mikrobiële ruproteïen (MCP)

In die algemeen word MCP-produksie voorspel vanaf energie-inname, uitgedruk as ME of NE in MJ per dag, of vanaf verteerbare organiese materiaal (DOM). ME, NE en DOM is gekorrelleer en as 'n gemiddelde waarde kan 1 kg DOM geneem word as ekwivalent aan 15,6 MJ ME of 9,4 MJ NE₁. Die Nordiese stelsel voorspel MCP vanaf verteerbare koolhidrate (DCHO), aangesien vet en proteïene nie as energiebronne vir rumenmikrobes beskou word nie.

Doeltreffendheid van omskakeling van RDP na MCP (MCP/RDP)

Die meeste stelsels aanvaar 'n 100%-omskakeling van N vanaf dieet-CP na MCP wanneer CP-inname beperkend is. Die Nordiese- en NRC-stelsels dui N-hersirkulasie as 'n aparte item aan terwyl die ARC die enigste stelsel is wat 'n faktor vir die beraming van die doeltreffendheid van NPN-benutting vir MCP gebruik.

Nie-degradeerbare proteïen (UDP)

Die res van die dieet-CP wat nie gedegradear word in die rumen nie, vloei onveranderd deur na die abomasum

en laer spysverteringskanaal. Daar word dit onderwerp aan ensiematiese vertering waarna die aminosure geabsorbeer word.

Die proporsie ware proteïen in mikrobiële ruproteïen (MTP/MCP)

MCP bevat 'n betekenisvolle hoeveelheid nukleïensuur-N wat nie deur die herkouer benut kan word vir die sintese van weefsel of melkproteïen nie. Die hoeveelheid MTP in MCP varieer vanaf 70—80% vir die verskillende stelsels.

Die verteerbaarheid van mikrobiële ware proteïen (DMTP/MTP)

Die hoeveelheid MTP wat verteer en in die dunderm geabsorbeer word varieer vanaf 70—90% vir die verskillende stelsels.

Die verteerbaarheid van nie-degradeerbare proteïen (DUDP/UDP)

Die meeste stelsels aanvaar 'n konstante verteerbaarheid van 80 of 85% vir hierdie fraksie. Die Nordiese en Franse stelsels neem variasie van hierdie faktor tot 'n mate in ag. Die AAT-PBV-stelsel gee verteerbaarheidswaardes van 53% vir ruvoere en 70% vir kragvoere aan, terwyl die PDI-stelsel waardes van 60—95% gebruik, afhangend van die tipe voer.

Navorsing deur Hvelplund (1985) het aangedui dat die DUDP van verskillende proteïenbronne gevarieer het vanaf 65—86%. Sy gevolgtrekking en dié van Satter

(1986a) was dat dit noodsaaklik is om te onderskei tussen die verskillende proteïenbronne wat betref die DUDP in die dunderm. 'n Tegniek wat met groot vrug hiervoor aangewend kan word is die mobiele kunsvesel-sak-tegniek. Die tegniek behels dat klein nyloonsakkies met rumen-geïsoleerde UDP daarin, eers onderwerp word aan 'n pepsienvertering en dan deur middel van 'n duodenale kannula in die dier geplaas word, waarna die sakkie in die mis herwin word. Hierdie tegniek is deur De Boer, Murphy & Kennelly (1987) bespreek.

UDP vanaf verskillende bronne varieer egter nie net in verteerbaarheid in die dunderm nie maar ook in samestelling, afhangend van die oorsprong en behandeling van die dieetkomponente. Navorsing deur Crooker, Clark, Shanks & Hatfield (1986) en Varvikko (1986) waar die moontlike effek van rumendegradasie op die aminosuurprofiel van UDP ondersoek is, het aangedui dat die oorspronklike voerproteïen 'n onbetroubare maatstaf van die aminosuurprofiel van UDP is, aangesien individuele aminosure tot 'n meerdere of mindere mate gedegradeer word in vergelyking met die totale aminosuurkompleks. Resultate wat deur Blake & Stern (1988) gevind is, suggereer dat die aminosuurprofiel van die digesta wat die rumen verlaat gemodifiseer kan word deur die gebruik van UDP-bronne met komplementerende aminosuurprofiel, en dat hierdie aspek verdere navorsing regverdig.

Namate meer inligting omtrent die aminosuurbehoefte van herkouers bekom word, sal data omtrent die UDP-verteerbaarheid en aminosuurprofiel van UDP van verskillende proteïenbronne uiters noodsaaklik wees vir die formulering van optimum diëte en sal dit geïnkorporeer moet word in die nuwe stelsels.

Metaboliëse misproteïen (MFP)

MFP is een van die komponente van die onderhoudsbehoefte vir proteïen en verteenwoordig die onverteerbare endogene proteïenfraksie. Dit bestaan uit ensieme, mukus, epiteel sellulêre verlies, serum, limf, gal en ureum. Dit is een van die faktore ten opsigte waarvan die stelsels die meeste verskil. Dit word óf nie gespesifiseer as 'n aparte faktor nie, óf dit word beskou as 'n aparte faktor wat 'n funksie van DMI (WD-stelsel) of van onverteerbare droëmateriaalinname (IDMI) is (NRC, 1985). Vanweë die kwantitatiewe belangrikheid van hierdie fraksie behoort dit as 'n aparte faktor aangedui te word (Satter, 1986a).

Doeltreffendheid van benutting van geabsorbeerde aminosure – AA/AAA (kn)

Die doeltreffendheid van benutting van geabsorbeerde aminosure verskil as volg vir verskillende liggaamsfunksies:

Onderhoud van liggaamsweefsel	knm
Groei – spierweefsel	kng
Produksie van melk	knl
Produksie van wol en haar	knw

Daar word aanvaar dat geabsorbeerde aminosure spesifiek vir proteïensintese in die dier gebruik word en

dat die nie-spesifieke gebruik daarvan vir ander komponente van metabolisme nie in ag geneem word nie.

Vergelyking van stelsels in terme van die berekening van proteïenbehoefte

As voorbeeld word 'n hoogproduserende melkkoei (30 kg/d; bottervet 3,4%) met 'n massa van 600 kg en liggaamsmassaverlies van 0,5 kg/d gebruik. Die vergelyking word in Tabel 2 getref en 'n bespreking daarvan volg hieronder.

- (i) Vir 'n standaardinname van 200 MJ ME of 12,5 kg DOM varieer die berekende MCP vanaf 1680—2063 g/d, wat 'n toename van 22,8% verteenwoordig. Slegs die Wes-Duitse- en NRC-stelsels gebruik nie 'n konstante waarde vir verwantskap tussen energievoorsiening en mikrobiëse proteïenproduksie nie. In die NRC-sisteen neem die MCP/MJ ME-waarde toe met hoër energie-innames.
- (ii) Die onderhoudsbehoefte (insluitend MFP) varieer vanaf 353 g/d (ARC) tot 613 g/d (NRC). Aangesien die UDP-behoefte volgens sommige van die stelsels slegs ongeveer 600 g/d is, het hierdie variasie 'n groot impak op die finale vergelyking tussen die stelsels.
- (iii) Die hoeveelheid geabsorbeerde proteïene wat benodig word vir melksintese varieer vanaf 1275 (ARC) tot 1569 g/d (NRC) as 'n direkte gevolg van die doeltreffendheidsfaktor vir melkproteïensintese wat varieer vanaf 0,80 tot 0,65.
- (iv) Vanweë bogenoemde verskille varieer die totale geabsorbeerde proteïenbehoefte (totale AP) vanaf 1628 tot 2182 g/d; 'n verskil van 554 g/d of 34%. Hierdie waarde moet ook vergelyk word met die hoeveelheid verteerbare ware mikrobiëse proteïen (DMTP) wat beskikbaar is en wat varieer vanaf 945 g/d (PDI) tot 1322 g/d (WD). Voortvloeiend hieruit varieer die berekende UDP-behoefte vanaf 572 g/d (ARC) tot 1214 g/d (API), wat 'n toename van 112% op die laagste waarde verteenwoordig.
- (v) Die berekende daaglikse ruproteïeninname varieer vanaf 2252 g/d (ARC) tot 2943 g/d (NRC) met die Franse, Nordiese en Wes-Duitse stelsels wat waardes aandui van ongeveer 2800 g/d. Die ruproteïen in die totale dieet varieer vanaf 12,9 tot 16,8% op 'n DM-basis. Die ARC is aansienlik laer as die ander stelsels wat varieer vanaf 15,7 tot 16,8% CP. Die ARC-stelsel wat 'n totale dieet-ruproteïeninhoud van 30% laer as die NRC aandui, is duidelik nog nie gereed vir praktiese toepassing nie, en as 'n reël word melkbeesdiëte in die Verenigde Koninkryk geformuleer met 'n 60 g/kg hoër ruproteïeninhoud as wat voorgeskryf word deur die 1980 ARC-standaarde (Webster, 1987).
- (vi) Die hersirkulasie van N in die rumen word slegs deur die NRC- en die Nordiese stelsels apart aangedui en word onbevredigend in ag geneem deur die ander stelsels. Die proporsie van totale dieet-N wat hersirkuleer in die rumen is omgekeerd eweredig aan die CP-inhoud van die dieet en varieer vanaf 70 tot 11% van die totale dieet-CP wanneer die CP toeneem vanaf 5 tot 20% (Jarrige, 1987). Die NRC aanvaar 'n waarde van 15% vir beesdiëte, wat neerkom op 'n

Tabel 2 Vergelyking van die verskillende proteïenevalueringstelsels in terme van die berekening van die proteïenbehoefte van 'n hoogproduserende^a melkkoei (Alderman, 1987)

Stelsel	ARC	PDI	API	WD	AAT/PBV	NRC
DMI, kg/d	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
ME inname, MJ/d	200	200	200	200	200	200
DOM inname, kg/d	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
DCHO inname, kg/d					11,5	
MCP, g/MJ ME	8,4	8,7	8,7	10,1	9,6	9,6
MCP, g/kg DOM	130	135	135	161	165	154
MCP, g/kg DCHO					179	
MCP, g/d	1680	1688	1688	2012	2063	1927
MTP/MCP	0,80	0,80	0,80	0,73	0,70	0,80
MTP, g/d	1344	1350	1350	1469	1445	1542
DMTP/MTP	0,85	0,70	0,70	0,90	0,85	0,80
DMTP, g/d	1142	945	945	1322	1227	1233
MFP, g/kg DMI				18,2		
MFP, g/d				399		498
Onderhoud AP, g/d	353	394	394	91	400	115
Melkproduksie, kg/d	30	30	30	30	30	30
Melk TP ^b , g/kg	34	34	34	34	34	34
Melk TP, g/d	1020	1020	1020	1020	1020	1020
Melk TP, ATP, knl	0,80	0,67	0,67	0,80	0,75	0,65
Melk AP ^c , g/d	1275	1522	1522	1275	1360	1569
Totale AP, g/d	1628	1916	1916	1765	1760	2182
DUDP = AP - DMTP, g/d	486	971	971	443	533	949
DUDP/UDP	0,85	0,85	0,80	0,66	0,60	0,80
UDP, g/d	572	1142	1214	671	888	1186
N-benuttingsverhouding	1,0	1,0	1,0	0,95	1,0	0,9
N-hersirkulasie, CP g/d					200	384
RDP-behoefte, g/d	1680	1688	1688	2118	1863	1757
CP-inname, g/d	2252	2830	2901	2789	2751	2943
Degradeerbaarheid, P	0,75	0,60	0,58	0,76	0,68	0,60
CP behoefte, g/kg DM	129	162	166	159	157	168

^a 600 kg; 30 kg melk; 3,4% bottervet.

^b Weefselproteïen.

^c Geabsorbeerde proteïen.

doeltreffendheid van benutting van RDP vir MCP van minder as 90%. Die ARC dui geen waarde vir hersirkulasie aan nie maar die 100% doeltreffendheid van benutting van RDP vir MCP impliseer 'n laer doeltreffendheid wat aangevul word deur die gebruik van endogene N.

Dieetsamestelling

Alhoewel daar 'n redelike ooreenkoms is in die hoeveelheid ruproteïen benodig soos voorgestel deur vyf van die stelsels, is daar 'n aansienlike verskil in proteïendegradeerbaarheid wat wissel vanaf 0,58 (API) tot 0,76 vir die Wes-Duitse stelsel. Dit het diëte met aansienlik verskillende samestellings en kostestrukture tot gevolg, al word dieselfde diëtkomponente gebruik. Dit word geïllustreer in Tabel 3 waarin diëte geformuleer is om aan die minimum behoeftes, soos aangedui in Tabel 2, te voldoen.

Vanuit voorafgaande bespreking is dit duidelik dat daar aansienlike verskille tussen die stelsels is, veral wat betref sommige van die doeltreffendheidskoëffisiënte en die hoeveelheid UDP wat aanbeveel word by 'n bepaalde produksievlak. Die effek wat 'n verandering van $\pm 10\%$ in sekere doeltreffendheidskoëffisiënte het op die hoeveelheid en degradeerbaarheid van proteïen wat benodig word deur 'n 600-kg-koei wat 40 kg melk (3,5% bottervet) produseer, word in Tabel 4 geïllustreer.

Die meeste stelsels word nog glad nie gerugsteun deur uitgebreide praktiese navorsingsresultate nie, en dit sal gevolglik onregverdig wees om een stelsel goedsmoeds bo 'n ander stelsel aan te beveel. Ten spyte van die groot verskille tussen die stelsels is dit moeilik om fout te vind met die logika agter die ontwikkeling van die stelsels. Die lae proteïenpeile wat aanbeveel word deur die ARC is egter duidelik in konflik met die praktiese ondervinding van navorsers en melkprodusente.

Tabel 3 Dieetsamestelling van 'n hoogproduserende^a melkkoei soos bereken volgens verskillende stelsels, met mieliekuilvoer as ruvoer (Alderman, 1987)

Dietkomponent	Kg DMI/d					
	ARC	PDI	API	WD	AAT/PBV	NRC
Mieliekuilvoer	9	9	9	9	9	9
Brouersgraan	3	3	3	4,5	4	3
Gedroogde suikerbeetpulp	2	3,6	3,5	–	1,5	3
Gars	3,5	–	–	4	2	–
Sojaboonmeel	–	1,9	1,5	0,5	1,1	2,5
Vismeel	–	–	0,4	–	–	–
Ureum	0,11	–	–	0,16	0,05	–
RDP, g/d	1680	1753	1746	2147	1862	1872
UDP, g/d	703	1138	1208	677	900	1203
CP, g/d	2383	2891	2954	2913	2762	3075
CP, g/kg DM	135	165	170	160	157	176
Degradeerbaarheid	0,71	0,61	0,59	0,74	0,67	0,61

^a 600 kg; 30 kg melk; 3,4% bottervet.

Tabel 4 Effek van 'n verandering in doeltreffendheidskoëffisiënte op die totale proteïeninhoud en -degradeerbaarheid van 'n melkbeesdieet (Chalupa & Ferguson, 1988)

Faktor	Verandering	Konsentrasie proteïen in DM	Konsentrasie proteïen in DM as UDP	Konsentrasie proteïen in DM as RDP	Degradeerbaarheid (%)
Standaard	0	0,1676	0,0680	0,0996	59
Doeltreffendheid van benutting van RDP vir MCP	–0,10 +0,10	0,1797 0,1578	0,0680 0,0680	0,1117 0,0898	62 57
Verteerbaarheid van MCP en UDP in dunderm	–0,10 +0,10	0,1829 0,1552	0,0856 0,0537	0,0973 0,1015	53 65
Benutting van geabsorbeerde proteïen vir sintese van melkproteïen	–0,10 +0,10	0,1788 0,1585	0,0809 0,0575	0,0979 0,1010	55 64

Tydens 'n seminar oor proteïenevaluasie en proteïenbehoefte van herkouers, aangebied deur die Kommissie van die Europese Gemeenskap, het Jarrige (1987) in sy opsomming 'n beroep gedoen op die vaders van die verskillende stelsels om die stelsels te harmoniseer en wedersyds omskakelbaar te maak. Hy het aanbeveel dat ten minste die volgende aanvaar word:

- gestandaardiseerde tegnieke vir die bepaling van die *in situ* proteïendegradeerbaarheid;
- die gebruik van dieselfde waardes vir die amino-suursamestelling en verteerbaarheid van MCP;
- die gebruik van dieselfde internasionale terme vir die beskrywing van dieselfde begrip, bv. RDP en DIP wat albei die proteïenfraksie wat in die rumen gedegradeer word, beskryf.

Berekening van proteïendegradeerbaarheid

Al die nuwe proteïenevalueringstelsels vereis dat die proteïendegradeerbaarheid van die dieetkomponente bekend moet wees. Alhoewel ander faktore, veral mikrobiële proteïenproduksie belangrik is, is degradeerbaarheid van dieetproteïen die faktor wat die maklikste gemanipuleer kan word deur dieetkomponentseleksie en prosesseringstegnieke. Vanweë die belangrikheid van degradeerbaarheid is 'n verskeidenheid van tegnieke ontwikkel om dit te bepaal. Dit sluit die *in vivo*-tegniek in, waar die verskil tussen nie-ammoniak-N- en mikrobiële N-vloei by die dunderm bepaal word, asook *in vitro*-tegnieke soos oplosbaarheid in buffers, inkubasie in rumenvloeistof, ammoniakproduksie *in vitro*, en soms ook die gebruik van proteases (Miller & Ørskov, 1986).

Die *in situ*-kunsveselsakteniek word huidig as die beste alternatiewe tegniek vir die *in vivo*-tegniek beskou (Miller & Ørskov, 1986; Lindberg, 1987) en word ook so aanvaar deur die meeste stelsels (Jarrige, 1987). Die volgende aspekte moet egter in ag geneem word:

- die prosedure moet gestandaardiseer word om herhaalbare resultate te verseker;
- die teoretiese degradeerbaarheid moet by spesifieke uitvloeiempo's bereken word, soos bv. 0,08/h vir hoogproduserende melkkoeie, 0,05/h vir skape en vlesbeeste op hoë voedingspeildiëte en 0,02/h vir vlesbeeste en skape op 'n lae voedingspeildiëte;
- die degradeerbaarheidswaardes is slegs 'n beraming en moet, waar moontlik, gekontroleer word met *in vivo*-waardes.

By die NIVS word tans 'n proteiendegradearbaarheidsdatabank opgebou. Die resultate tot dusver behaal, word aangedui in Tabel 5 (Erasmus, Prinsloo &

Tabel 5 Die proteiendegradearbaarheid van 'n aantal dieetkomponente soos bereken teen verskillende fraksionele uitvloeiempo's (Erasmus *et al.*, 1988; 1990)

Dieetkomponent	Degradeerbaarheid (%)		
	0,02/h	0,05/h	0,08/h
Proteïenbronne			
Bloedmeel	32	25	23
Brouersgraan (sorghum)	47	29	23
Grondboonoliekoekmeel	92	84	78
Heel katoensaad	93	86	82
Heel sonneblomsaad	96	91	88
Karkasmeel	73	57	49
Katoensaadoliekoekmeel	72	54	45
Kokosneutmeel (Copra meal)	57	43	37
Lupiëne	93	86	81
Mieliegluten 20	90	83	78
Mieliegluten 60	48	31	24
Pluimeveemis	93	88	85
Pluimveeneweprodukte (vere en afval)	76	63	57
Rioolafval (bestraal)	77	63	57
Sojaboonoliekoekmeel	79	61	51
Sojaboonmeel (volvet gerooster)	69	51	43
Sojaboonmeel (onverhit)	86	74	66
Sonneblomoliekoekmeel	93	86	80
Vismeele (Chile)	67	60	57
Vismeele (lokaal)	52	40	36
Energiebronne			
Gars	90	78	71
Hawer	93	92	91
Hominy chop	83	73	68
Koring	95	91	86
Koringsemels	91	87	84
Mielies	79	63	53
Mielies (hoë lisien)	88	81	76
Mielieblaarkopmeel	77	62	54
Sorghum	76	60	51
Sorghum (voëlproef)	69	52	45
Triticale	95	92	90

Meissner, 1988; Erasmus, Prinsloo, Botha & Meissner, 1990). Vanweë die verskille wat hittebehandeling en preservering teweeg kan bring in degradeerbaarheid binne dieselfde voersoort, moet dit beklemtoon word dat die waardes nie as absoluut beskou moet word nie, aangesien 'n mate van oorvleueling wel voorkom.

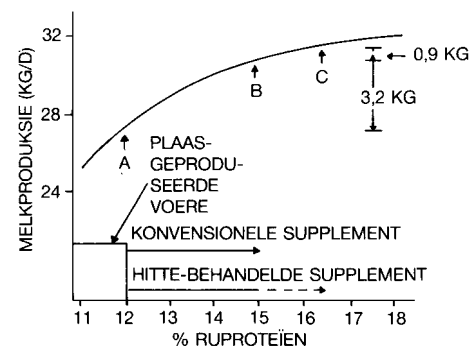
Praktiese toepassing

Kritici sal waarskynlik argumenteer dat die groot verskille tussen die stelsels, byvoorbeeld 'n verskil van 107% tussen die hoeveelheid UDP wat aanbeveel word deur onderskeidelik die ARC en NRC vir 'n melkkoei wat 30 kg melk produseer (Tabel 2), voldoende gronde is om die nuwe stelsels te verwerp totdat daar meer eenvormigheid is. Dit sal egter uiters onverantwoordelik wees om die nuwe insigte en konsepte aangaande proteïenbenutting en proteïenwaardes van dieetkomponente te ignoreer. Daar is wel wyses om hierdie inligting prakties aan te wend sonder om noodwendig 'n betrokke stelsel wat nog nie gereed is vir implementering nie, in sy geheel toe te pas.

Daar is ten minste drie strategieë wat gebruik kan word tydens die voeding van herkouers om die RDP-UDP konsep aan te wend. Die eerste strategie behels slegs die verplasing van dieselfde hoeveelheid standaard proteïenbron met 'n laag-degradeerbare proteïenbron. Dit word gedoen met die verwagting van 'n hoër melkproduksie en word in Figuur 1 (Satter, 1986b) geïllustreer.

Figuur 1 toon 'n melkproduksieresponskurwe wat vanaf die laktaserekords van 625 koeie verkry is. Die koeie was in vroeë laktasie en het 'n produksiepotensiaal van 7000 kg melk. Mieliekuilvoer was die ruvoer en sojaboonmeel was die standaardbron van gesupplementeerde proteïen. Punt A in Figuur 1 korrespondeer met die hoeveelheid melk wat verwag kan word van ongesupplementeerde plaasgeproduseerde voer met 'n ruproteïen van 12%. Indien 'n standaard proteïensupplement soos sojaboonmeel gebruik word om die proteïeninhoud vanaf 12 na 15% te verhoog, word die melkproduksie soos aangedui by punt B verwag. Dit verteenwoordig 'n toename van 3,2 kg melk per koei per dag.

Die voorbeeld wat gebruik word om Strategie 1 aan te wend behels die substitusie van standaard sojaboonmeel deur hittebehandelde sojaboonmeel. Daar word aanvaar, vir doeleindes van hierdie voorbeelde, dat die hoeveelheid UDP van die behandelde sojaboonmeel toeneem

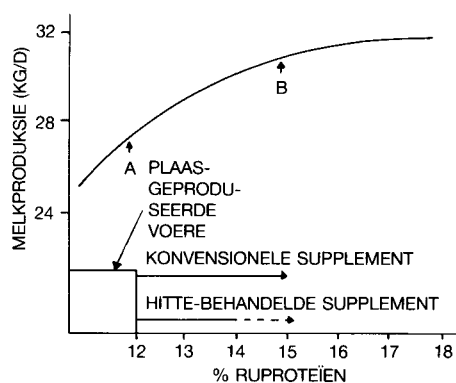


Figuur 1 Illustrasie van Strategie 1 vir die benutting van 'n laag-degradeerbare proteïenbron (Satter, 1986b).

het vanaf 30 tot 45% en dat die plaasgeproduseerde voere voldoende N verskaf het vir mikrobiële proteïenproduksie. Slegs die UDP in gesupplementeerde sojaboonmeel sal dan van waarde wees as 'n proteïenbron. Dieselfde hoeveelheid hittebehandelde sojaboonmeel is gebruik om die standaard sojaboonmeel te vervang en gevolglik bly die ruproteïen konstant op 15%. Die hittebehandelde sojaboonmeel verskaf egter die helfte meer UDP as die standaard sojaboonmeel. Met die aannames wat gemaak is beteken dit dat die diët met die hittebehandelde sojaboonmeel ekwivalent is aan 'n standaard sojaboonmeeldiët met 'n ruproteïeninhoud van 16,5% (punt C, Figuur 1).

Die addisionele melkproduksie wat verwag word deur die substitusie van standaard sojaboonmeel met hittebehandelde sojaboonmeel in hierdie voorbeeld is klein (0,9 kg/d), vanweë die afplatting van die melkproduksieresponskurwe. Wanneer hierdie strategie aangewend word is die kritieke vraag wat die produsent homself moet afvra die volgende: Gaan die verwagte verhoogde melkproduksie, verkry deur voeding van 'n beskermde en duurder laag-degradeerbare proteïenbron, die addisionele koste regverdig? Hierdie strategie het beperkings vanweë die afplatting van die melkproduksieresponskurwe en dit is waarskynlik gedeeltelik die rede vir die somtydse swak respons wat verkry word wanneer beskermde proteïenbronne gevoer word.

'n Tweede strategie is om die standaard proteïensupplement te verplaas met 'n kleiner hoeveelheid van 'n laag-degradeerbare proteïenbron. 'n Voorbeeld hiervan word geïllustreer in Figuur 2 (Satter, 1986b). Dieselfde hoeveelheid proteïen moet in die dunderm verskaf word, maar in hierdie geval sal minder van die laag degradeerbare proteïenbron nodig wees. Melkproduksie behoort dieselfde te bly, maar die koste van proteïensupplementasie sal hopelik laer wees aangesien minder totale proteïen gebruik word. Hierdie strategie is beperk tot diëte wat medium tot hoog in proteïen is, anders kan 'n tekort aan N vir mikrobiële proteïensintese ontwikkel.



Figuur 2 Illustrasie van Strategie 2 vir die benutting van 'n laag-degradeerbare proteïenbron (Satter, 1986b).

'n Derde potensiële strategie behels die kombinasie van 'n laekoste NPN-bron met 'n laag-degradeerbare proteïenbron. Die veronderstelling is dat hierdie

kombinasie van proteïenbronne goedkoper sal wees as die standaard proteïenbron. Weer eens word 'n verhoogde produksie nie verwag nie, maar die koste van aanvulling sal hopelik laer wees sonder dat produksie ingeboet word. In 'n studie met groeiende vleisbeeste het Klopfenstein, Britton & Stock (1982) 'n aantal kombinasies van ureum, laag-degradeerbare proteïenbronne en mielies saamgestel. Hierdie mengsels was ongeveer dieselfde as sojaboonmeel in terme van energieinhoud, ammoniakverskaffing aan mikrobies en proteïenvoorsiening in die dunderm. Die kombinasies word in Tabel 6 aangedui. Daar word aanvaar dat die mengsels dieselfde prestasie by vleisbeeste sal lewer, maar dat dit nie noodwendig in die geval van melk- en wolproduksie sal geld nie. Die prysverskil tussen sodanige mengsels kan aansienlik wees met 'n gevolglike geleentheid vir kostebesparing. Die doel van hierdie strategie, soos met die tweede strategie, is besnoeiing op die koste van proteïenaanvulling en nie noodwendig verbetering van diereprestasie nie.

Tabel 6 Kombinasies van laag-degradeerbare proteïenbronne, mielies en ureum, wat naastebly ekwivalent is aan sojaboonmeel vir groeiende vleisbeeste (Klopfenstein *et al.*, 1982)

	Proteïenbron	Mielies (kg)	Ureum
Sojaboonmeel	2000	–	–
Mielieglutenmeel	643	1218	139
Brouersgraan	1619	229	152
Distilleergraan	1853	12	135
Gedehidreerde lusern	2788	–	162
Bloedmeel, ringgedroog	365	1473	162
Bloedmeel, konvensioneel	458	1405	137
Vleismeel	885	984	131

Hierdie strategie word ook met groot vrug aangewend in diëtformulering vir melkkoeie. Huber (1988) het die resultate van 'n aantal studies opgesom en gedemonstreer dat diëte vir hoogproduserende melkkoeie tydens vroeë laktasie en diëte wat 'n groot persentasie van die ruproteïen as verbyvloei-proteïen bevat, bevoordeel word deur die insluiting van NPN. Dit is hoofsaaklik vanweë 'n verhoging in winsgewendheid sonder 'n afname in produktiwiteit.

Verdere Navorsing

Ten einde die geloofwaardigheid en implementering van die nuwe stelsels te verhaas, is die volgende aspekte (nie in prioriteitsvolgorde nie) geïdentifiseer vir verdere navorsing (Jarrige, 1987):

(a) Proteïenwaarde van voere

- Ontwikkeling van 'n betroubare, eenvoudige tegniek, wat in roetinelaboratoriums gebruik kan word, om die proteïenwaarde van 'n wye reeks voersoorte te bepaal.

- Modelle wat die nie-ammoniakstikstof (NAN)-vloei na die duodenum akkuraat beskryf vanaf sekere eienskappe van voere.
 - Verskille in MCP-produksie tussen verskillende klasse voere.
 - Aminosuurprofiel en verteerbaarheid van UDP.
- (b) Metabolisme en proteïenbehoefte van herkouers
- Effektiwiteit van benutting van geabsorbeerde proteïen soos bepaal in produksiestudies.
 - Identifikasie van beperkende aminosure vir hoog-produiserende melkkoeie.
 - Proteïenmetabolisme en behoeftes van herkouers op onderhoudsvlak.
 - Die mate waarin die hersirkulasie van ureum kan vergoed vir 'n tekort aan RDP.
 - Omvang van MFN-verliese en die gepaardgaande proteïenbehoefte.

Gevolgtrekking

'n Vergelyking tussen die nuwe proteïenevalueringstelsels dui op aansienlike verskille wat betref die proteïenbehoefte by 'n bepaalde produksievlak. Dit is moeilik om fout te vind met die logika agter die ontwikkeling van die stelsels en geeneen kan bo 'n ander bevoordeel word tot tyd en wyl die stelsels deeglik in produksiestudies getoets is nie. Die baie lae proteïenbehoefte van melkkoeie wat aanbeveel word deur die ARC is egter duidelik in konflik met praktiese ondervinding.

Inligting omtrent die proteïendegradeerbaarheid van die mees-algemene Suid-Afrikaanse proteïenbronne is beskikbaar. Dit moet beklemtoon word dat 'n hoë persentasie UDP nie noodwendig tot beter prestasie sal lei nie, aangesien aandag ook geskenk moet word aan die verteerbaarheid en aminosuurprofiel van die UDP.

Strategieë vir die toepassing van die RDP-UDP-konsep is bespreek en toegelig met enkele voorbeelde van hoe die nuwe inligting prakties aangewend kan word sonder om noodwendig 'n hele stelsel, wat nog nie vir implementering gereed is nie, toe te pas.

Summary

Six new protein evaluation systems from the USA and Europe are compared in this Review as regards their essential elements and the efficiency coefficients used in each system. There are considerable differences between the systems in terms of (i) microbial crude protein production: 8,4—10,3 g/MJ ME; (ii) digestibility of microbial true protein: 0,7—0,9; (iii) digestibility of undegraded dietary protein: 0,53—0,95, depending on the feed and (iv) efficiency of utilization of absorbed amino acids: 0,67—0,80 for lactation. The protein requirements and total diet composition of a high-producing dairy cow, as calculated by each system, is given as an example. The total crude protein intake varied by 31% and the protein degradability of the diets varied from 58—76%. The effect of a change in the efficiency coefficient on the total dietary composition and the practical application of the RDP-UDP concept are discussed. Furthermore, protein degradability values for various South African feedstuffs are given.

Verwysings

- ALDERMAN, G., 1987. Comparison of rations calculated in the different systems. Commission of the European Communities: Feed evaluation and protein requirement systems for ruminants. Eds. Jarrige, R. & Alderman, G., Luxembourg. p. 283.
- ARC, 1980. The nutrient requirements of ruminant livestock. Technical Review by an Agricultural Research Council Working Party, Commonwealth Agricultural Bureau, Farnham Royal, UK.
- ARC, 1984. The nutrient requirements of ruminant livestock. Supplement No. 1. Report of the Protein Group of the ARC Working Party. Commonwealth Agricultural Bureau, Farnham Royal, UK.
- AUSCHUSS FÜR BEDARFSNORMEN, 1986. Energie und nährstoffbedarf landwirtschaftlicher nutziere, No. 3. Milchkuhe und Aufzuchttrinder.
- BLAKE, W.L. & STERN, M.D., 1988. Influence of protein source on amino acid profile of effluent flowing from continuous culture of ruminal contents. *J. Anim. Sci.* 66, 2284.
- CHALUPA, W. & FERGUSON, J.D., 1988. Recent concepts in protein utilization for ruminants. Proc. of the 1988 Southwest Nutr. Conf.
- CROOKER, B.A., CLARK, J.H., SHANKS, R.D. & HATFIELD, E.E., 1986. Effects of ruminal exposure in the amino acid profile of heated and formaldehyde-treated soybean meal. *J. Dairy Sci.* 69, 2648.
- DE BOER, G., MURPHY, J.J. & KENNELLY, J.J., 1987. Mobile nylon bag for estimating intestinal availability of rumen undegradable protein. *J. Dairy Sci.* 70, 977.
- ERASMUS, L.J., PRINSLOO, J. & MEISSNER, H.H., 1988. The establishment of a protein degradability data base for dairy cattle using the nylon bag technique. 1. Protein sources. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 18, 23.
- ERASMUS, L.J., PRINSLOO, J., BOTHA, P.M. & MEISSNER, H.H., 1990. The establishment of a ruminal protein degradation data base for dairy cattle using the *in situ* polyester bag technique. 2. Energy sources. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 20(3), in press.
- HVELPLUND, T., 1985. Digestibility of rumen microbial protein and undegraded dietary protein estimated in the small intestine of sheep and by *in sacco* procedure. *Acta Agric. Scand.*, Suppl. 25, 132.
- HUBER, J.T., 1988. Protein and NPN for dairy cattle: New NRC Guidelines. Proc. of AFIA Liquid Feed Symposium. Nashville, Tennessee.
- INRA, 1978. Alimentation des ruminants. Ed. INRA Publications, Versailles.
- INRA, 1987. Alimentation des ruminants; revision des systèmes et des tables de l'INRA Bull. Tech. No. 70. CRZV, Theix, INRA.
- JARRIGE, R., 1987. Situation and perspectives of the modern protein feeding systems for ruminants. Commission of the European Communities: Feed evaluation and protein requirement systems for ruminants. Eds. Jarrige, R. & Alderman G., Luxembourg. p. 305.
- KLOPFENSTEIN, T., BRITTON, R. & STOCK, R., 1982. Nebraska growth system. In: Protein requirements for cattle: Proceedings of an International Symposium. Ed. Owens, F.N. Oklahoma State University, Stillwater. p. 310.
- LANDIS, J., 1979. Die protein und energieverorgung der milchkuh. *Schweiz. Landwirtsch. Monatsch.* 57, 381.
- LINDBERG, J.E., 1987. Measurement of feed protein degradability by the *in sacco* and other methods.

- Commission of the European Communities: Feed evaluation and protein requirement systems for ruminants. Eds. Jarrige, R. & Alderman, G., Luxembourg. p. 85.
- MADSEN, J., 1985. The basis for the proposed Nordic protein evaluation system for ruminants. The AAT/PBV system. *Acta Agric. Scand. Suppl.* 25, 9.
- MILLER, E.L. & ØRSKOV, E.R., 1986. Degradability of protein and its prediction. Bulletin of the International Dairy Federation No. 196/1986. Brussels, Belgium.
- NRC, 1985. Ruminant nitrogen usage. US National Academy of Science, Washington, DC.
- RÖHR, 1987. Present situation of the modern protein systems: Germany. Commission of the European Communities: Feed evaluation and protein requirement systems for ruminants. Eds. Jarrige, R. & Alderman G., Luxembourg. p. 3.
- ROY, J.H.B., BALCH, C.C., MILLER E.L., ØRSKOV, E.R. & SMITH, R.H., 1977. Calculation of the N-requirement for ruminants from nitrogen metabolism studies. Proc. 2nd Int. Symp. The Netherlands Eur. Assoc. Anim. Prod. Publ. No. 22, Centre for Agric. Pub. Doc., Wageningen.
- SATTER, L.D., 1986a. Systems of calculating protein requirements. Common features of the new proposals. Bulletin of the International Dairy Federation No. 196/1986, Brussels, Belgium.
- SATTER, L.D., 1986b. Protein supply from undegraded dietary protein. *J. Dairy Sci.* 69, 2734.
- VAN DER HONING, Y. & ALDERMAN, G., 1988. Feed evaluation and nutritional requirements: Ruminants. *Livest. Prod. Sci.* 19, 217.
- VARVIKKO, T., 1986. Microbially corrected amino acid composition of rumen-undegraded feed protein and amino acid degradability in the rumen of feeds enclosed in nylon bags. *Br. J. Nutr.* 56, 131.
- WALDO, D.R. & GLENN, B.P., 1982. Foreign systems for meeting the protein requirements of ruminants. In: Protein requirements for cattle. Proceedings of an International Symposium. Ed. Owens, F.N. Oklahoma State University, Stillwater. p. 296.
- WEBSTER, A.J.F., 1987. Metabolizable protein – The UK approach. Commission of the European Communities: Feed evaluation and protein requirement systems for ruminants. Eds. Jarrige, R. & Alderman G., Luxembourg. p. 47.