

Berekening van het gehalte aan darmverteerbaar methionine en lysine in voedermiddelen voor herkauwers

G. van Duinkerken en M.C. Blok

**CVB-documentatierapport nr. 22
april 1998**

Centraal Veevoederbureau
Postbus 2176
8203 AD LELYSTAD
telefoon: 0320 - 29 32 11
telefax: 0320 - 29 35 38
e-mail: cvb@pdv.nl
Internet: www.pdv.nl

ISSN 0925-546X

INHOUDSOPGAVE

LIJST VAN AFKORTINGEN	5
VOORWOORD	7
SAMENSTELLING WERKGROEP VOEDING HERKAUWERS EN PAARDEN	8
SAMENSTELLING PROJECTGROEP UNIFORME BEREKENINGSWIJZE	
DARMVERTEERBARE AMINOZUREN HERKAUWERS	8
SAMENVATTING	9
1. INLEIDING.....	10
2. WEERGAVE VAN AMINOZUURGEHALTEN	12
2.1 Aminozuurgehalte in g/kg product (of g/kg DS)	12
2.2 Aminozuurgehalte in g / 16 g N.....	13
2.3 Aminozuurgehalte in g AZ-N	13
3. DARMVERTEERBARE AMINOZUREN UIT BESTENDIG VOEREIWIT (BRE)	16
3.1 De meest correcte berekeningswijze	16
3.2 %BRE als schatter voor de pensbestendigheid van aminozuren.....	17
3.3 %DVBE als schatter voor de darmverteerbaarheid van aminozuren	23
3.4 %DVBAZ en%DVBE in relatie tot het bruto AZ- en N-gehalte in het voer	28
3.5 Darmverteerbaarheid van aminozuren in niet geïncubeerd uitgangsmateriaal	29
4. AMINOZUURPATROON VAN DVME	32
5. AMINOZUURPATROON VAN DVMFE	36
6. BEREKENINGSWIJZE DARMVERTEERBARE AMINOZUREN	40
6.1 Betrokken aminozuren	40
6.2 Algemene structuur	40
6.3 DVAZ-bijdrage uit pensbestendig voereiwit	40
6.4 Aminozuurpatroon van het darmverteerbaar microbiel eiwit (DVME)	41
6.5 DVAZ-bijdrage uit metabool fecaal eiwit	41
6.6 Bedrijfseigen eiwitwaarderingssystemen	42
7. REFERENTIES	44

Bijlage 1: Samenvatting van de uit de literatuur verzamelde gegevens over de effectieve pensafbreekbaarheid van N en aminozuren in voedermiddelen

Bijlage 2: Gegevens over de verdwijning van N en aminozuren uit voedermiddelen gedurende 12 - 16 uur *in situ* pensincubatie.

Bijlage 3: Samenvatting van de literatuurgegevens over de darmverteerbaarheid van N en de aminozuren lysine en methionine in de residuen na 12 - 16 uur *in situ* pensincubatie.

Bijlage 4: Samenvatting van de bepaalde en berekende gehalten aan de darmverteerbare aminozuren lysine en methionine in de residuen na 12 - 16 uur *in situ* pensincubatie.

LIJST VAN AFKORTINGEN

Afkorting	Eenheid	Omschrijving
%BAZ	%	percentage bestendige aminozuren
%BLYS	%	percentage bestendig lysine
%BMET	%	percentage bestendig methionine
%BRE	%	bestendigheid van het voereiwit
%BZET	%	bestendigheid van het zetmeel
%DVBAZ	%	darmverteerbaarheid van AZ in het bestendige voereiwit
%DVBE	%	darmverteerbaarheid van het bestendig voereiwit
%VRAS	%	verteerbaarheid van de ruwe as
ALA	g	alanine
ARG	g	arginine
ASP	g	asparaginezuur
AZ	g	aminozuur/zuren
AZN	g	aminozuurstikstof
BCAA	g	vertakte aminozuren
BRE	g	bestendig voereiwit
CYS	g	cystine
DS	g	droge stof
DVAZ	g	darmverteerbare aminozuren
DVBAZ	g	darmverteerbare AZ in het bestendige voereiwit
DVBE	g	darmverteerbaar bestendig voereiwit
DVBLYS	g	darmverteerbaar bestendig lysine
DVBMET	g	darmverteerbaar bestendig methionine
DVE	g	darmverteerbaar eiwit
DVLYS	g	darmverteerbaar lysine
DVME	g	darmverteerbaar microbieel eiwit
DVMET	g	darmverteerbaar methionine
DVMFE	g	darmverteerbaar metabool fecaal eiwit
DVMFLYS	g	darmverteerbaar metabool fecaal lysine
DVMFMET	g	darmverteerbaar metabool fecaal methionine
DVMLYS	g	darmverteerbaar microbieel lysine
DVMMET	g	darmverteerbaar microbieel methionine
EAAN	g	essentieel aminozuur stikstof
EAZ	g	essentiële aminozuren
FOS	g	fermenteerbare organische stof
g		gram
GLU	g	glutaminezuur
GLY	g	glycine
HIS	g	histidine
ILE	g	isoleucine
kg		kilogram
kJ		kilojoule
LEU	g	leucine
LYS	g	lysine
MET	g	methionine
MFE	g	metabolisch fecaal eiwit
N	g	stikstof
NAZN	g	niet-aminozuur-stikstof

Afkorting	Eenheid	Omschrijving
NPN	g	niet-eiwit-stikstof
PHE	g	fenylalanine
PRO	g	proline
RE	g	ruw eiwit inclusief NH ₃ -N (N x 6,25)
sd		standaarddeviatie
sdc		gecorrigeerde standaarddeviatie
SER	g	serine
THR	g	threonine
TRP	g	tryptofaan
TYR	g	tyrosine
VAL	g	valine
VC	%	verteringscoëfficiënt

VOORWOORD

Na de invoering van het DVE-systeem in 1991 hebben verschillende organisaties in het Nederlandse veevoederbedrijfsleven bedrijfseigen eiwitwaarderingsystemen ontwikkeld. Deze systemen zijn modificaties en verfijningen van het DVE-systeem van het CVB.

Eén van de typen bedrijfseigen systemen zijn systemen waarin gerekend wordt met darmverteerbare aminozuren. Aangezien de rekenregels voor het berekenen van de gehalten aan darmverteerbare aminozuren tussen de systemen verschilden, ontstond er -met name voor veehouders die hun voeders lieten onderzoeken - een onduidelijke situatie.

Deze onduidelijkheid heeft ertoe geleid dat aan de Werkgroep Voeding Herkauwers en Paarden (VHP) van het CVB het verzoek is gedaan om een uniforme berekeningswijze op te stellen voor het berekenen van de gehalten aan darmverteerbare aminozuren in met name ruwvoeders. De werkgroep heeft op haar beurt hiervoor een projectgroep benoemd. In deze projectgroep waren de meeste organisaties met een bedrijfseigen darmverteerbaar aminozuursysteem vertegenwoordigd. Aangezien het ontwikkelen van rekenregels voor uitsluitend ruwvoeders niet erg zinvol is, heeft deze groep de opdracht gekregen een berekeningswijze voor alle typen voedermiddelen voor herkauwers te ontwikkelen.

Het voorliggende rapport is het resultaat van de inspanningen van de projectgroep. De werkgroep VHP heeft zich met dit resultaat akkoord verklaard. De uniforme berekeningswijze beperkt zich voorshands tot methionine en lysine, die algemeen worden beschouwd als de eerst limiterende aminozuren in melkveerantsoenen.

Op dit moment is er in de sector nog onvoldoende draagvlak aanwezig om ook te gaan werken aan het formuleren van uniforme rekenregels voor het berekenen van de behoefte aan darmverteerbare aminozuren. Zodra er voldoende openbare gegevens beschikbaar zijn en het vereiste draagvlak aanwezig is zal in deze lacune worden voorzien.

Namens het CVB dank ik de projectgroep en de werkgroep voor hun bijdrage aan de totstandkoming van dit rapport. De heer Van Duinkerken wordt bedankt voor het uitvoeren van een groot deel van het achterliggende rekenwerk.

Dr. M. C. Blok
Hoofd CVB

SAMENSTELLING WERKGROEP VOEDING HERKAUWERS EN PAARDEN

prof.dr. S. Tamminga (voorzitter)	Leerstoelgroep Veevoeding, Landbouwniversiteit, Wageningen
prof. dr. ir. A.C. Beijnen dr. H. Everts	Faculteit Diergeneeskunde, Universiteit Utrecht
dr. M.C. Blok (secretaris)	Centraal Veevoederbureau, Lelystad
ing. J. Haaksma	Overleggroep Producenten Natte Veevoerders (OPNV)
ir. W. Kuperus	Nederlandse Vereniging van Mengvoederfabrikanten - FNM
ing. Sj. Schaper	Centraal Veevoederbureau, Lelystad
dr.ir. S.F. Spoelstra	Instituut voor Dierhouderij en Diergezondheid (ID-DLO), Lelystad
dr.ir. W.M. van Straalen	Centrale Vereniging voor de Coöperatieve Industrie
ir. M. Vervoorn	Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek (Blgg), Oosterbeek
ing. J. van Vliet	Informatie en Kennis Centrum Landbouw (IKC-L), Ede
vacature	Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR), Lelystad

SAMENSTELLING PROJECTGROEP UNIFORME BEREKENINGSWIJZE DARMVERTEERBARE AMINOZUREN HERKAUWERS

Prof.dr.ir. S. Tamminga (voorzitter)	Leerstoelgroep Veevoeding, Landbouwniversiteit, Wageningen
Dr. M.C. Blok	Centraal Veevoederbureau, Lelystad
Ir. G. van Duinkerken	Centraal Veevoederbureau, Lelystad
Ir. W. Daris en Mw. ir. F. de Goeijen	Rhône Poulenc Nederland BV, Amsterdam
Ing. G.H. Huisman	Farmix BV, Putten
Dr. G.A.L. Meijer	Instituut voor Dierhouderij en Diergezondheid (ID-DLO), Lelystad
Ir.J.J. Odinga	FNM-sectie VVM, Twello
Dr. W.A.G. Veen	Instituut voor de Veevoeding "De Schothorst", Lelystad
Ing. P. Veth	Provimi B.V., Rotterdam

SAMENVATTING

In dit documentatierapport wordt na een verkenning van de verschillende relevante aspecten een uniforme berekeningswijze gegeven voor het berekenen van de gehalten aan darmverteerbaar methionine en lysine (resp. DVMET en DVLYS) in voedermiddelen voor herkauwers. Voor deze berekening wordt aangesloten bij de rekenregels van het DVE-systeem.

Voor wat betreft de bijdrage aan het gehalte darmverteerbaar methionine en lysine vanuit het voereiwit kan het volgende worden opgemerkt:

- De effectieve pensafbreekbaarheid van deze aminozuren bleek voor mengvoedergrondstoffen niet significant verschillend van die van N of ruw eiwit (RE). Voor ruwvoerders is dit wellicht anders, maar de nu beschikbare gegevens zijn te beperkt om een andere rekenwijze voor te stellen.
- De darmverteerbaarheid van methionine in pensincubatiesresiduen na 12 - 16 uur pensincubatie bleek significant iets hoger dan die van het RE in deze residuen. Voor lysine was dit niet het geval.

Om de bijdrage aan het gehalte darmverteerbaar methionine en lysine vanuit het microbieel eiwit te kunnen berekenen diende een aminozuurpatroon voor microbieel eiwit te worden vastgesteld. Na bestudering van in de literatuur gepubliceerde patronen is door het CVB een eigen, uitgebreidere dataset samengesteld op grond waarvan het gehalte aan methionine en lysine in het microbieel eiwit werd gesteld op resp. 2,5 en 7,7 g/100 g AZ.

Voor het verrekenen van het methionine- en lysineverlies via het DVMFE werd gekozen voor het patroon dat kon worden berekend aan de hand van de door Van Bruchem e.a. (1985) gemeten endogene uitscheiding bij schapen. Dit betekent dat wordt uitgegaan van een methionine- en lysinegehalte in het DVMFE van resp. 1,5 en 5,7 g/100 g AZ.

De formules voor het berekenen van het gehalte aan darmverteerbaar methionine worden daarmee als volgt:

- $DVMET = DVBMET + DVMMET - DVMFMET$
- $DVBMET = MET/100 * DVBE / 0,96$
- $DVMMET = 0,025 * DVME$
- $DVMFMET = 0,015 * DVMFE$

waarin:

DVBMET = methionine bijdrage uit darmverteerbaar pensbestendig voereiwit (= DVBE)

DVMMET = methionine bijdrage uit darmverteerbaar microbieel eiwit (= DVME)

DVMFMET = methionine bijdrage uit darmverteerbaar metabool fecaal eiwit (= DVMFE)

MET = methionine gehalte in het voedermiddel (in g/16 g N, ofwel in g/100 g RE)

Voor de berekening van het gehalte aan darmverteerbaar lysine gelden de volgende formules:

- $DVLYS = DVBLYS + DVMLYS - DVMFLYS$
- $DVBLYS = LYS/100 * DVBE$
- $DVMLYS = 0,077 * DVME$
- $DVMFLYS = 0,057 * DVMFE$

waarin:

DVBLYS = lysine bijdrage uit darmverteerbaar pensbestendig voereiwit (= DVBE)

DVMLYS = lysine bijdrage uit darmverteerbaar microbieel eiwit (= DVME)

DVMFLYS = lysine bijdrage uit darmverteerbaar metabool fecaal eiwit (= DVMFE)

LYS = lysine gehalte in het voedermiddel (in g/16 g N, ofwel in g/100 g RE)

Berekening van de gehalten DVBE, DVME en DVMFE gebeurt conform de rekenregels van het DVE-systeem.

1. INLEIDING

Door diverse Nederlandse veevoederbedrijven en -organisaties is in de afgelopen jaren een waarderingsstelsel voor darmverteerbare aminozuren in voedermiddelen voor herkauwers ontwikkeld. Als gevolg van deze diversiteit verschilt de waarde van eenzelfde voedermiddel per stelsel en is de uitkomst van de rantsoenformulering voor rundvee afhankelijk van de mengvoederleverancier. Verschillende instellingen uit de veevoedersector hebben aangegeven deze situatie ongewenst te vinden en hebben aan het Centraal Veevoederbureau (CVB) verzocht een uniforme berekeningswijze voor het berekenen van het gehalte aan darmverteerbare aminozuren in voedermiddelen voor herkauwers op te stellen.

Het CVB heeft voor dit doel een projectgroep geformeerd die heeft onderzocht in hoeverre en volgens welke rekenregels een (meer) uniforme berekeningswijze kon worden gerealiseerd.

Berekening van het gehalte aan darmverteerbare aminozuren (DVAZ) in voedermiddelen voor herkauwers vindt in alle huidige Nederlandse DVAZ-systemen in principe op dezelfde manier plaats als de berekening van het gehalte aan DVE. Dit betekent dat de DVAZ-waarde van een voedermiddel de resultante is van:

- de aminozuurbijdrage van de darmverteerbare fractie van het pensbestendige voereiwit (DVBE);
- de aminozuurbijdrage van de darmverteerbare fractie van het microbieel eiwit (DVME);
- een negatieve aminozuurbijdrage ten gevolge van het verlies aan darmverteerbaar metabool fecaal eiwit (DVMFE).

Na een meer algemeen hoofdstuk over het weergeven van aminozuurgehalten in voedermiddelen en microbieel eiwit (hoofdstuk 2) wordt in de hoofdstukken 3 t/m 5 voor de verschillende fracties die voor het gehalte aan darmverteerbare aminozuren van belang zijn (DVBE, DVME en DVMFE) een aantal aspecten onder de loep genomen die een rol van betekenis spelen bij het opstellen van een uniforme berekeningswijze. In hoofdstuk 6 vindt een evaluatie plaats en is de rekenwijze concreet uitgewerkt.

2. WEERGAVE VAN AMINOZUURGEHALTEN

2.1 Aminozuurgehalte in g/kg product (of g/kg DS)

2.1.1 Bij een aminozuuranalyse vindt de hydrolyse van het eiwit veelal op het voedermiddel zelf plaats, en niet op de daaruit geïsoleerde (ware) eiwitfractie. Dit betekent dat in feite ook de in het voedermiddel aanwezige vrije aminozuren en oligopeptiden een bijdrage leveren aan het geanalyseerde aminozuurgehalte; in feite wordt niet de samenstelling van de proteïne-fractie bepaald, maar die van de totale aminozuurfractie. Voor deze relatief laagmoleculaire en water-oplosbare verbindingen kan echter worden aangenomen dat ze bij in situ incubatie in de pens (vrijwel) kwantitatief in de S-fractie (oplosbare fractie) terecht komen en derhalve geen bijdrage leveren aan de pensbestendige ruw eiwit fractie (=BRE).

Voorshands wordt ervan uitgegaan dat het aminozuurpatroon van de totale aminozuurfractie en de werkelijke eiwitfractie niet van elkaar verschillen, en dat de aminozuurfractie (grotendeels of) uitsluitend bestaat uit de werkelijke eiwitfractie.

2.1.2 Bij de hydrolyse van het eiwit in het te analyseren monster wordt glutamine (onder afsplitsing van de aan de terminale carboxylgroep gebonden aminogroep) omgezet in glutaminezuur; op dezelfde manier wordt asparagine omgezet in asparaginezuur.

2.1.3 Bij het weergeven van het aminozuurgehalte op basis van de aminozuuranalyse gaat het om de gehalten aan (vrije) aminozuren in het hydrolysaat. In het voedermiddel is echter het merendeel van de aminozuren niet als vrij aminozuur aanwezig, maar zijn ze ingebouwd in eiwitten. De synthese van eiwit uit vrije aminozuren gaat gepaard met de afsplitsing van één watermolecuul per aminozuur dat in de eiwitketen wordt ingebouwd. Aannemend dat de aminozuren in een voedermiddel kwantitatief in eiwitten zijn ingebouwd, is de verhouding van de massa van een aminozuur in het voedermiddel ten opzichte van de geanalyseerde hoeveelheid dus:

$$(M_{\text{aminozuur}} - M_{\text{water}})/M_{\text{aminozuur}}$$

2.1.4 Bij de hydrolyse van eiwit treedt bij sommige aminozuren een gedeeltelijke ontleding op, terwijl voor andere aminozuren de hydrolyse niet volledig is. Om hiervoor te corrigeren zijn in het verleden wel correctiefactoren gebruikt. Zo is in de Veevoedertabel van het CVB voor alle voedermiddelen gedurende vele jaren gewerkt met de door Slump (1969) voorgestelde correctiefactoren, t.w. voor threonine 1,05; voor serine 1,10; voor isoleucine 1,07 en voor valine 1,08. Aangezien het gebruik van dergelijke correctiefactoren in het buitenland niet gebruikelijk is, heeft het CVB in 1994 besloten hiervan af te stappen, en waar nodig de normstelling aan te passen aan de veranderde aminozuurpatronen. Daarbij was ook de vraag aan de orde in hoeverre deze correctiefactoren voor alle voedermiddelen, ongeacht de matrix, op identieke wijze zouden moeten worden toegepast, als ook in hoeverre deze bij de huidige analysemethoden ook nog steeds van toepassing zijn.

De punten 2.1.3 en 2.1.4 impliceren dat, wanneer men een zo juist mogelijk beeld wil hebben van de gehalten aan aminozuren in een voedermiddel, de bij de aminozuuranalyse verkregen gehalten in g aminozuur/kg product (of DS) moeten worden gecorrigeerd door:

- a) te vermenigvuldigen met de per aminozuur berekende verhouding $(M_{AZ} - 18)/M_{AZ}$ en
- b) voor bepaalde aminozuren rekening te houden met een niet-kwantitatieve detectie als gevolg van hetzij ontleding, hetzij onvolledige hydrolyse.

Wanneer het gaat om het kwantificeren van het aanbod en de behoefte aan aminozuren en beide worden opgegeven in hoeveelheden aminozuur in het hydrolysaat kan de onder 2.1.4 genoemde correctie achterwege blijven.

2.2 Aminozuurgehalte in g / 16 g N

2.2.1 Van voedermiddelen waarvan de aminozuurgehalten worden geanalyseerd, wordt vrijwel altijd ook het (Kjeldahl) N-gehalte bepaald. Hoewel hierover regelmatig discussie is, wordt in de veevoeding aangenomen dat het N-gehalte van het eiwit 16% van de massa representeert; het (ruw) eiwitgehalte wordt derhalve berekend als $6,25 \cdot N$.

Om de aminozuurpatronen van verschillende voedermiddelen onderling beter te vergelijken, en niet gehinderd te worden door verschillen in (ruw) eiwitgehalte, worden de gehalten aan aminozuren vaak weergegeven in de eenheid g/16 g N (wat hetzelfde is als g/100 g (ruw) eiwit). In principe geeft men hiermee de procentuele verdeling van de aminozuren in het (ruw) eiwit weer.

2.2.2 Omrekening van het aminozuurgehalte van g/kg product (of DS) naar g/16 g N betekent echter nog niet dat men daarmee altijd een juist beeld krijgt van het gehalte in de werkelijke eiwitfractie.

Bij analyse van het N-gehalte bepaalt men behalve de in eiwit/aminozuren aanwezige N ook de N aanwezig in andere stikstofhoudende verbindingen, zoals nucleïnezuren/nucleotiden, ammonium/ammoniak, nitraat, aminen en amiden e.d. De in deze verbindingen aanwezige hoeveelheid stikstof wordt wel aangeduid als NAZN (= niet aminozuur stikstof). Daarom wordt ook gesproken over ruw eiwit; in feite berekent men via 2.2.1 het aandeel van ieder -door hydrolyse verkregen- vrij aminozuur in de ruw eiwitfractie.

2.2.3 Bij meer zuivere eiwitbronnen (caseïne, maisglutenmeel) met lage gehalten aan NAZN is de som van de aminozuren, uitgedrukt als g/16 g N, vaak hoger dan het ruw eiwitgehalte. Dit heeft te maken met de reeds in 2.1.3 genoemde binding van water bij hydrolyse van eiwitten tot vrije aminozuren.

Als men per aminozuur de massa wil opgeven zoals deze in 100 g ruw eiwit voorkomt, moet het aminozuurgehalte in g/16 g N -net als in 2.1.3. is beschreven- vermenigvuldigd worden met $(M_{AZ} - 18)/M_{AZ}$.

Voor onvolledige hydrolyse of ontleding van bepaalde aminozuren zou eveneens een bepaalde correctie moeten worden toegepast.

2.2.4 Als men het aminozuurgehalte in de werkelijke eiwit fractie¹ wil vaststellen, moet het aminozuurgehalte dus niet worden weergegeven in g/16 g N, maar moet men als volgt te werk gaan:

- het AZ-gehalte in g/kg product (of DS) wordt vermenigvuldigd met $(M_{AZ} - 18)/M_{AZ}$;
- door de aldus berekende gehalten van alle individuele aminozuren bij elkaar op te tellen krijgt men de "som aminozuren"
- door het onder a. berekende gehalte van de individuele aminozuren te delen door de "som aminozuren" (onder b.) en te vermenigvuldigen met 100 % krijgt men een beter beeld van de procentuele verdeling van de aminozuren in de werkelijke eiwitfractie.

2.3 Aminozuurgehalte in g AZ-N

Als men wil weten hoe groot de bijdrage van de in aminozuren vastgelegde N-fractie is ten opzichte van de totale N-fractie in een voedermiddel, gaat men als volgt te werk:

- het aminozuurgehalte in g/kg product (of DS) wordt vermenigvuldigd met M_N/M_{AZ} (M_N = massa van de som van de N-atomen in een aminozuur); men krijgt aldus per aminozuur het N-gehalte (AZ-N) in g/kg product (of DS);
- door de AZ-N gehalten bij elkaar op te tellen krijgt men het "totaal AZ-N gehalte". Dit "totaal AZ-N gehalte" kan vergeleken worden met het (m.b.v. Kjeldahl) geanalyseerde N-gehalte; het verschil tussen beide geeft een eerste indruk over het niet-aminozuur stikstof².

In verband met een niet-kwantitatieve detectie van de aminozuren threonine, serine, isoleucine en valine zouden hiervoor correctiefactoren toegepast kunnen worden.

1. De hoeveelheid niet in werkelijk eiwit aanwezige aminozuren wordt (gemakshalve) verwaarloosbaar klein verondersteld.
2. (= N-AZN; als ervan wordt uitgegaan dat alle aminozuren in eiwitten zijn vastgelegd is het N-AZN gehalte gelijk aan het NPN-gehalte; NPN = niet eiwit stikstof).

Bovendien is het van belang te realiseren dat de omzetting van glutamine en asparagine in resp. glutaminezuur en asparaginezuur tijdens de hydrolyse een onderschatting geeft van de hoeveelheid in deze aminozuren vastgelegde N. Wellicht komt men dichterbij de waarheid door ervan uit te gaan dat in het oorspronkelijke eiwit 50 % van het geanalyseerde glutaminezuurgehalte inderdaad als glutaminezuur aanwezig was en 50 % als glutamine; dezelfde veronderstelling kan men maken voor asparagine(zuur).

3. DARMVERTEERBARE AMINOZUREN UIT BESTENDIG VOEREIWIT (BRE)

In de verschillende in Nederland gebruikte DVAZ-systemen wordt voor wat betreft de DVAZ-bijdrage vanuit het voer verondersteld dat de pensbestendigheid en darmverteerbaarheid van het in het voedermiddel aanwezig lysine en methionine gelijk is aan die van N.

In het in Frankrijk geïntroduceerde DVAZ-systeem (Rulquin e.a., 1993) is dit niet het geval. In dit systeem is een vergelijking gemaakt tussen de berekende hoeveelheid aminozuren op duodenum niveau en de in darmdoorstromingsproeven gemeten hoeveelheid aminozuren die het duodenum passeert.

De berekende hoeveelheid aminozuren is gebaseerd op:

- het aandeel aminozuren afkomstig van het pensbestendige voereiwit; hierbij gaat men ervan uit dat het aminozuurprofiel van het pensbestendige deel van het voereiwit gelijk is aan die van het voereiwit zelf;
- het aandeel aminozuren afkomstig van microbieel eiwit; hiervoor wordt het door Le Henaff (1991) gepubliceerde profiel aangehouden;
- het aandeel aminozuren afkomstig van endogeen eiwit in pens- en abomasumvloeistof; hiervoor baseert men zich op het patroon van Ørskov e.a. (1986) gemeten na eiwitrijke voeding.

Op grond van een regressie-analyse komt men dan tot de volgende formules:

LYS(%PDI) aangepast = $1,904 + 0,759 * \text{LYS}(\%PDI)_{\text{berekend}}$

MET(%PDI) aangepast = $0,322 + 0,733 * \text{MET}(\%PDI)_{\text{berekend}}$

Deze formules worden vervolgens voor ieder voedermiddel gebruikt voor de berekening van het gehalte aan lysine en methionine dat op duodenum niveau beschikbaar komt.

Het is goed te bedenken dat in dit systeem het aminozuuraanbod ten eerste wordt uitgedrukt als het gehalte “op duodenum niveau beschikbaar aminozuur”, en dat er ten tweede een correctieformule is ontwikkeld voor het totale berekende aanbod aan op duodenum niveau beschikbaar aminozuur.

Er wordt dus niet expliciet gekeken in hoeverre er een correctie noodzakelijk is voor de afzonderlijke fracties die bijdragen tot het totale gehalte aan in de dunne darm verteerbare aminozuren.

Ondanks het feit dat de formules op een groot aantal waarnemingen zijn gebaseerd (n is resp. 133 en 93) is de verklaarde variatie vrij laag (R^2 resp. 0,67 en 0,41).

Voor het vaststellen van de behoefte aan “op duodenum niveau beschikbare aminozuren” is onderzocht hoe de melkeiwitproductie gerelateerd is aan het aanbod aan duodenaal lysine of methionine berekend op de bovenbeschreven manier.

Opmerkelijk is dat de auteurs zich niet uitlaten over de vraag in hoeverre er een verschil zou kunnen zijn in de darmverteerbaarheid van N en de individuele aminozuren van de verschillende bronnen die bijdragen tot het totale gehalte darmverteerbaar aminozuur. Dit betekent wellicht dat zij er stilzwijgend van uitgaan dat deze aan elkaar gelijk zijn. In elk geval zijn eventuele verschillen verdisconteerd in de relaties die zij geven voor de hoeveelheid lysine en methionine die op duodenum niveau beschikbaar moet zijn.

Deze berekeningswijze wordt door het Centraal Veevoederbureau niet overgenomen.

3.1 De meest correcte berekeningswijze

De meest correcte berekeningswijze voor het berekenen van de DVAZ-bijdrage vanuit voedermiddelen is die waarbij voor ieder individueel aminozuur de effectieve pensafbreekbaarheid en de darmverteerbaarheid wordt vastgesteld. Dit is echter in de praktijk absoluut onmogelijk.

De theoretisch naast beste methode is die waarbij de DVAZ-bijdrage wordt berekend vanuit het bestendig voereiwit (BRE), en wel door:

- a) het (op basis van *in situ* incubatie berekende) BRE-gehalte te vermenigvuldigen met
- b) het analytisch bepaalde gehalte van een bepaald aminozuur in het residu na 12-16 uur *in situ* incubatie in de pens, en dit product vervolgens te vermenigvuldigen met
- c) de proefondervindelijk bepaalde verteringscoëfficiënt voor het betreffende aminozuur (%DVBAZ) in het BRE van het betreffende product.

Voor de praktijk is ook deze werkwijze echter veel te complex.

Voor praktijksystemen wordt vrijwel altijd een aantal vereenvoudigingen doorgevoerd. Dit is ook in het DVE-systeem het geval.

Het is echter voor het berekenen van de DVAZ-waarde nodig kritisch te bezien in hoeverre de in het DVE-systeem toegepaste vereenvoudigingen en de in dit systeem gebruikte rekenregels zonder meer kunnen worden gehandhaafd wanneer wordt overgegaan op een systeem van darmverteerbare aminozuren.

In het DVE-systeem wordt het gehalte aan darmverteerbaar bestendig (ruw) voereiwit (DVBE) als volgt berekend:

$$\text{[F3.1] } DVBE = RE * (1,11 * \%BRE/100) * (\%DVBE/100)$$

waarin

%BRE = Percentage pensbestendig ruw eiwit

%DVBE = Percentage darmverteerbaar bestendig ruw eiwit

DVBE = Darmverteerbaar bestendig ruw eiwit

RE = Ruw Eiwit

De vraag is nu in hoeverre het geoorloofd is in deze formule simpelweg DVBE te vervangen door "DVBAZ" en RE door "RE * AZ/100" (waarbij AZ het percentage van een aminozuur in het RE is), ofwel in hoeverre gewerkt mag worden met de rekenregel:

$$\text{[F3.2] } DVBAZ = RE * AZ/100 * (1,11 * \%BRE/100) * (\%DVBE/100)$$

waarin

%BRE = Percentage pensbestendig ruw eiwit

%DVBE = Percentage darmverteerbaar bestendig ruw eiwit

AZ = Aminozuur in g/16 g N

DVBAZ = Darmverteerbaar aminozuur

RE = Ruw Eiwit

Deze substitutie impliceert enerzijds dat er geen verschil is tussen %BRE en %BR-AZ en anderzijds dat er geen verschil is tussen %DVBE en %DVBAZ. Deze twee aspecten worden in de paragrafen 3.2 tot en met 3.4 nader onderzocht.

3.2 %BRE als schatter voor de pensbestendigheid van aminozuren

Voor het inschatten van het (ruw) eiwitgehalte van een voeder wordt als regel het N-gehalte (volgens Kjeldahl, soms Dumas)³ bepaald; op dezelfde wijze wordt bij *in situ* incubaties de eiwitafbraak onderzocht door in de (incubatie)residuen het N-gehalte te bepalen.

Voor voedermiddelen waarvan een aminozuurpatroon en een RE-gehalte bekend zijn, kan een vergelijking worden gemaakt van het "totaal AZ-N gehalte" met het N-gehalte. In paragraaf 2.2.2 is aangegeven dat in voedermiddelen een groot aantal verschillende N-houdende verbindingen voorkomen, en dat het N-gehalte * 6,25 het ruw eiwitgehalte (RE) weergeeft. Nu zijn er grondstoffen waarin het aandeel niet-eiwit stikstof (NPN) in de N-fractie beperkt en bovendien vrij constant is. Op grond van een controle van een aantal grondstoffen lijkt de conclusie gewettigd dat dit geldt voor de meeste droge veevoedergrondstoffen. In sommige ruwvoerders, zoals gras en grasproducten is de NPN-fractie substantieel en bovendien variabel. De vraag is nu in hoeverre tijdens de *in situ* incubatie de samenstelling van de N-fractie verandert en in hoeverre dit consequenties heeft voor het berekenen van de bijdrage aan het darmverteerbaar aminozuurgehalte via het bestendig voereiwit. Met name de NPN-rijkere voedermiddelen vragen wat dit betreft nadere aandacht.

3. Bij de Kjeldahl bepaling wordt slechts een (niet precies bekend) gedeelte van het nitraat-N gedetecteerd; bij de Dumas-bepaling gebeurt dit kwantitatief. De Dumas-methode is beter geschikt voor kleine hoeveelheden monstermateriaal en wordt daarom gewoonlijk gebruikt voor het bepalen van het N-gehalte in monsters van *in situ* incubaties.

Er is de laatste jaren een redelijk aantal publicaties verschenen waarin op een of andere manier aandacht is gegeven aan de vraag in hoeverre bij pensincubatie veranderingen optreden in aminozuursamenstelling van het voereiwit. Sommige studies beperken zich tot een vergelijking van het aminozuurpatroon van het voedermiddel met dat van het residu na wassen of na een bepaald aantal uren pensincubatie. Gegevens over de procentuele verdwijning van N en/of aminozuren worden niet verstrekt. Daarnaast zijn er publicaties die resultaten bevatten omtrent de verdwijning van N en van groepen en/of individuele aminozuren uit het uitgangsmateriaal na een bepaald aantal uren pensincubatie (12-16 uur). Tenslotte zijn er studies waarin de verdwijning ten opzichte van het uitgangsmateriaal is bestudeerd na een aantal tijdstippen pensincubatie, zodat er gegevens van een aantal (minimaal 4) tijdstippen beschikbaar waren voor het berekenen van de fractionele afbraakconstante (k_d) van N en van groepen en/of individuele aminozuren.

In het kader van de vraagstelling in hoeverre de pensafbreekbaarheid van (werkelijk) eiwit en aminozuren overeenkomt met die van N is de laatste categorie studies het meest interessant. In Bijlage 1 worden gegevens uit de betreffende publicaties samengevat.

Uit de studie van Weisbjerg e.a. (1996) blijkt dat het toepassen van een correctie op de oplosbare fractie (S-fractie) voor partikelverdwijning een aanzienlijk effect heeft op de effectieve pensafbreekbaarheid (Tabel B1.1). In sommige gevallen wordt door deze correctie het verschil tussen de effectieve afbreekbaarheid van de verschillende componenten kleiner (vgl. kokosschilfers en zonnebloemzaadschroot met en zonder correctie, met name voor methionine); in andere gevallen wordt deze juist groter (vgl. bijvoorbeeld de waarde voor methionine voor katoenzaadschilfers met en zonder correctie ten opzichte van de andere componenten).

Om meer inzicht te krijgen in de vraag in hoeverre de gegevens over de bestendigheid van N gebruikt kunnen worden als schatter voor de bestendigheid van aminozuren zijn de waarden vermeld in de tabellen B1.1 t/m B1.5 gebruikt voor een regressieanalyse. Hierbij is de relatie tussen enerzijds de effectieve pensafbreekbaarheid van N en anderzijds die van respectievelijk de som aminozuren, lysine en methionine onderzocht. De resultaten hiervan staan vermeld in tabel 1.

Bij deze analyse is per dataset zowel het model met als zonder constante (wel/geen significant niveauverschil) onderzocht. Bij deze regressie-analyse is geen rekening gehouden met het feit dat in de verschillende studies verschillende waarden voor de passagesnelheid van voedermiddelen door de pens (k_p) zijn aangehouden. Het gaat hier om een vergelijking van de afbreekbaarheid van diverse N-houdende componenten binnen één monster; verondersteld is dat het hanteren van verschillende k_p 's hiervoor geen consequenties heeft. In figuur 1 en 2 is het verband weergegeven van resp. de aminozuurafbreekbaarheid en de lysine-afbreekbaarheid ten opzichte van de N-afbreekbaarheid.

In tabel 1 zijn bij het combineren van de gegevens van tabel B1.1 met die van tabel B1.2 t/m B1.5 de effectieve pensafbreekbaarheden zonder correctie voor partikelverdwijning gebruikt. Aangezien Weisbjerg e.a. (1996) een redelijk groot aantal voedermiddelen hebben onderzocht, zijn ook regressie-analyses uitgevoerd op alleen deze dataset, en dan zowel voor de gerapporteerde data zonder als met correctie voor partikelverdwijning. Daarbij werd in beide gevallen vastgesteld dat het opnemen van een constante in het regressiemodel leidde tot niet significant van 0 afwijkende waarden voor deze factor. Om die reden werden de lijnen in alle gevallen door de oorsprong geforceerd. Bij statistische analyse van de gegevens met correctie voor partikelverdwijning werd daarbij geconstateerd dat de waarde voor factor a in de modellen met een constante niet of nauwelijks significant afweek van 1, terwijl dit bij het door de oorsprong forceren wel het geval was (zie tabel 1).

Tabel 1 Relaties tussen de effectieve pensafbreekbaarheid (in %-eenheden) van N-, aminozuren, lysine en methionine ^{a)}

Error! Bookmark not defined.Error! Bookmark not defined.Relatie tussen de effectieve afbreekbaarheid van de som aminozuren (Y) en de effectieve N-afbreekbaarheid (X): Regressiemodel: $Y = a \cdot X + c$				
Dataset	a	c	R ²	rsd
Tabel B1.1 t/m B1.5 (n=28) ^{c)}	0,924 ± 0,037	5,06 ± 2,33	0,961	3,2
	1,001 ± 0,010	-	0,954	3,4
Tabel B1.1 (n=14)				
zonder partikelcorrectie	0,996 ± 0,006	-	0,980	1,7
met partikelcorrectie	0,958 ± 0,018	-	0,917	4,3
Relatie tussen de effectieve afbreekbaarheid van lysine (Y) en de effectieve N-afbreekbaarheid (X): Regressiemodel: $Y = a \cdot X + c$				
Dataset	a	c	R ²	rsd
Tabel B1.1 t/m B1.5 (n=28) ^{b)}	1,009 ± 0,021	-	0,812	7,1
Tabel B1.1 (n=14)				
zonder partikelcorrectie	0,991 ± 0,008	-	0,970	2,0
met partikelcorrectie	0,950 ± 0,018	-	0,915	4,1
Relatie tussen de effectieve afbreekbaarheid van methionine^{b)} (Y) en de effectieve N-afbreekbaarheid (X): Regressiemodel: $Y = a \cdot X + c$				
Dataset	a	c	R ²	rsd
Tabel B1.1 t/m B1.4 (n=24) ^{c)}	1,006 ± 0,027	-	0,737	8,2
Tabel B1.1 (n=14)				
zonder partikelcorrectie	0,975 ± 0,022	-	0,832	5,8
met partikelcorrectie	0,925 ± 0,022	-	0,889	5,0

a) Indien de constante c niet significant is, worden alleen de resultaten gegeven van regressie-analyses waarbij de lijn door de oorsprong werd geforceerd. Als de constante c wel significant is, wordt het resultaat vermeld van de regressie-analyses met en zonder deze constante in het regressiemodel.

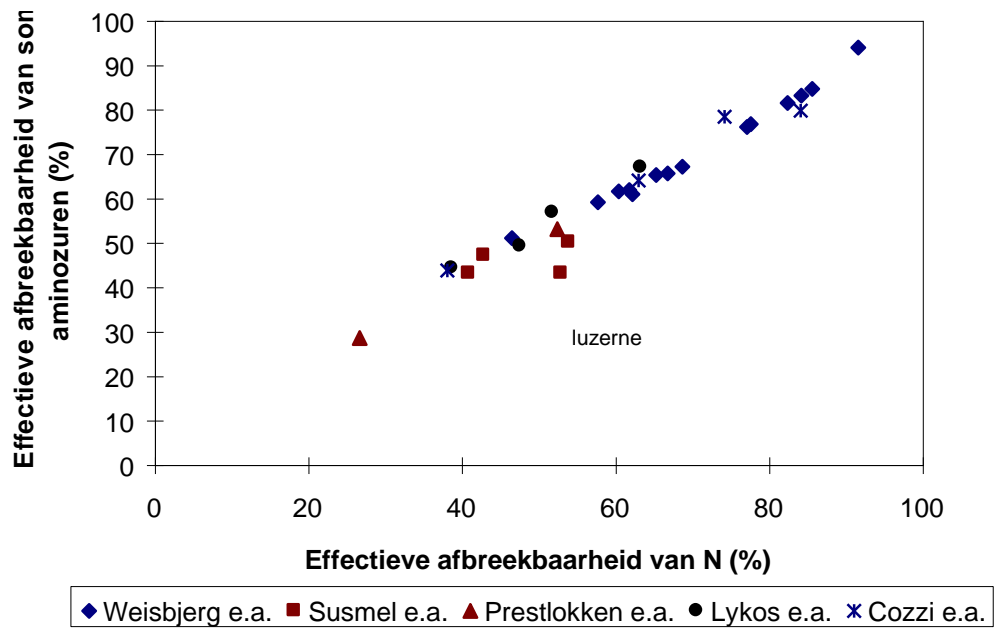
b) Bij deze regressie-analyse zijn de gegevens van Weisbjerg e.a. (1996) zonder correctie voor partikelverdwijning gebruikt.

c) Uit de publicaties zelf wordt in de meeste gevallen niet direct duidelijk of voor de analyse van dit aminozuur een aparte hydrolyse van het eiwit heeft plaatsgevonden.

Naast de studies waarin de pensafbreekbaarheid van N en aminozuren gedurende een aantal tijdstippen is bepaald, zijn er studies waarin de verdwijning van N en aminozuren na pensincubatie gedurende één incubatieperiode, in de diverse studies variërend van 12 - 16 uur, is bestudeerd. De uit deze studies gebruikte gegevens zijn kort samengevat in Bijlage 2.

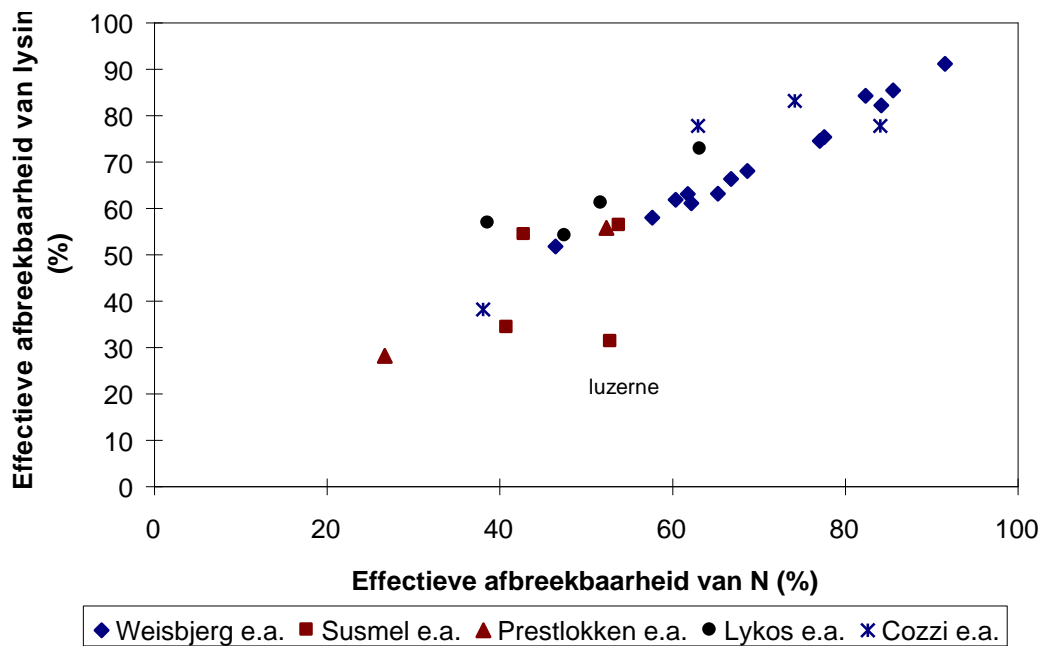
Met behulp van de resultaten vermeld in de tabellen B2.1 t/m B2.4, en de door Prestlækken en Harstad (1996) eveneens gegeven verdwijning van N en aminozuren na 16 uur pensincubatie voor sojaschroot en bestendig sojaschroot ("Soypass"), is onderzocht welke relatie er is tussen de verdwijning van de som van de aminozuren, lysine en methionine ten opzichte van de N-verdwijning. Daarbij wordt verondersteld dat de verschillen in incubatieduur voor deze vergelijking binnen een monster geen problematische consequenties heeft; hetzelfde is verondersteld voor het feit dat in één studie de aminozuur-N verdwijning wordt gegeven, en in de andere studies de aminozuurverdwijning als zodanig. De resultaten van de regressie-analyses staan in tabel 2. In figuur 3 is de aminozuurverdwijning grafisch uitgezet tegen de N-verdwijning.

Figuur Error! Unknown switch argument. Vergelijking effectieve pensafbreekbaarheid van N met die van de som van de aminozu-

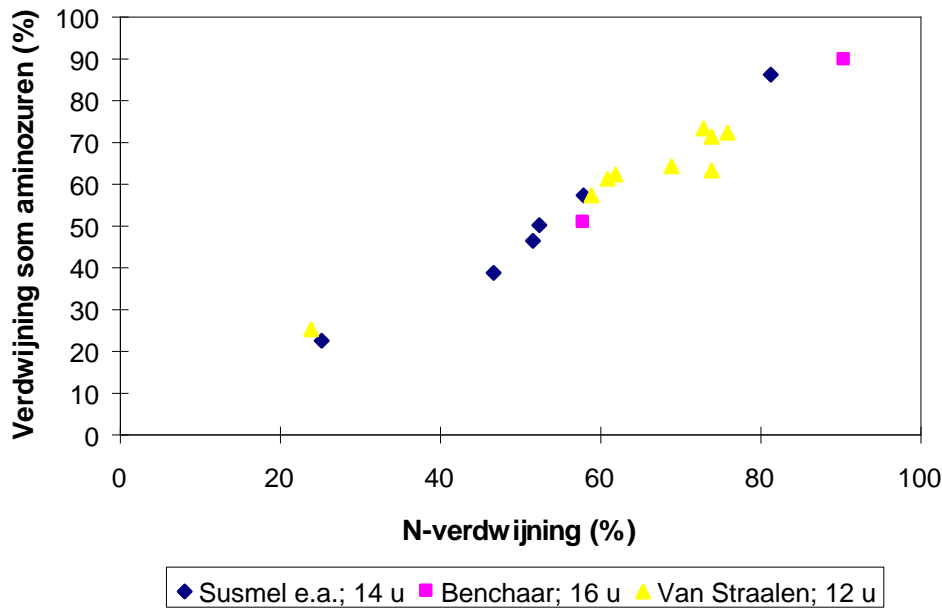


ren

Figuur Error! Unknown switch argument. Vergelijking effectieve pensafbreekbaarheid van N met die van lysine



Figuur Error! Unknown switch argument. Vergelijking van de N-verdwijning met de verdwijning van de som aminozuren na 12 - 16 uur pensincubatie



Met betrekking tot analyse van de hierboven genoemde gegevens, dient het volgende te worden opgemerkt:

- Analyse-resultaten, uitgevoerd in de incubatieresiduen, kunnen een onjuist beeld geven van de verdwijning van N of N-houdende verbindingen als gevolg van verontreiniging met pensmicroben. Dit speelt vooral bij eiwitarme voeders.
- Eventuele microbiële besmetting op zich zal, vanwege het feit dat (ruw) microbiële eiwit ook slechts gedeeltelijk uit werkelijk eiwit bestaat (in het DVE-systeem wordt hiervoor 75% aangehouden; in het franse PDI-systeem 80%), niet zo snel leiden tot grote verschillen in de afbreekbaarheid van de som van de aminozuren t.o.v. die van N.
- Bij individuele aminozuren kan de afwijking van de afbreekbaarheid t.o.v. die van N om verschillende redenen groter zijn dan die van de som aminozuren:
 - a. wanneer het gehalte aan een aminozuur in het voedermiddel laag is t.o.v. het gehalte in microbiële eiwit (zoals voor methionine), kan een relatief geringe besmetting van het incubatie-residu voor het betreffende aminozuur al vrij snel leiden tot een afwijkende afbreekbaarheid;
 - b. analyse-onnauwkeurigheden in de bepaling van individuele aminozuren leiden veel sneller tot afwijkingen t.o.v. de N-afbreekbaarheid dan die van de som van de aminozuren, aangezien in het laatste geval er een uitmiddeling plaatsvindt van de onnauwkeurigheden per aminozuur.

Relaties tussen enerzijds de verdwijning van N en anderzijds de verdwijning van resp. de som aminozuren, lysine en methionine bij *in situ* incubatie gedurende 12 à 16 uur in de pens.

Error! Bookmark not defined.Error! Bookmark not defined.Relatie tussen de afbreekbaarheid van de som aminozuren (Y) en de N-afbreekbaarheid (X):				
Regressiemodel: $Y = a \cdot X + c$				
Dataset	a	c ¹⁾	R ²	rsd
Tabel B2.1 t/m B2.4 (n=23)	0,973 ± 0,012	-	0,960	3,8
Tabel B2.1 t/m B2.3:				
n=19 (incl. ruwvoerders tabel 7)	0,962 ± 0,014	-	0,958	3,9
n=17 (excl. ruwvoerders tabel 7)	0,963 ± 0,017	-	0,955	4,2
n=16 (excl. ruwv. en bietenp. tab.7)	0,974 ± 0,015	-	0,967	3,6
n=17 (excl. snijmaïs en bietenp. tab.7)	0,971 ± 0,014	-	0,968	3,5
Relatie tussen de afbreekbaarheid van lysine (Y) en de N-afbreekbaarheid (X):				
Regressiemodel: $Y = a \cdot X + c$				
Dataset	a	c ¹⁾	R ²	rsd
Tabel B2.1 t/m B2.4 (n=23)	0,934 ± 0,028	-	0,793	8,4
Tabel B2.1 t/m B2.3 :				
n=19 (incl. ruwvoerders tabel 7)	0,917 ± 0,032	-	0,787	8,7
n=17 (excl. Ruwvoerders tabel 7)	0,955 ± 0,022	-	0,921	5,4
n=16 (excl. ruwv. En bietenp. tab.7)	0,971 ± 0,019	-	0,950	4,5
n=17 (excl. Snijmaïs en bietenp. tab.7)	0,962 ± 0,019	-	0,942	4,7
Relatie tussen de afbreekbaarheid van methionine (Y) en de N-afbreekbaarheid (X):				
Regressiemodel: $Y = a \cdot X + c$				
Dataset	a	c ¹⁾	R ²	rsd
Tabel B2.1 t/m B2.4 (n=23)	0,921 ± 0,037	-	0,727	11,0
Tabel B2.1 t/m B2.3 :				
n=19 (incl. ruwvoerders tabel 7)	0,919 ± 0,047	-	0,696	12,2
n=17 (excl. ruwvoerders tabel 7)	0,928 ± 0,048	-	0,727	12,0
n=16 (excl. ruwv. en bietenp. tab.7)	0,959 ± 0,045	-	0,798	10,6
n=17 (excl. snijmaïs en bietenp. tab.7)	0,943 ± 0,043	-	0,781	10,7

¹⁾ De constante "c" week in geen enkel geval significant van nul af. De weergegeven verbanden zijn derhalve door de oorsprong geforceerd.

- Resultaten gebaseerd op slechts één incubatietijdstip (tabel B2.1 t/m B2.4) zijn, als het gaat om een goed zicht te krijgen op de pensbestendigheid van N en verschillende N-houdende componenten van minder waarde dan resultaten gebaseerd op een reeks incubatie-tijdstippen (tabel B1.1 t/m B1.5). Wanneer de resultaten van de regressie-analyses op de dataset van Weisbjerg e.a. (1996) na correctie voor partikelverdwijning buiten beschouwing worden gelaten, is bij het door de oorsprong forceren van de relaties in tabel 1 in geen enkel geval de richtingscoëfficiënt significant afwijkend van 1,0. In tabel 2 was dit wel het geval. Na weglaten van de ruwvoerders (waarbij er meer gefundeerde vragen zijn over de relatie tussen de pensafbreekbaarheid van N en die van aminozuren) kon deze afwijking echter steeds worden toegeschreven aan één waarneming uit het onderzoek van Van Straalen e.a. (1997), nl. aan het

onderzochte monster bietenpulp. In dit geval is er sprake van een eiwitarm product, waarbij het resultaat -zoals reeds opgemerkt- door geringe verontreinigingen met bacterieel eiwit kan worden beïnvloed. Naar aanleiding van dit resultaat is ook onderzocht of het weglaten van bietenpulp en snijmaïs (een eiwitarm ruwvoer) een kleinere afwijking van de a-coëfficiënt van de waarde 1,0 gaf dan het weglaten van de 2 ruwvoermonsters. Dit bleek inderdaad het geval. Het feit dat het weglaten van twee eiwitarme voedermiddelen ertoe leidde dat er niet langer significante verschillen bestaan tussen de verdwijning van aminozuren als zodanig of van de individuele aminozuren lysine en methionine ten opzichte van N betekent dat de hier gepresenteerde statische analyses geen aanleiding vormen om te veronderstellen dat de pensincubatie-residuen na 12 - 16 uur incubatie geen goed uitgangspunt zouden zijn voor het bestuderen van de darmverteerbaarheid van pensbestendig voereiwit.

- In de regressie-analyses zijn de gegevens van verschillende voedermiddelen gecombineerd; dit betekent niet dat voor individuele voedermiddelen geen afwijkende resultaten gevonden zouden kunnen worden.

Op grond van tabel 1 kan geconcludeerd worden dat -over voedermiddelen heen- de pensafbreekbaarheid van (de som van) de aminozuren goed voorspeld wordt door de N-afbreekbaarheid. Hetzelfde kan geconcludeerd worden voor de lysine- en methionine-afbreekbaarheid; de grotere onnauwkeurigheid in de gevonden relaties voor de afzonderlijke aminozuren wordt daarbij toegeschreven aan de onnauwkeurigheden waarmee individuele aminozuren worden bepaald en/of aan de effecten van eventuele geringe microbiële besmettingen van de incubatieresiduen.

De resultaten gepresenteerd in tabel B1.1 t/m B1.5 en in tabel B2.1 t/m B2.4 hebben vooral betrekking op krachtvoedergrondstoffen. Voor wat betreft de effectieve afbreekbaarheid zijn slechts resultaten voor één ruwvoeder beschikbaar (luzernesilage; zie tabel B1.4). Voor dit monster is het verschil tussen de N-afbreekbaarheid en die van de som van de aminozuren en die van lysine resp. aanzienlijk tot zeer aanzienlijk (zie ook figuur 1 en 2). Voor wat betreft de verdwijning van N en N-houdende componenten na één bepaalde incubatieduur zijn door Van Straalen e.a. (1997) twee ruwvoerders onderzocht (grassilage en maissilage) en door Skórko-Sajko e.a. (1994) vier ruwvoerders (tabel B2.4). Hier is het verschil in verdwijning van (essentieel) aminozuur-N, lysine en methionine ten opzichte van de N-verdwijning minder duidelijk aanwezig.

Een en ander impliceert dat aan de pensafbreekbaarheid van N en N-houdende componenten in ruwvoerders, met name van gras en grassilage, nader aandacht diende te worden besteed. In opdracht van het CVB zijn door ID-DLO een zestal monsters grassilage gedetailleerd onderzocht. Bij dit onderzoek werden van de kuilen naast de reeds bekende gehalten aan DS, RAS en N tevens de individuele aminozuren geanalyseerd. Bovendien werden deze analyses uitgevoerd op de residuen na 0, 3, 6, 12, 24, 48 en 336 uur pensincubatie. De resultaten van dit onderzoek (interne notitie CVB-werkgroep Ruwvoederwaardering) bevestigen het vermoeden dat voor ruwvoerders de pensbestendigheid van de individuele aminozuren wezenlijk kan afwijken van die van N. Er zijn onvoldoende waarnemingen om wat dit betreft definitieve conclusies te trekken, en om betrouwbare correctieformules af te leiden, zal voorshands ook voor ruwvoerders voor de pensbestendigheid van aminozuren de bestendigheid van N moeten worden aangehouden.

3.3 %DVBE als schatter voor de darmverteerbaarheid van aminozuren

Ook wat betreft de darmverteerbaarheid van het pensbestendige voereiwit is het een en ander gepubliceerd. In Bijlage 3 (tabel B3.1 t/m B3.5) worden enkele gegevens uit de betreffende publicaties samengevat. Deze gegevens zijn verkregen met behulp van de "mobiele nylon zakjes" techniek. Omdat het ook hier gaat om een vergelijking van het gedrag van individuele N-houdende verbindingen ten opzichte van ruw eiwit als zodanig, is aan eventuele verschillen in proefmethodiek geen aandacht gegeven.

Door Skórko-Sajko e.a. (1994) (Tabel B3.5) is van een viertal ruwvoerders na een 16-uurs pensincubatie met behulp van de mobiele nylon zakjes methode de darmverteerbaarheid van de individuele aminozuren onderzocht. De onderzochte ruwvoerders zijn hanepoot (een onkruid), wiken, gras/klaver mengsel en luzernepellets. De door Skórko-Sajko e.a. (1994) gepubliceerde gehalten aan LYS-N en MET-N zijn (ten behoeve van paragraaf 3.4) omgerekend naar gehalten

aan LYS en MET (uitgedrukt in g/kg) uitgaande van een stikstofaandeel van 19,2% in LYS en een stikstofaandeel van 9,4% in MET.

De in Nederland toegepaste bedrijfseigen DVAZ-systemen gaan ervan uit dat de darmverteeringscoëfficiënt van de individuele bestendige aminozuren gelijk is aan de darmverteringscoëfficiënt van het bestendige ruw eiwit.

De relatie tussen het %DV van totaal BRE enerzijds en het %DV van individuele aminozuren uit BRE anderzijds is met behulp van regressie-analyse onderzocht. Voor deze regressie-analyse is gebruikt gemaakt van de publicaties waarvoor de meest relevante gegevens zijn gepresenteerd in de tabellen B3.1 t/m B3.4. De ruwvoerders uit tabel B3.5 zijn niet meegenomen. Voor de individuele aminozuren die voor melkvee als mogelijk limiterend worden genoemd zijn de volgende modellen zijn onderzocht:

Model 1: $\%DVBAZ = a \cdot \%DVBE + b$

Model 2: $\%DVBAZ = a \cdot \%DVBE$

met $\%DVBAZ =$ Darmverteerbaarheid (%) van het bestendige deel van aminozuur AZ
 $\%DVBE =$ Darmverteerbaarheid (%) van het bestendig ruw eiwit

De uitkomsten van de uitgevoerde regressie-berekeningen staan vermeld in tabel 3; per aminozuur wordt steeds eerst de uitkomst voor model 1 vermeld en daaronder die voor model 2.

Tabel 3 Relatie tussen %DVBAZ en %DVBE

Lysine													
a	s.e. van a	Ta	b	Tb	min %DVLYS	max %DVLYS	n	R ²	rsd	var.coëf.	lsr	hl	lsr+hl
0,971	0,068	14,4	2,35	0,40	39,5	99,7	43	77	5,3	6,2	5	4	3
0,971	0,008	131,3	*	*	39,5	99,7	43	77	5,3	6,2	5	0	0
Methionine													
a	s.e. van a	Ta	b	Tb	min %DVMET	max %DVMET	n	R ²	rsd	var.coëf.	lsr	hl	lsr+hl
0,801	0,079	10,1	19,8	2,85	30,8	100,0	43	62	6,3	7,0	1	4	1
1,025	0,009	108,3	*	*	30,8	100,0	43	58	6,6	7,4	2	0	0
Histidine													
a	s.e. van a	Ta	b	Tb	min %DVHIS	max %DVHIS	n	R ²	rsd	var.coëf.	lsr	hl	lsr+hl
1,256	0,138	9,12	-24,1	-2,03	5,0	99,5	43	66	10,0	12,2	1	4	1
0,979	0,009	53,3	*	*	5,0	99,5	43	64	10,4	12,6	1	0	0
Threonine													
a	s.e. van a	Ta	b	Tb	min %DVTHR	max %DVTHR	n	R ²	rsd	var.coëf.	lsr	hl	lsr+hl
0,754	0,079	9,59	22,3	3,28	53,0	100,0	43	68	5,7	6,8	1	4	0
1,010	0,011	89,9	*	*	53,0	100,0	43	61	6,4	7,6	3	0	0
Valine													
a	s.e. van a	Ta	b	Tb	min %DVVAL	max %DVVAL	n	R ²	rsd	var.coëf.	lsr	hl	lsr+hl
0,817	0,071	11,5	17,6	2,88	39,7	99,7	43	76	5,2	6,1	2	4	0
1,020	0,010	103,0	*	*	39,7	99,7	43	72	5,6	6,6	1	0	0
Leucine													
a	s.e. van a	Ta	b	Tb	min %DVLEU	max %DVLEU	n	R ²	rsd	var.coëf.	lsr	hl	lsr+hl
0,712	0,057	12,6	28,4	5,82	53,4	100,0	43	79	4,1	4,7	4	4	0
1,038	0,010	106,8	*	*	53,4	100,0	43	63	5,5	6,3	1	0	0

Verklaring van de gebruikte afkortingen:

a en b zijn resp. de richtingscoëfficiënt van de lijn en de constante in het regressiemodel $\%DVBAZ = a\%DVBE + b$; s.e. van a = standaardfout in de a-waarde; T: statistische parameter die aangeeft of een regressiefactor significant afwijkt van 0 (is het geval bij $T \geq 2,0$); min%DVAZ en max%DVAZ: minimale en maximale waarde voor de darmverteerbaarheid voor een aminozuur in de dataset; n = aantal waarnemingen; R² : verklaarde variatie; rsd : standaardfout in de schatting van %DVBAZ; var.coëf. : variatiecoëfficiënt (= rsd/gemiddelde %DVAZ *100); lsr : "large standardized residual" (aantal waarnemingen dat sterk van de lijn afwijkt); hl: "high leverage" (aantal waarnemingen dat een sterke invloed heeft op de uiteindelijke regressie-formule)

Tabel 3 vervolg: Relatie tussen %DVBAZ en %DVBE

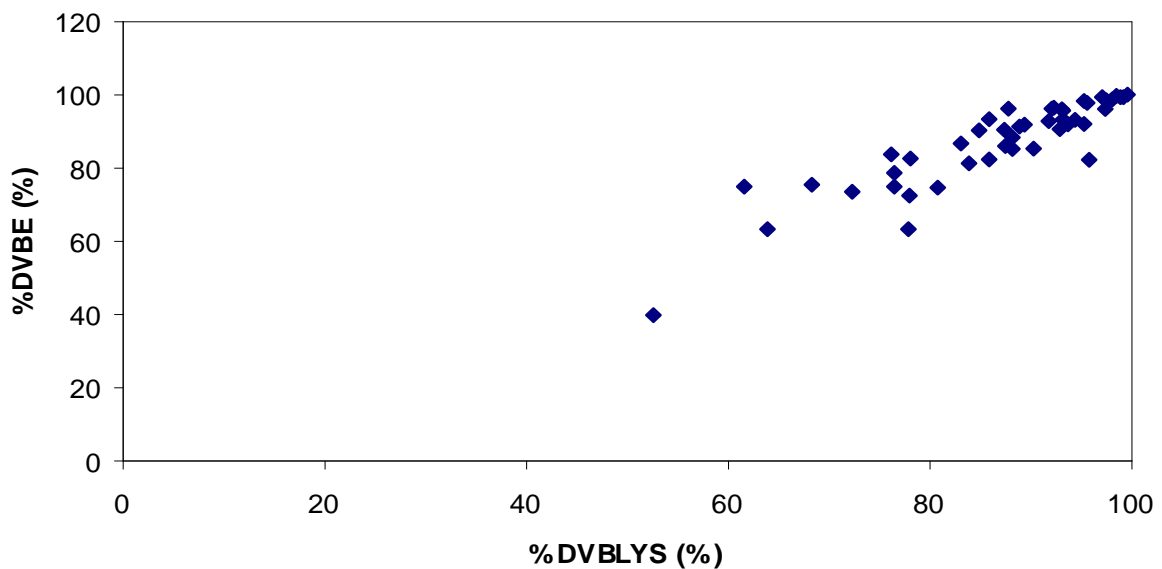
Isoleucine													
a	s.e. van a	Ta	b	Tb	min %DVILE	max %DVILE	n	R ²	rsd	var.coëf.	lsr	hl	lsr+hl
0,736	0,065	11,3	25,8	4,58	50,9	100,0	43	75	4,8	5,5	2	4	0
1,033	0,010	101,1	*	*	50,9	100,0	43	63	5,8	6,7	3	0	0
Glutamine													
a	s.e. van a	Ta	b	Tb	min %DVGLU	max %DVGLU	n	R ²	rsd	var.coëf.	lsr	hl	lsr+hl
0,688	0,050	13,7	31,8	7,35	62,2	100,0	43	82	3,7	4,1	2	4	0
1,054	0,010	108,5	*	*	62,2	100,0	43	59	5,5	6,2	1	0	0
Cystine													
a	s.e. van a	Ta	b	Tb	min %DVCYS	max %DVCYS	n	R ²	rsd	var.coëf.	lsr	hl	lsr+hl
1,301	0,101	12,9	-28,4	-3,28	26,2	100,0	42	80	7,2	9,0	3	4	1
0,973	0,014	67,6	*	*	26,2	100,0	42	76	8,0	10,0	3	0	0
Arginine													
a	s.e. van a	Ta	b	Tb	min %DVARG	max %DVARG	n	R ²	rsd	var.coëf.	lsr	hl	lsr+hl
0,588	0,080	7,33	41,0	5,93	64,2	100,0	43	56	5,8	6,4	3	4	2
1,061	0,014	76,2	*	*	64,2	100,0	43	20	7,9	8,7	1	0	0
Phenylalanine													
a	s.e. van a	Ta	b	Tb	min %DVPHE	max %DVPHE	n	R ²	rsd	var.coëf.	lsr	hl	lsr+hl
0,704	0,068	10,3	28,4	4,84	62,0	100,0	43	72	4,96	5,6	1	4	0
1,031	0,011	94,9	*	*	62,0	100,0	43	56	6,1	7,0	2	0	0

Verklaring van de gebruikte afkortingen:

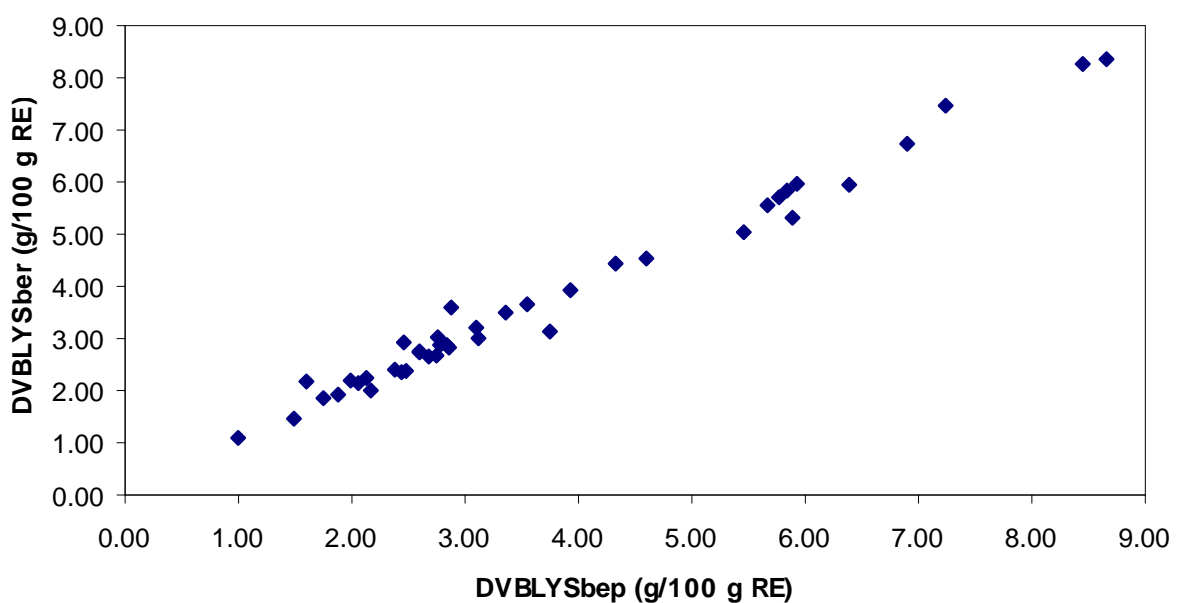
a en b zijn resp. de richtingscoëfficiënt van de lijn en de constante in het regressiemodel $\%DVBAZ = a\%DVBE + b$; s.e. van a = standaardfout in de a-waarde; T: statistische parameter die aangeeft of een regressiefactor significant afwijkt van 0 (is het geval bij $T \geq 2,0$); min%DVAZ en max%DVAZ: minimale en maximale waarde voor de darmverteerbaarheid voor een aminozuur in de dataset; n = aantal waarnemingen; R² : verklaarde variatie; rsd : standaardfout in de schatting van %DVBAZ; var.coëf. : variatiecoëfficiënt (= rsd/gemiddelde %DVAZ *100); lsr : "large standardized residual" (aantal waarnemingen dat sterk van de lijn afwijkt); hl: "high leverage" (aantal waarnemingen dat een sterke invloed heeft op de uiteindelijke regressie-formule)

De in Tabel 3 gepresenteerde regressie-berekeningen op basis van verteringscoëfficiënten hebben als nadeel dat, uitgaande van een theoretische verdeling van zowel de X- als de Y-parameter van 0 tot 100%, de meeste punten in het bovenste deel van dit traject liggen (de darmverteerbaarheid van zowel BRE als BAZ is in het algemeen hoog, zie ook het voorbeeld: figuur 4). Doordat de puntenwolk zo ver van de oorsprong aflight, wordt al snel een intercept gevonden. Door in de regressieberekening rekening te houden met het bruto gehalte van het individuele aminozuur in het voer, ontstaat een meer gelijkmatige puntenverdeling (voorbeeld: figuur 5). Dit aspect wordt nader beschreven in paragraaf 3.4.

Figuur Error! Unknown switch argument. Relatie tussen de darmverteerbaarheid van RE (%DVBE) en lysine (%DVBLYS) in pensincubatieresiduen



Figuur Error! Unknown switch argument. Relatie tussen het berekende en bepaalde gehalte aan darmverteerbaar lysine (resp. DVBLYSber en DVBLYSbep) in pensincubatieresiden



3.4 %DVBAZ en %DVBE in relatie tot het bruto AZ- en N-gehalte in het voer

In de huidige in Nederland gebruikte darmverteerbare aminozuursystemen wordt ervan uitgegaan dat de darmverteerbaarheid van elk van de individuele aminozuren uit de pensbestendige fractie %DVBAZ gelijk is aan de darmverteerbaarheid van het bestendig ruw eiwit (%DVBE). Uit bovenstaande regressies kan worden opgemaakt dat er bij dit uitgangspunt vraagtekens kunnen worden geplaatst. In veel gevallen wijkt in het model $\%DVBAZ = a \%DVBE + b$ de constante b wezenlijk af van nul. Verder is er, indien de lijn door de oorsprong wordt geforceerd, in veel gevallen sprake van een geringe, maar statistisch wezenlijke afwijking van de waarde van coëfficiënt a van 1,0.

Echter, de meetfout bij de aminozuurbepaling kan -vooral als het gehalte van een aminozuur in het monster relatief laag is- van wezenlijke invloed zijn op de verteringscoëfficiënten en daarmee op de uitkomsten van de uitgevoerde regressies. Bovendien dient de darmverte-ringscoëfficiënt van een bepaald aminozuur gezien te worden tegen het niveau van het bruto gehalte van dat aminozuur in het ruw eiwit van de incubatierest.

Op basis van de publicaties van Masoero e.a. (1994), Van Straalen e.a. (1997), Weisbjerg e.a. (1996) en Skórko-Sajko e.a. (1994) is over partijen van diverse voedermiddelen heen, door middel van regressie-analyse, de relatie onderzocht tussen enerzijds het gehalte aan DVLYS respectievelijk DVMET (in g/100 RE pensincubatie-rest) zoals bepaald in de proef en anderzijds het gehalte aan DVLYS en DVMET (in g/100 RE pens-incubatierest) zoals berekend met behulp van de darmverteringscoëfficiënt van RE. De uitgangsgegevens worden vermeld in tabel B4.1 t/m B4.4.

Nadrukkelijk wordt er op gewezen dat voor deze wijze van evalueren in de benodigde onderzoeken zowel de stap van afbraak van stikstof en individuele aminozuren in de pens als van vertering van pensbestendig stikstof en individuele aminozuren in het ileum dienen te zijn beschreven. Dus in de eerste plaats moeten grondstoffen/voedermiddelen in sacco op pensbestendigheid zijn onderzocht en in de tweede plaats dienen de incubatie-residuen met behulp van de mobiele nylon zakjes methode op darmverteerbaarheid te zijn onderzocht.

Op basis van de gegevens uit Bijlage 4 (tabel B4.1 t/m B4.4) zijn de volgende relaties afgeleid:

DVLYSber s.e.	=	0,974 * DVLYSbep 0,0093	($r^2=97,8$; var.coëf.=7,2% en n=47)
DVMETber s.e.	=	0,955 * DVMETbep 0,0079	($r^2=97,3$; var.coëf.=5,8% en n=45)

Indien de gegevens met betrekking tot ruwvoerders van de berekeningen worden uitgesloten, worden de volgende verbanden berekend:

DVLYSber s.e.	=	0,939 * DVLYSbep + 0,018	0,200 ($r^2=98,4$; var.coëf.=6,3% en n=41) 0,0792
DVMETber s.e.	=	0,959 * DVMETbep 0,0081	($r^2=97,3$; var.coëf.=5,6% en n=40)

Bij forceren door de oorsprong:

$$\begin{array}{l} \text{DVLYSber} \\ \text{s.e.} \end{array} = \begin{array}{l} 0,981 * \text{DVLYSbep} \\ 0,0093 \end{array} \quad (r^2=98,2; \text{ var.coëf.}=6,7\% \text{ en } n=41)$$

Indien naast de ruwvoerders bovendien de gegevens met betrekking tot mengvoedergrondstoffen met RE < 180 g/kg DS worden genegeerd:

$$\begin{array}{l} \text{DVLYSber} \\ \text{s.e.} \end{array} = \begin{array}{l} 0,981 * \text{DVLYSbep} \\ 0,0114 \end{array} \quad (r^2=98,2; \text{ var.coëf.}=7,2\% \text{ en } n=30)$$

DVLYSber wijkt niet significant af van DVLYSbep.

$$\begin{array}{l} \text{DVMETber} \\ \text{s.e.} \end{array} = \begin{array}{l} 0,962 * \text{DVMETbep} \\ 0,0088 \end{array} \quad (r^2=98,0; \text{ var.coëf.}=5,1\% \text{ en } n=28)$$

Indien uitsluitend de ruwvoerders en de mengvoedergrondstoffen met RE < 180 g/kg DS worden meegenomen:

$$\begin{array}{l} \text{DVLYSber} \\ \text{s.e.} \end{array} = \begin{array}{l} 0,954 * \text{DVLYSbep} \\ 0,0152 \end{array} \quad (r^2=95,3; \text{ var.coëf.}=7,1\% \text{ en } n=18)$$

$$\begin{array}{l} \text{DVMETber} \\ \text{s.e.} \end{array} = \begin{array}{l} 0,921 * \text{DVMETbep} \\ 0,0143 \end{array} \quad (r^2=97,1; \text{ var.coëf.}=7,1\% \text{ en } n=18)$$

Voor de overige aminozuren is uitsluitend gebruik gemaakt van de publicaties van Masoero e.a. (1994) en Van Straalen e.a. (1997). Voor deze aminozuren zijn de volgende relaties afgeleid:

$$\begin{array}{l} \text{DVHISber} \\ \text{DVASPber} \\ \text{DVTHRber} \\ \text{DVPROber} \\ \text{DVSERber} \\ \text{DVGLYber} \\ \text{DVGLUber} \\ \text{DVALAber} \\ \text{DVVALber} \\ \text{DVILEber} \\ \text{DVLEUber} \\ \text{DVTYRber} \\ \text{DVPHEber} \\ \text{DVCYSber} \end{array} = \begin{array}{l} 0,924 * \text{DVHISbep} + 0,19 \\ 0,964 * \text{DVASPBep} \\ 0,979 * \text{DVTHRbep} \\ 0,980 * \text{DVPRObep} \\ 0,979 * \text{DVSERbep} \\ 1,042 * \text{DVGLYbep} \\ 0,946 * \text{DVGLUbep} \\ 0,984 * \text{DVALAbep} \\ 0,977 * \text{DVVALbep} \\ 0,963 * \text{DVILEbep} \\ 0,965 * \text{DVLEUbep} \\ 1,025 * \text{DVTYRbep} - 0,19 \\ 1,115 * \text{DVPHEbep} - 0,71 \\ 1,021 * \text{DVCYSbep} \end{array} \quad \begin{array}{l} (r^2 = 95,6\%; \text{ var.coëf.} = 3,3\%; n= 33) \\ (r^2 = 97,2\%; \text{ var.coëf.} = 5,8\%; n= 38) \\ (r^2 = 93,3\%; \text{ var.coëf.} = 6,0\%; n= 37) \\ (r^2 = 97,5\%; \text{ var.coëf.} = 6,0\%; n= 37) \\ (r^2 = 98,3\%; \text{ var.coëf.} = 3,6\%; n= 36) \\ (r^2 = 88,1\%; \text{ var.coëf.} = 7,2\%; n= 36) \\ (r^2 = 97,7\%; \text{ var.coëf.} = 6,4\%; n= 38) \\ (r^2 = 95,0\%; \text{ var.coëf.} = 6,0\%; n= 38) \\ (r^2 = 92,7\%; \text{ var.coëf.} = 5,9\%; n= 36) \\ (r^2 = 95,1\%; \text{ var.coëf.} = 6,8\%; n= 38) \\ (r^2 = 97,3\%; \text{ var.coëf.} = 5,9\%; n= 38) \\ (r^2 = 97,7\%; \text{ var.coëf.} = 4,1\%; n= 36) \\ (r^2 = 95,8\%; \text{ var.coëf.} = 5,0\%; n= 36) \\ (r^2 = 94,5\%; \text{ var.coëf.} = 5,4\%; n= 33) \end{array}$$

$$\text{DVSOMber} = 0,972 * \text{DVSOMbep} \quad (r^2 = 92,7\%; \text{ var.coëf.} = 5,3\%; n= 37)$$

Voor elk van de bovenstaande relaties geldt dat de vermelde relatie wezenlijk afwijkt van de relatie $\text{DVAZber} = \text{DVAZbep}$. Uitbijters zijn voor de regressie-berekening uitgesloten. Voor de meeste individuele darmverteerbare bestendige aminozuren geldt dat het berekende gehalte wat lager ligt dan het bepaalde gehalte. Dit houdt in dat voor de meeste aminozuren de darmverteerbaarheid hoger ligt dan het %DVBE. Dit is in overeenstemming met hetgeen werd verwacht. Aangenomen werd dat het NPN een lagere darmverteerbaarheid zou hebben dan het aminozuur-deel van het ruw eiwit.

3.5 Darmverteerbaarheid van aminozuren in niet geïncubeerd uitgangsmateriaal

Naast onderzoeken waarin de incubatierest door middel van de mobiele nylon zakjes methode op darmverteerbaarheid is onderzocht, is in het onderzoek van Weisbjerg e.a. (1996) het uit-

gangsmateriaal (het voedermiddel als zodanig) ook rechtstreeks in de mobiele nylon zakjes gebracht en vervolgens op darmverteerbaarheid onderzocht. Indien de bestendigheid van individuele aminozuren tegen afbraak in de pens gelijk is aan de bestendigheid van totaal ruw eiwit dienen de uitkomsten die op basis van deze methode worden gevonden overeenkomstig te zijn aan de methode waarbij de incubatierest in de mobiele nylon zakjes is gebracht.

Alleen de gegevens over de darmverteerbaarheid van de aminozuren methionine en lysine zijn statistisch geanalyseerd. Als afhankelijke parameters dienen DVLYSber en DVMETber, als verklarende parameters dienen respectievelijk DVLYSbep en DVMETbep. Hierbij gelden de volgende rekenregels:

DVLYSber	= LYS * (%DV_N / 100)		
DVLYSbep	= LYS * (%DV_LYS / 100)		gehalten aan MET en LYS in
DVMETber	= MET * (%DV_N / 100)		g/100 g REvoer
DVMETbep	= MET * (%DV_MET / 100)		

Het gehalte aan LYS-N is omgerekend naar het gehalte aan LYS. Hierbij is gerekend met een stikstofpercentage in lysine van 19,2%.

Het gehalte aan MET-N is omgerekend naar het gehalte aan MET. Hierbij is gerekend met een stikstofpercentage in methionine van 9,4%.

Het resultaat van deze berekeningen is, met de door Weisbjerg e.a. (1996) gepubliceerde gegevens over het lysine- en methioninegehalte in de voedermiddelen en de bepaalde gehalten aan darmverteerbaar lysine en methionine, weergegeven in tabel 4.

Uit tabel 4 zijn vervolgens onderstaande regressieverbanden afgeleid:

DVLYSber	= 0,975*DVLYSbep + 0,19	(n = 15; r ² = 0,99; var.coëf. = 3,2%)
DVMETber	= 0,941*DVMETbep + 0,09	(n = 15; r ² = 0,99; var.coëf. = 1,9%)

Indien de lijnen door de oorsprong worden geforceerd zijn de verbanden als volgt:

DVLYSber	= 1,018*DVLYSbep	(n = 15; r ² = 0,99; var.coëf. = 3,6%)
DVMETber wijkt niet significant van DVMETbep af.		

Hoewel de verschillen relatief beperkt zijn, komen de gevonden relaties niet overeen met hetgeen werd gevonden indien gepreïncubeerd materiaal met behulp van mobiele nylon zakjes op darmverteerbaarheid werd onderzocht (zie paragraaf 3.4). In hoeverre deze verschillen wezenlijk zijn, is gezien de beperkte omvang van de beschikbare datasets, moeilijk te zeggen.

Tabel 4 Gehalten aan LYS, DVLYSbep, DVLYSber, MET, DVMETbep en DVMETber in een aantal mengvoedergrondstoffen (Weisbjerg e.a., 1996) (gehalten in g/100 g RE voedermiddel)

Voedermiddel	LYS	DVLYSbep	DVLYSber	MET	DVMETbep	DVMETber
Bestendig sojaschroot	5,21	4,94	4,92	1,40	1,30	1,32
Kokos "cake"	2,80	2,49	2,57	1,29	1,18	1,18
Maisglutenmeel	1,57	1,50	1,47	2,14	1,99	2,00
Gerst	4,70	3,99	4,14	1,43	1,22	1,26
Gerst, hittebehandeld	3,17	2,49	2,60	1,58	1,25	1,29
Aardappelwit	7,92	7,78	7,75	2,26	2,21	2,21
Raapschroot, hittebeh.	5,18	4,66	4,67	1,91	1,76	1,72
Raapschroot	5,19	4,63	4,65	1,86	1,72	1,66
Raapzaad "cake"	5,50	4,93	4,98	1,91	1,78	1,73
Tarwe	2,71	2,26	2,46	1,47	1,30	1,33
Tarwe, hittebehandeld	2,99	2,73	2,92	1,39	1,29	1,31
Katoenzaad "cake"	5,64	4,33	4,66	1,42	1,12	1,17
Palmpit "cake"	3,86	2,68	3,02	1,75	1,38	1,37
Maisglutenvoer	3,86	3,50	3,51	1,13	1,02	1,03
Zonnebloemzaadschroot	3,35	3,16	3,17	2,13	2,06	2,01

4. AMINOZUURPATROON VAN DVME

De microbiële eiwitfractie is van groot belang voor de voorziening van herkauwers met darmverteerbare aminozuren. Vijftig tot zeventig procent van het eiwit dat in de darm komt is van microbiële herkomst (Le Henaff, 1991). In de literatuur zijn een groot aantal analyses gepubliceerd m.b.t. het aminozuurpatroon van het microbiële eiwit. Uit een artikel van Clark e.a. (1992) blijkt dat er tussen de diverse literatuurbronnen grote variatie is. Deze kan het gevolg zijn van:

- a. verschillen in isolatieprocedure voor het verzamelen van de microbenpopulatie uit pensmonsters. De afzonderlijke literatuurbronnen zijn niet nader bekeken in hoeverre de gebruikte isolatieprocedure als adequaat kan worden aangemerkt. Bij het isoleren van de microbenpopulatie gaat het met name om bacteriën; protozoën stromen veel minder door.
- b. verschillen in microbenpopulatie (en daarmee in AZ-patroon) in relatie tot de samenstelling van het rantsoen. Hoe de rantsoensamenstelling (het AZ-patroon van) de microbenpopulatie beïnvloedt is niet kwantitatief bekend.

Het aminozuurpatroon van microbiële eiwit vertoont, zoals gezegd, een behoorlijke mate van variatie, maar het ontbreekt aan mogelijkheden om deze variatie te verklaren. In de te formuleren uniforme berekeningswijze wordt daarom gewerkt met één vast gemiddeld aminozuurpatroon voor microbiële eiwit.

In de literatuur zijn reeds enkele gemiddelde aminozuurpatronen beschreven (Clark e.a., 1992 en Le Henaff, 1991). Deze beide patronen vertoonden een redelijk mate van overeenkomst. Door het CVB zijn de uitgangsgegevens die door Clark e.a. (1992) en Le Henaff (1991) zijn gebruikt, voor zover mogelijk, gecombineerd tot een gezamenlijke dataset. Vervolgens zijn aanvullend, op andere wijze verkregen patronen aan de dataset toegevoegd en is een nieuw gemiddeld patroon berekend (Tabel 5).

Le Henaff (1991) baseert het gemiddelde aminozuurpatroon van DVME op 61 patronen van bacterie-eiwit uit in totaal 24 referenties, 1 niet gepubliceerd patroon van Bauchard en 4 niet gepubliceerde patronen van Le Henaff (1991). Het gemiddelde aminozuurpatroon dat door Le Henaff berekend is, is het niet gewogen gemiddelde van gepubliceerde patronen en gaat dus niet uit van individuele monsters.

Clark e.a. (1992) baseren het gemiddelde aminozuurpatroon van microbiële eiwit op 441 individuele monsters afkomstig uit 18 referenties (waaronder een niet gepubliceerde dataset van Klusmeyer).

Een groot deel van de referenties van Le Henaff (1991) en Clark e.a. (1992) zijn komen overeen.

Een gewogen gemiddeld patroon (dus gebaseerd op individuele monsters) heeft de voorkeur boven een niet gewogen gemiddeld patroon.

Het bleek niet mogelijk alle door Le Henaff (1991) genoemde referenties te achterhalen. Echter, het samenvoegen van alle beschikbare gegevens levert een gewogen gemiddeld patroon gebaseerd op 533 individuele monsters op.

Een aantal patronen is op vertrouwelijke basis aan het CVB ter beschikking gesteld. De uitgangsgegevens worden derhalve niet vermeld. In tabel 5 worden de gemiddelde patronen volgens Clark e.a. (1992), Le Henaff (1991) en CVB naast elkaar weergegeven. De gehalten zijn weergegeven in % van het totaal aminozuurgehalte (excl. TRP en CYS). De afzonderlijke patronen zijn telkens gecorrigeerd zodat de som aminozuren (excl. TRP en CYS) gelijk is aan 100.

Tabel 5: Aminozuurpatroon van microbieel eiwit: gewogen gemiddelde patroon volgens Clark e.a., 1992 (n=441), niet gewogen gemiddelde patroon volgens Le Henaff, 1991 (n=66) en gewogen gemiddelde patroon zoals berekend door het CVB (n=533 incl. Clark e.a.; n=92 excl. Clark e.a.). Gehalten uitgedrukt als percentage van de som aminozuren.

A: Gehalten exclusief TRP en CYS.

Aminozuur	Clark e.a.	Le Henaff	CVB (incl. Clark e.a.)	CVB (excl. Clark e.a.)
aantal	441	66	533	92
individuele monsters	ja	nee	ja	ja
LYS	7,9	8,0	7,9	7,8
MET	2,6	2,5	2,6	2,5
THR	5,8	5,8	5,8	5,9
ILE	5,7	5,9	5,7	5,8
ARG	5,1	4,9	5,1	4,9
PHE	5,1	5,3	5,1	5,1
HIS	2,0	1,8	2,0	2,2
LEU	8,1	7,7	8,0	7,9
TYR	4,9	4,7	4,9	5,2
VAL	6,2	6,2	6,1	5,9
ALA	7,5	7,8	7,5	7,6
ASP	12,2	12,1	12,2	12,3
GLU	13,1	13,3	13,0	12,8
GLY	5,8	5,7	5,8	5,7
PRO	3,7	3,7	3,7	3,6
SER	4,6	4,6	4,6	4,8
Som AZ	100,3	100,0	100,0	100,0

Het gehalte aan CYS bedraagt gemiddeld 1,1 g/100g AZ (n=63). Het gehalte aan TRP bedraagt gemiddeld 1,7 g/100 g AZ (Le Henaff, 1991). Indien de Som AZ (inclusief CYS en TRP) gelijkgesteld wordt aan 100 wordt bovenstaande tabel als volgt gecorrigeerd.

B. Gehalten inclusief TRP en CYS.

Aminozuur	Clark e.a.	Le Henaff	CVB (incl. Clark e.a.)	CVB (excl. Clark e.a.)
LYS	7,7	7,8	7,7	7,6
MET	2,5	2,4	2,5	2,4
CYS	1,1	1,1	1,1	1,1
THR	5,6	5,6	5,6	5,7
ILE	5,5	5,7	5,5	5,7
ARG	5,0	4,8	4,9	4,8
PHE	5,0	5,2	4,9	5,0
HIS	1,9	1,7	2,0	2,1
LEU	7,9	7,5	7,8	7,7
TRP	1,7	1,7	1,7	1,7
TYR	4,8	4,6	4,8	5,0
VAL	6,0	6,0	6,0	5,8
ALA	7,3	7,6	7,3	7,4
ASP	11,9	11,8	11,8	11,9
GLU	12,7	12,9	12,7	12,4
GLY	5,6	5,5	5,6	5,5
PRO	3,6	3,6	3,6	3,5
SER	4,5	4,5	4,5	4,6
Som AZ	100,3	100,0	100,0	99,9

Hoewel het ontwikkelen van een uniforme berekeningswijze zich in eerste instantie beperkt tot de aminozuren lysine en methionine werd het raadzaam geacht bij de keuze van het aminozuurpatroon van het DVME rekening te houden met de mogelijkheid dat in de toekomst ook met de

darmverteerbaarheid van andere aminozuren dan methionine en lysine rekening zal worden gehouden. In dat verband is het verschil in histidine-gehalte tussen Clark e.a. (1992) en Le Henaff (1991) relevant. In de door het CVB opgebouwde dataset (excl. de data van Clark e.a.) ligt het gehalte nog hoger dan bij Clark e.a. (1992). Aangezien de CVB-dataset de meeste gegevens bevat, is besloten voor het aminozuurpatroon van DVME het door het CVB uit 533 monsters berekende patroon aan te houden.

5. AMINOZUURPATROON VAN DVMFE

Voor de DVMFE-aftrek geldt dat deze in het algemeen beperkt is ten opzichte van de DVBE- en DVME-bijdrage aan de DVE-waarde. Het gaat bij de DVMFE-aftrek in de eerste plaats om het verlies aan endogeen eiwit dat met de feces verloren gaat en in de tweede plaats om de eiwitverliezen die optreden bij de biosynthese van endogeen eiwit.

Over de samenstelling van het DVMFE is weinig bekend. Diverse benaderingen zijn mogelijk om het aminozuurpatroon van DVMFE in te schatten.

In tabel 6 zijn diverse aminozuurpatronen vermeld die als indicatie voor het aminozuurpatroon van DVMFE zouden kunnen dienen. In het volgende overzicht worden de referenties behorende bij deze aminozuurpatronen gegeven.

Auteur	Eenheid	Herkomst van het patroon
Hogan, 1974	g/100 g RE	Spiereiwit rundvee
McCance & Widdowson, 1978	g/100 g RE	Spiereiwit rundvee
Evans & Patterson, 1985	g/100 g RE	Spiereiwit rundvee
Cornell NCP System (Fox e.a., 1990)	g/100 g RE	Lichaamseiwit bij melkvee
Rohr e.a., 1991	g/100 g AZ	Lichaamseiwit "cattle whole body"
Williams, 1978	g/100 g RE	Whole empty body rundvee
Ainslie e.a., 1993c	g/100 g RE	Whole empty body stieren
Ainslie e.a., 1993a	g/100 g RE	Karkas stieren
Ainslie e.a., 1993b	g/100 g RE	Organen stieren
Ørskov e.a., 1986d	g/100 g RE	Lichaamseiwit van wolvrige lege lammeren
Simon, 1989	g/100 g RE	Whole body varken
Le Henaff, 1991	g/100 g AZ	Uit Ørskov, 1986
Ørskov e.a., 1986a	g/100 g RE	Pensvloei stof schapen, N-vrij voeder
Ørskov e.a., 1986b	g/100 g RE	Abomasumvloei stof schapen, N-vrij voeder
Ørskov e.a., 1986c	g/100 g RE	Gemiddelde pens- en abomasumvl. schapen, N-vrij voer
Van Bruchem e.a., 1985	g/100 g RE	Onverteerd endogeen ileaal eiwit bij schapen
Corring & Jung, 1972	g/100 g RE	Pancreassap varkens
Buraczewska, 1979	g/100 g RE	Dunne darmsap varkens
Mantle & Allen, 1981	g/100 g RE	Mucus glycoproteïnen varkens
Jansman e.a., 1997	g/100 g RE	Onverteerd endogeen ileaal eiwit bij varkens
CVB, Veevoedertabel 1993-1997	g/100 g RE	Onverteerd endogeen ileaal eiwit bij varkens

Met uitzondering van Rohr e.a. (1991) en Le Henaff (1991) zijn alle gehalten uitgedrukt in g/100 g RE. De verschillen tussen de diverse patronen zijn groot.

In een aantal van de reeds bestaande waarderingsystemen voor darmverteerbare aminozuren wordt de aminozuursamenstelling van metabool fecaal eiwit geschat op basis van de aminozuursamenstelling van lichaamseiwit of spiereiwit. Echter, de variatie in deze patronen is groot en bovendien kunnen de patronen van mucuseiwit en verteringsenzymen afwijken van het patroon van spier- of lichaamseiwit.

In de in Nederland gebruikte DVAZ-systemen werden verschillende aminozuurpatronen voor DVMFE aangehouden, onder andere de samenstelling van lichaamseiwit van melkvee volgens het Amerikaanse Cornell Net Carbohydrate and Protein System. Het is echter onwaarschijnlijk dat dit patroon goed correspondeert met dat van DVMFE; voor spiereiwit geldt dit nog sterker.

Daarnaast wordt wel gewerkt met het gemiddelde van de door Ørskov e.a. (1986a, 1986b) gepubliceerde patronen voor pensvloei stof en abomasumvloei stof na N-vrije voeding van schapen (Ørskov e.a., 1986c).

Volgens de omschrijving van DVMFE in het DVE-systeem bestaat dit voor een deel uit het endogene eiwit dat met de feces verloren gaat. Het lijkt echter onwaarschijnlijk dat van het werkelijke eiwit in pens- en abomasumvloeistof veel onverteerd in de feces terecht komt. Bovendien is onbekend of de eiwitsamenstelling in genoemde vloeistoffen na eiwitvrije voeding wel dezelfde is als onder normale fysiologische omstandigheden.

Door Tamminga (pers. comm.) is aan de hand van gegevens van Van Bruchem e.a. (1985) een patroon berekend voor onverteerd endogeen eiwit van schapen dat het eind van het ileum passeert.

Voor de samenstelling van het DVMFE zou ook uitgegaan kunnen worden van de aminozuursamenstellingen van verteringsenzymen (zoals pepsine, trypsine, chymotrypsine, mucine, lipase en amylase) en mucuseiwit. Echter, hierover is slechts weinig informatie beschikbaar. Bovendien is naast de afzonderlijke patronen informatie nodig over de verhouding waarin de verschillende enzymen en het mucuseiwit in het metabool fecaal eiwit voorkomen.

Een andere mogelijkheid met betrekking tot de AZ-samenstelling van DVMFE is uit te gaan van het AZ-patroon van het endogene eiwit zoals dat bij varkens aan het einde van het ileum is vastgesteld. Ook aan deze benadering zijn echter bezwaren verbonden: a) ook hier gaat het vaak om isolatie van onverteerd endogeen eiwit na eiwitvrije voeding, b) het is een patroon dat bij een éénmagig dier is gemeten. Verder bestaat onverteerd endogeen eiwit aan het einde van het ileum -naast mucus en afgestorven epitheelcellen- onder andere uit verteringsenzymen, die nog relatief gemakkelijk fermentatief kunnen worden afgebroken in de dikke darm. Anderzijds geeft deze benadering wel een patroon op een plaats tot waar het dier aminozuren heeft kunnen absorberen.

Over de tweede fractie van het DVMFE, namelijk het deel dat verloren gaat bij de biosynthese van endogeen eiwit, is zowel over de omvang als het AZ-patroon nog minder bekend.

Gezien de spreiding binnen de patronen van spiereiwit en lichaamseiwit en de geringe hoeveelheid aan informatie over de aminozuursamenstelling van verteringssappen en mucuseiwit lijkt het minder juist voor het DVMFE het aminozuurpatroon van spier- of lichaamseiwit te hanteren. Voor wat betreft de samenstelling van endogeen eiwit is het aantal waarnemingen bij varkens het grootst. Toch is besloten dit patroon niet aan te houden. Een van doorslaggevendere redenen hiervoor is dat de gehalten aan lysine en methionine (in g/100 g RE) in dit patroon het laagst liggen van alle in Tabel 6 vermelde patronen.

Hoewel het patroon gebaseerd is op een beperkt aantal waarnemingen is besloten voorlopig voor DVMFE uit te gaan van het aminozuurpatroon dat is berekend aan de hand van de door Van Bruchem e.a. (1985) gemeten endogene uitscheiding bij schapen. Hiervoor zijn drie redenen:

- het is een patroon gemeten aan een herkauwer;
- het is een patroon dat is gebaseerd op metingen aan de chymus die aan het einde van de dunne darm doorstroomt;
- bij het kiezen van dit patroon worden voor lysine en methionine niet de laagste gehalten aangehouden die in Tabel 6 worden gerapporteerd.

Indien de gehalten worden uitgedrukt in g/100 g AZ zijn de rekenregels voor DVMFMET en DVMFLYS als volgt:

$$\begin{aligned} \text{DVMFMET} &= 0,015 * \text{DVMFE} \\ \text{DVMFLYS} &= 0,057 * \text{DVMFE} \end{aligned}$$

Er is hierbij geen rekening gehouden met het voorkomen van andere stikstofhoudende verbindingen dan aminozuren in het DVMFE.

Tabel 6 Mogelijke aminozuurpatronen van DVMFE (eenheden: zie schema op eerste pagina van dit hoofdstuk)

Auteurs	LYS	MET	CYS	THR	TRY	ILE	ARG	PHE	HIS	LEU	TYR	VAL	ALA	ASP	GLU	GLY	PRO	SER	SOM
Hogan, 1974	10,0	3,2	-	5,0	1,4	6,0	7,7	5,0	3,3	8,0	-	5,5	-	-	-	-	-	-	-
McCance & Widdowson, 1978	9,1	2,7	-	4,6	1,3	5,1	6,7	4,5	1,3	8,0	-	5,3	-	-	-	-	-	-	-
Evans & Patterson, 1985	6,7	2,6	-	4,4	-	7,3	6,0	5,2	3,1	5,6	-	5,0	-	-	-	-	-	-	-
Cornell NCP System (Fox e.a., 1990)	6,4	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rohr e.a., 1991	6,9	2,2	-	4,2	-	3,4	6,9	4,0	2,8	7,5	-	4,9	-	-	-	-	-	-	-
Williams, 1978	6,4	1,7	-	4,0	0,8	2,8	7,0	3,6	2,5	6,9	-	3,9	-	-	-	-	-	-	-
Ainslie e.a., 1993c	5,8	2,0	-	3,5	0,6	2,3	5,9	3,0	2,1	5,7	-	3,3	-	-	-	-	-	-	-
Ainslie e.a., 1993a	5,9	2,4	-	3,4	0,5	2,4	5,4	2,6	2,0	5,1	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
Ainslie e.a., 1993b	7,9	1,6	-	4,9	0,7	2,3	5,5	5,3	3,6	9,7	-	5,5	-	-	-	-	-	-	-
Ørskov e.a., 1986d	6,3	1,8	1,0	3,8	-	3,2	8,4	3,5	2,1	6,4	2,6	4,1	5,3	6,4	12,3	7,0	9,3	4,2	87,7
Simon, 1989	7,2	1,9	-	3,8	1,1	3,8	-	3,4	2,7	6,8	-	4,9	-	-	-	-	-	-	-
Le Henaff, 1991	8,2	1,6	-	7,3	-	5,2	5,5	5,2	4,0	5,4	5,5	6,9	6,4	10,3	14,0	7,2	-	7,3	100,0
Ørskov e.a., 1986a	6,2	1,3	2,1	4,8	-	3,8	5,0	4,0	2,7	7,2	3,8	5,0	4,8	2,4	12,1	4,5	4,8	4,5	79,0
Ørskov e.a., 1986b	5,5	1,1	2,4	4,9	-	3,5	3,7	3,5	2,7	3,6	3,7	4,6	4,2	6,9	9,4	4,8	4,7	4,9	74,1
Ørskov e.a., 1986c	5,9	1,2	2,3	4,9	-	3,7	4,4	3,8	2,7	5,4	3,8	4,8	4,5	4,7	10,8	4,7	4,8	4,7	77,1
Van Bruchem e.a., 1985	4,1	1,1	0,9	5,1	-	3,2	3,3	3,0	1,7	5,6	4,8	4,8	5,8	6,5	10,1	4,1	3,5	4,8	72,4
Corring & Jung, 1972	5,5	1,2	3,4	5,9	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Buraczewska, 1979	8,4	1,4	3,4	6,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mantle & Allen, 1981	2,2	1,2	4,3	26,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jansman e.a., 1997	3,4	1,0	1,8	5,2	1,2	3,2	3,3	3,0	1,6	4,2	2,5	4,5	4,2	6,9	10,5	7,7	9,3	5,7	79,2
CVB Veevoedertabel, 1993-1997	2,9	0,9	1,6	5,0	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

6. BEREKENINGSWIJZE DARMPERVEERBARE AMINOZUREN

In de voorgaande vijf hoofdstukken zijn een groot aantal aandachtspunten met betrekking tot het berekenen van het gehalte aan darmverteerbare aminozuren in voedermiddelen voor herkauwers behandeld. Op grond van deze informatie is door de CVB-werkgroep Voeding Herkauwers en Paarden de volgende berekeningswijze vastgesteld voor het berekenen van het gehalte aan darmverteerbare aminozuren in voedermiddelen voor herkauwers.

6.1 Betrokken aminozuren

Algemeen wordt aangenomen dat methionine en lysine tot de eerst limiterende aminozuren behoren. De meeste op dit moment in Nederland gebruikte DVAZ-systemen beperken zich uitsluitend tot MET en LYS. Dit in ogenschouw nemende en rekening houdende met het vrij grote aantal nog openstaande vragen met betrekking tot darmverteerbare aminozuren wordt voorgesteld in de uniforme berekeningswijze vooralsnog uitsluitend de aminozuren methionine en lysine op te nemen.

6.2 Algemene structuur

Uitgaande van de rekenregels van het DVE-systeem wordt voor de berekening van de gehalten aan DVAZ het volgende voorgesteld:

$$[F6.1a] \quad DVMET = DVBMET + DVMMET - DVMFMET$$

$$[F6.1b] \quad DVLYS = DVBLYS + DVMLYS - DVMFLYS$$

Alle gehalten in het voorstel zijn in g/kg product (mengvoedergrondstoffen) of in g/kg DS (ruwvoerders en vochtrijke bijproducten).

6.3 DVAZ-bijdrage uit pensbestendig voereiwit

Uitgaande van het DVE-systeem zijn de algemene rekenregels voor DVBMET en DVBLYS als volgt:

$$DVBMET = RE * MET/100 * \%BMET/100 * 1,11 * \%DVBMET/100$$

$$DVBLYS = RE * LYS/100 * \%BLYS/100 * 1,11 * \%DVBLYS/100$$

Waarin

%BLYS = de pensbestendigheid van lysine

%BMET = de pensbestendigheid van methionine

DVBLYS = lysine bijdrage uit darmverteerbaar pensbestendig voereiwit (= DVBE)

DVBMET = methionine bijdrage uit darmverteerbaar pensbestendig voereiwit (= DVBE)

LYS = lysine gehalte in het voedermiddel (in g/16 g N, ofwel in g/100 g RE)

MET = methionine gehalte in het voedermiddel (in g/16 g N, ofwel in g/100 g RE)

RE = ruw eiwitgehalte van het voedermiddel (g/kg of g/kg DS)

Voor de gehalten aan MET en LYS worden voor alle voedermiddelen de CVB-waarden gebruikt. Deze staan voor mengvoedergrondstoffen en vochtrijke krachtvoerders in de Veevoedertabel. Voor een aantal ruwvoerders worden deze in de geactualiseerde "Handleiding Voederwaardeberekening Ruwvoerders" van 1998 opgenomen.

Voor de pensbestendigheid werden geen wezenlijke verschillen gevonden tussen %BRE en %BAZ (paragraaf 3.2), zodat voor %BMET en %BLYS kan worden gerekend met %BRE.

Uit de regressie-analyse beschreven in paragraaf 3.4 bleek echter dat bij het gebruik van %DVBE voor de darmverteerbaarheid van de aminozuren de berekende gehalten aan darmverteerbare aminozuren in een aantal gevallen worden onderschat.

In de regressie-analyse op een dataset zonder ruwvoerders en mengvoedergrondstoffen met RE < 180 g/kg DS werd voor lysine een richtingscoëfficiënt gevonden die niet significant van 1,0 afweek ($0,981 \pm 0,011$). Voor methionine was dit bij dezelfde dataset wel het geval ($0,962 \pm 0,009$). Besloten is alleen in het laatste geval voor deze onderschatting te corrigeren:

$$\text{DVBMET}_{\text{berekend m.b.v. \%DVBE}} = 0,96 \text{ DVBMET}_{\text{bepaald}}$$

De algemene rekenregels voor de berekening van de gehalten DVBMET en DVBLYS worden daarmee als volgt:

$$\begin{aligned} \text{[F6.2a]} \quad \text{DVBMET} &= (\text{RE} * \text{MET}/100 * (\% \text{BRE}/100 * 1,11) * \% \text{DVBE}/100) / 0,96 \\ &= \text{MET}/100 * \text{DVBE}/0,96 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{[F6.2b]} \text{DVBLYS} &= (\text{RE} * \text{LYS}/100 * \% \text{BRE}/100 * 1,11 * \% \text{DVBE}/100) \\ &= \text{LYS}/100 * \text{DVBE} \end{aligned}$$

Waarin

%BLYS = de pensbestendigheid van lysine
 %BMET = de pensbestendigheid van methionine
 DVBLYS = lysine bijdrage uit darmverteerbaar pensbestendig voereiwit (= DVBE)
 DVBMET = methionine bijdrage uit darmverteerbaar pensbestendig voereiwit (= DVBE)
 LYS = lysine gehalte in het voedermiddel (in g/16 g N, ofwel in g/100 g RE)
 MET = methionine gehalte in het voedermiddel (in g/16 g N, ofwel in g/100 g RE)
 RE = ruw eiwitgehalte van het voedermiddel (g/kg of g/kg DS)

6.4 Aminozuurpatroon van het darmverteerbaar microbieel eiwit (DVME)

Er zijn niet voldoende onderzoeksgegevens beschikbaar om de variatie in aminozuursamenstelling van het microbieel eiwit, in relatie tot bijvoorbeeld rantsoensamenstelling, op betrouwbare wijze te kunnen voorspellen. In de uniforme berekeningswijze wordt daarom uitgegaan van het door het CVB berekende gemiddelde aminozuurpatroon (inclusief CYS en TRP); dit betekent dat met de volgende waarden wordt gerekend: methionine 2,5 g/100 g AZ en lysine 7,7 g/100 g AZ.

Uitgaande van het DVE-systeem zijn de algemene rekenregels voor DVMMET en DVMLYS als volgt:

$$\text{[F6.3a]} \quad \text{DVMMET} = 0,025 * (\text{FOS} * 0,150 * 0,75 * 0,85) = 0,025 * \text{DVME}$$

$$\text{[F6.3b]} \text{DVMLYS} = 0,077 * (\text{FOS} * 0,150 * 0,75 * 0,85) = 0,077 * \text{DVME}$$

waarin

DVME = darmverteerbaar microbieel eiwit
 DVMMET en DVMLYS = darmverteerbaar methionine resp. lysine in microbieel eiwit
 FOS = fermenteerbare organische stof

6.5 DVAZ-bijdrage uit metabool fecaal eiwit

Uitgaande van het aminozuurpatroon van basaal metabool fecaal eiwit berekend uit de publicatie van Van Bruchem e.a. (1985) zijn de rekenregels voor het berekenen van DVFMET en DVMFLYS als volgt:

$$\text{[F6.4a]} \quad \text{DVFMET} = 0,015 * \text{DVMFE}$$

$$\text{[F6.4b]} \text{DVMFLYS} = 0,057 * \text{DVMFE}$$

waarin

DVMFE = darmverteerbaar metabool fecaal eiwit
 DVFMET = darmverteerbaar metabool fecaal methionine
 DVMFLYS = darmverteerbaar metabool fecaal lysine

Met ingang van 1998 zijn in de CVB-publicaties "Veevoedertabel" en "Handleiding Voederwaardeberekening Ruwvoerders" de gehalten DVMET en DVLYS, berekend volgens bovenstaande

berekeningswijze, opgenomen voor de voedermiddelen waarvoor in deze tabellen tevens een aminozuurpatroon en waarden voor %DVBE en %DVBE worden vermeld.

6.6 Bedrijfseigen eiwitwaarderingsystemen

Door verschillende organisaties in het Nederlandse veevoederbedrijfsleven zijn de laatste jaren bedrijfseigen eiwitwaarderingsystemen ontwikkeld. Deze systemen zijn modificaties van het DVE-systeem van het CVB, en wijken in de meeste gevallen hiervan af door de manier waarop het gehalte aan fermenteerbare organische stof en de productie van microbieel eiwit worden berekend. Dit betekent dat de gehalten aan darmverteerbare aminozuren berekend volgens deze systemen kunnen afwijken van de gehalten berekend volgens de bovenbeschreven berekeningswijze van het CVB. De in de projectgroep vertegenwoordigde organisaties, die alle ook een bedrijfseigen eiwitwaarderings- en/of darmverteerbaar aminozuur systeem hebben, hebben voor het overige ingestemd met de in deze publicatie beschreven berekeningswijze.

7. REFERENTIES

- Ainslie, S.J., D.G. Fox, T.C. Perry, D.J. Ketchen en M.C. Barry, 1993.
Predicting amino acid adequacy of diets fed to Holstein steers. *Journal of Animal Science*, 71, p. 1312-1319.
- Benchaar C., M. Vernay, C. Bayourthe en R. Moncoulon, 1994.
Effects of extrusion of whole horse beans on protein digestion and amino acid absorption in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 77, p. 1360-1371.
- Bruchem, J. van, Rouwers, S.M.G., Bangma, G.A., Leffering, C.P. en Adrichem, P.W.M. van, 1985.
Digestion of proteins of varying degradability in sheep. 3. Apparent and true digestibility in the small intestine; ileal endogenous flow of N and amino acids. *Neth. J. Agric. Sci.*, 33, p. 285 - 295.
- Bruins, W.J., 1995.
Aminozuren in de melkveevoeding. *RSP-Bulletin*, 6, p. 14-23.
- Buraczewska, L., 1979.
Secretions of nitrogenous compounds in the small intestine of pigs. *Acta Physiol. Polou.* 30 (2), p. 321-328.
- Clark J.H., T.H. Klusmeyer en M.R. Cameron, 1992.
Symposium: Nitrogen metabolism and amino acid nutrition in dairy cattle. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 75, p. 2304-2323.
- Corring & Jung, 1972.
The amino acid composition of pig pancreatis juice. *Nutrition Reports International*, 6, p. 187 - 190.
- Cozzi G., I. Andrighetto, P. Berzaghi en C.E. Polan, 1995.
In situ ruminal disappearance of essential amino acids in protein feedstuffs. *Journal of Dairy Science*, 78, p. 161-171.
- CVB, 1997.
Veevoedertabel. Centraal Veevoederbureau, Lelystad.
- Evans, E.H. en R.J. Patterson, 1985.
Use of dynamic modelling seen as a good way to formulate crude protein, amino acid requirements for cattle diets. *Feedstuffs*, 57 (42), p. 24.
- Fox, D.G., C.J. Sniffen, J.D. O'Connor, J.B. Russell, P.J. van Soest, 1990
The Cornell net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. Part I. A model for predicting cattle requirements and feedstuff utilization. *Agriculture*. 1990, No. 34, 7-83.
- Hindle, V.A. en A. Steg, 1994.
Darmverteerbaarheid van eiwit en aminozuren van verenmeel, vismeel en behandeld soja-schroot. Intern Rapport ID-DLO no. 412.

- Hogan, J.P., 1974.
Quantitative aspects of nitrogen utilization in ruminants. *Journal of Dairy Science*, 58, p. 1164.
- Jansman, A.J.M., W. Smink en P. van Leeuwen, 1997
Amount and composition of basal endogenous crude protein at the terminal ileum of pigs. ILOB/TNO rapport nr. I 96-31026.
- Le Henaff, L., 1991.
Thèse de Docteur no. 253. Université de Rennes I: Section Science Biologiques, Frankrijk.
- Lykos T. en G.A. Varga, 1995.
Effects of processing method on degradation characteristics of protein and carbohydrate sources in situ. *Journal of Dairy Science*, 78, p. 1789-1801.
- Mantle, M. en A. Allen, 1981.
Isolation and characterisation of the native glycoprotein from pig small-intestinal mucus. *Biochemistry Journal* 195: 267-275.
- Masoero , F., L. Fiorentini, F. Rossi en A. Piva, 1994.
Determination of nitrogen intestinal digestibility in ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 48, p. 253-263.
- McCance, R.A. en E. Widdowson, 1978.
In: D.A.T. Southgate en A.A. Paul (Ed.). The composition of foods (4th Ed.). HMSO, London.
- Ørskov E.R., N.A. Macleod en D.J. Kyle, 1986.
Flow of nitrogen from the rumen and abomasum in cattle and sheep given protein-free nutrients by intragastric infusion. *British Journal of Nutrition*, 56, p. 241-248.
- Prestløykken, E. en O.M. Harstad, 1996.
In situ effective rumen degradability of essential amino acids in extracted soybean meal and xylose treated extracted soybean meal (SoyPass). 47th Annual Meeting, EAAP, Lillehammer.
- Rohr, K. en P. Lebzien, 1991.
Present knowledge of amino acid requirements for maintenance and production. Proceedings 6th international symposium on protein metabolism and nutrition. EAAP-publicatie, 59, p. 127-137.
- Rulquin, H. en R. Vérité, 1993.
Amino Acid Nutrition of Ruminants. INRA, Saint Gilles, Frankrijk.
- Rulquin, H., P.M. Pisulewski, R. Vérité en J. Guinard (1993).
Milk production and composition as a function of post-ruminal lysine and methionine supply: a nutrient-response approach. *Livestock Production Science* 37, p. 69 - 90.
- Simon, O., 1989.
Metabolism of proteins and amino acids. Hoofdstuk 9 in: Protein metabolism in farm animals. Oxford University Press, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin.
- Skórko-Sajko, H., T. Hvelplund en M.R. Weisbjerg, 1994.
Rumen degradation and intestinal digestibility of amino acids in different roughages estimated by nylon bag techniques. *Journal of Animal and Feed Science*, 3, p. 1-10.
- Slump, P., 1969.
Karakterisering van de voedingswaarde van eiwitten in voedingsmiddelen door hun amino-zuursamenstelling en de invloed van verhitting en loogbehandeling op de benutbaarheid van aminozuren. Proefschrift Vrije Universiteit Amsterdam, 131 pp.

- Straalen, W.M. van, J.J. Odinga en W. Mostert, 1997.
Digestion of feed amino acids in the rumen and small intestine of dairy cows measured with nylon bag techniques. *British Journal of Nutrition*, 77, p.83-97.
- Susmel, P., B. Stefanon, C.R. Mills en M. Candido, 1989.
Change in amino acid composition of different protein sources after rumen incubation. *Animal Production*, 49, p. 375-383.
- Susmel P., M. Antongiovanni, B. Stefanon, C. Mills, V.A. Hindle en A.M. van Vuuren, 1994.
Biological and chemical assessment of feed proteins before and after rumen exposure. *Animal Feed Science and Technology*, 49, p. 119-132.
- Weisbjerg M.R., T. Hvelplund, S. Hellberg, S. Olsson en S. Sanne, 1996.
Effective rumen degradability and intestinal digestibility of individual amino acids in different concentrates determined in situ. *Animal Feed Science Technology*, 62, p. 179-188.
- Williams, A.P., 1978.
The amino acid, collagen and mineral composition of preruminant calves. *Journal of Agricultural Science (Camb.)*, 90, p. 617.

Samenvatting van de uit de literatuur verzamelde gegevens over de effectieve pensafbreekbaarheid van N en aminozuren in voedermiddelen

Tabel B1.1 Gegevens over pensafbreekbaarheid van voeders¹⁾ (Weisbjerg e.a., 1996)

Error! Bookmark not defined. Error! Bookmark not defined. Proefvoeder (tussen haakjes RE; en het %AZ in RE)	Effectieve pensafbreekbaarheid (%) (c = correctie partikelverdwijning)							
	N	AZ	LYS	MET	Nc	AZc	LYSc	METc
Soypass (486; 80)	46,6	50,9	51,5	53,0	44,8	45,1	46,0	44,6
Kokosschilfers (229; 77)	62,3	60,8	60,8	45,8	41,5	47,4	46,9	44,8
Gerst (126; 71)	85,7	84,5	85,2	83,8	66,6	66,0	65,7	63,8
Gerst, hittebeh. (119; 70)	66,9	65,5	66,1	66,0	63,5	57,7	57,0	57,2
Protamyl (823; 88)	60,5	61,4	61,6	59,5	41,0	35,7	36,7	35,5
Raapschr., hitteb. (391;78)	61,9	61,7	62,8	61,7	62,5	59,5	60,3	59,3
Raapschroot (399; 79)	77,2	75,9	74,3	75,9	77,8	72,8	72,0	71,1
Raapschilfers (337; 78)	68,8	67,0	67,8	68,0	61,6	57,0	58,5	58,6
Tarwe (134; 71)	91,7	93,8	90,9	89,6	81,5	86,1	84,1	81,5
Tarwe, hittebeh. (144; 73)	77,7	76,6	75,1	74,0	70,6	65,1	63,4	62,5
Katoenz.schilfers (336; 81)	65,4	65,1	62,9	61,8	46,4	41,9	41,7	32,0
Palmpitschilfers (163; 77)	57,8	59,0	57,7	53,5	46,4	37,7	36,5	36,5
Maisglutenvoer (224; 63)	82,5	81,3	84,0	77,0	65,7	60,1	60,4	55,5
Zonnebl.z.schr (365; 76)	84,3	83,0	81,9	93,6	74,3	73,7	71,7	73,4

¹⁾ Het onderzoek is uitgevoerd bij droogstaande koeien, waarvan het rantsoen voor 2/3 uit hooi en 1/3 uit krachtvoer bestond. De te onderzoeken monsters werden 0, 8, 24 en 48 uur geïncubeerd. Bij het berekenen van de effectieve pensafbreekbaarheid is een kp aangehouden van 8%.

Tabel B1.2 Gegevens over pensafbreekbaarheid van voedermiddelen (Cozzi e.a., 1995)¹⁾

Error! Bookmark not defined. Error! Bookmark not defined. Proefvoeder (tussen haakjes RE)	Effectieve pensafbreekbaarheid (%) na correctie voor microbiële besmetting			
	N	EAZ	BCAA	LYS
Sojaschroot (513)	74,3	78,2	75,3	82,9
Maisglutenmeel (677)	38,2	43,6	42,6	37,9
Haringmeel (743)	63,1	63,9	60,8	68,1
Vleesmeel (841)	84,2	79,6	73,8	77,5

¹⁾ De studie is uitgevoerd met 2 droogstaande koeien, gevoerd met een mengsel van hooi en krachtvoer (verhouding 3/1); de monsters werden 0, 8, 12, 16, 24, 48, 72 en 120 uur in de pens geïncubeerd. Voor de berekening van de effectieve pensafbreekbaarheid werd een kp aangehouden van 5% per uur.

Tabel B1.3 Gegevens over pensafbreekbaarheid van voedermiddelen (Prestløykken en Harstad 1996)¹⁾

Proefvoeder	Effectieve pensafbreekbaarheid (%)				
	N	AZ	EAZ	LYS	MET
Sojaschroot	52,5	52,9	53,1	55,5	46,0
Soypass	26,8	28,4	28,6	27,9	26,7

¹⁾ De studie is uitgevoerd met 3 droogstaande koeien, gevoerd met een mengsel van hooi en krachtvoer in een verhouding 4/1,8; de monsters werden 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48 en 72 uur in de pens geïncubeerd. Voor de berekening van de effectieve pensafbreekbaarheid werd een kp van 8% per uur aangehouden.

Tabel B1.4 Gegevens over pensafbreekbaarheid van voedermiddelen (Susmel e.a., 1989)¹⁾

Error! Bookmark not defined. Error! Bookmark not defined. Proefvoeder (RE, AZ in g/kg)	Effectieve pensafbreekbaarheid (%)					
	N	AZ	EAZ	BCAA	LYS	MET
Sojaschroot (486; 431)	54	50	51	49	56	54
Vismeele (648; 566)	41	43	38	33	34	58
Bierbostel, gedr. (251; 220)	43	47	48	44	54	57
Luzernesilage (134; 88)	53	43	46	49	31	76

¹⁾ De studie is uitgevoerd met 6 (droogstaande ?) Simmental koeien, gevoerd met een mengsel van snijmaaisilage, hooi en krachtvoer in een verhouding 1/1/2 op een voerniveau van 1,5*onderhoud; de monsters werden 0, 2, 6, 8, 12, 24, en 48 uur in de pens geïncubeerd. Voor de berekening van de effectieve pensafbreekbaarheid werd een kp aangehouden van 7% per uur.

Tabel B1.5 Gegevens over pensafbreekbaarheid van voedermiddelen (Lykos e.a., 1995)¹⁾

Error! Bookmark not defined. Error! Bookmark not defined. Proefvoeder	Effectieve pensafbreekbaarheid (%)					
	N	AZ	EAZ	NEAZ	LYS	MET
Rauwe sojabonen, gebroken	47,7	49,1	50,0	48,8	53,8	49,2
Rauwe sojabonen, gemalen	63,4	66,8	68,3	65,7	72,5	64,6
Getoaste sojabonen, gebroken	38,8	44,1	45,6	42,5	56,5	38,3
Getoaste sojabonen, gemalen	51,9	56,7	56,0	55,8	60,8	53,7

¹⁾ De studie is uitgevoerd met 2 lacterende melkkoeien, gevoerd met een mengsel van roggesilage, snijmaaisilage en krachtvoer (verhouding 31/18/51); de monsters werden 0, 1, 2, 4, 8, 12, 16, 24, 36, 48 en 72 uur in de pens geïncubeerd. Aangehouden kp: 6% per uur.

Gegevens over de verdwijning van N en aminozuren uit voedermiddelen gedurende 12 - 16 uur *in situ* pensincubatie.

Tabel B2.1 Gegevens m.b.t. de verdwijning van N, aminozuur-N (AZN), niet-aminozuur-N (NAZN), essentieel-aminozuur-N (EAZN), lysine en methionine na 12 uur pensincubatie (Van Straalen e.a., 1997)¹⁾

Proefvoeder (Tussen haakjes N en AZN - NAZN in g/kg DS)	Procentuele verdwijning na 12 uur pensincubatie					
	N	AZN	NAZN	EAZN	LYS	MET
Bietenpulp (19,5; 589-411)	74	63	89	55	58	45
Maisglutenvoer (34,6; 731-269)	73	73	73	72	71	66
Maiskiemschilfers (24,6; 729-271)	61	61	60	60	62	51
Palmpitschilfers (26,2; 796-204)	24	25	18	24	13	1
Sojabonenschillen (22,1; 790-240)	62	62	61	63	57	55
Sojaschroot (82,2; 842-158)	59	57	72	57	59	45
Grassilage (40,2; 600-400)	76	72	83	68	66	60
Maissilage (12,6; 728-272)	74	71	79	66	40	69
Mengvoer (33,4; 728-272)	69	64	83	63	60	61

¹⁾ De studie is uitgevoerd met 3 lacterende koeien en 1 droogstaande koe; de lacterende koeien werden gevoerd met een mengsel van grassilage, snijmaissilage en krachtvoer in een verhouding 23/17/60.

Tabel B2.2 Gegevens m.b.t. de verdwijning van N, aminozuren (AZ), lysine en methionine na 16 uur pensincubatie (Benchaar e.a., 1994)¹⁾

Proefvoeder (RE)	Procentuele verdwijning na 16 uur pensincubatie			
	N	AZ	LYS	MET+CYS
Rauwe paardebonden (257)	90,6	89,4	91,1	92,0
Geëxtrud. Paardebonden (253)	58,0	50,5	52,8	78,0

¹⁾ De studie is uitgevoerd met 4 lacterende koeien (35 kg/d) die werden gevoerd met een mengsel van snijmaissilage, hooi en krachtvoer in een verhouding 55/11/33.

Tabel B2.3 Gegevens m.b.t. de verdwijning van N, aminozuren (AZ), essentiële aminozuren (EAZ), lysine en methionine na 14 uur pensincubatie (Susmel e.a., 1994)¹⁾

Proefvoeder (RE)	Procentuele verdwijning na 14 uur pensincubatie				
	N	AZ	EAZ	LYS	MET
Sojaschroot (525)	52,5	49,9	50,5	51,6	46,6
Zonnebl.zd.schroot (341)	81,4	85,9	85,8	83,0	84,9
Vismeel (730)	51,7	46,1	44,2	47,4	45,8
Maisglutenmeel (590)	25,3	22,2	21,9	28,4	24,3
Katoenzaadschroot (413)	58,0	57,0	57,3	52,6	73,1
Lijnzaadschilfers (359)	46,8	38,5	40,7	50,4	44,3

¹⁾ De studie is uitgevoerd met lacterende koeien die werden gevoerd met een mengsel van snijmaissilage, hooi en krachtvoer in een verhouding 25/25/50.

Tabel B2.4 Gegevens m.b.t. de verdwijning van N, aminozuur-N (AZN), lysine en methio-nine in 4 ruwvoerders na 16 uur pensincubatie (Skórko-Sajko e.a., 1994)¹⁾

Ruwvoeder	Procentuele verdwijning na 16 uur pensincubatie			
	N (%)	AZN (%)	LYS (%)	MET (%)
Hanepoot	69,9	68,6	66,7	60,3
Wikken	86,4	87,1	85,7	83,2
Gras/klaver	78,6	80,7	78,8	74,6
Luzernepellets	63,0	64,8	63,1	56,7

¹⁾ De studie is uitgevoerd met melkkoeien die werden gevoerd op onderhoudsniveau met een rantsoen bestaande uit 1/3 deel krachtvoer en 2/3 deel grashooi.

Samenvatting van de literatuurgegevens over de darmverteerbaarheid van N en de aminozuren lysine en methionine in de residuen na 12 - 16 uur *in situ* pensincubatie.

Tabel B3.1 Darmverteerbaarheid van bestendig ruw eiwit, lysine en methionine (Hindle en Steg, 1994)¹⁾.

Proefvoeder	Darmverteerbaarheid (%)		
	pens bestendig RE	pens bestendig LYS	pens bestendig MET
Vismeel	97,2	99,0	97,8
Verenmeel	89,5	91,5	93,8
Soypass	99,7	99,7	99,8
Mervobest	99,3	99,0	99,7
Vismeel + sols.	98,6	99,4	100,0

¹⁾ De studie is uitgevoerd met 4 lacterende koeien. Rantsoen: 40% kunstmatig gedroogd gras, 60% snijmais, eventueel aangevuld met A-brok. Materiaal: gedurende 12 uur in de pens gepreïncubeerd.

Tabel B3.2 Darmverteerbaarheid van bestendig ruw eiwit, lysine en methionine (Masoero e.a., 1994)¹⁾

Proefvoeder	Darmverteerbaarheid (%)		
	pens bestendig RE	pens bestendig LYS	pens bestendig MET
Sojameel	97,6	98,2	98,6
Sojameel	95,7	97,5	97,0
Soja, geëxtrud.	93,2	95,7	95,7
Sojahullen	72,4	73,2	89,7
Soja, flaked	87,9	95,9	96,1
Maisglutenmeel	92,2	95,9	93,2
Maisglutenvoer	80,9	74,3	84,2
Maisspoeling, gedr.	90,4	85,0	92,9
Maisspoeling, gedr.	68,4	75,1	77,9
Raapschroot	78,0	63,0	75,4
Raapschroot	78,1	72,1	85,1
Vleesbeendermeel	61,7	74,6	30,8
Vismeel	92,4	96,2	94,1
Vismeel	87,5	90,1	91,2
Vismeel	95,4	98,0	96,2
Bloedmeel	76,6	74,6	75,7
Kokosschilfers	93,8	91,6	94,5
Kokoskoek	88,3	84,9	91,5
Kokoskoek	88,3	88,0	94,2
Grondnootkoek	93,3	95,4	95,6
Grondnootkoek	95,9	81,9	90,2
Erwten	83,3	92,9	87,8
Lijnzaadkoek	87,6	85,7	90,5
Lijnzaadkoek	76,3	83,4	85,4
Bierbostel, gedr.	76,6	78,3	89,0
Katoenzaad	52,7	39,5	69,4
Zonnebloemzaadmeel	83,2	86,4	90,9
Tarwemaalderijproduct	98,2	98,4	99,3
Tarwemaalderijproduct	78,2	82,3	86,1

¹⁾ De studie is uitgevoerd met 3 lacterende koeien. Rantsoen: 27% hooi, 44% snijmais, 13% gerst, 6% mais, 9% sojaschroot en 1% vitaminen/mineralen. Materiaal: 16 uur in pens gepreïncubeerd.

Tabel B3.3 Darmverteerbaarheid van bestendig ruw eiwit, lysine en methionine (Weisbjerg e.a., 1996)¹⁾

Proefvoeder	Darmverteerbaarheid (%)		
	pens bestendig RE	pens bestendig LYS	pens bestendig MET
Gerst	94,5	92,8	92,8
Gerst, hitte-beh.	93,0	90,3	91,5
Tarwe	95,4	91,7	94,1
Tarwe, hitte-beh.	97,5	95,8	96,3
Maisglutenvoer	91,9	92,5	92,9

¹⁾ De studie is uitgevoerd met droogstaande koeien, gevoerd met een rantsoen bestaande uit 2/3 hooi en 1/3 mengvoeder. Het onderzochte materiaal was gedurende 16 uur in de pens gepreïncubeerd.

Tabel B3.4 Darmverteerbaarheid van bestendig ruw eiwit, lysine en methionine (Van Straalen e.a., 1997)¹⁾

Proefvoeder	Darmverteerbaarheid (%)		
	pens bestendig RE	pens bestendig LYS	pens bestendig MET
Bietenpulp	86	93	93
Grassilage	87	92	92
Krachtvoeder	89	91	93
Maisglutenvoer	84	81	89
Maisvoermeel	86	82	92
Palmpitschilfers	85	90	92
Snijmaissilage	64	77	77
Sojabonenschillen	64	63	82
Sojaschroot	99	99	100

¹⁾ De studie is uitgevoerd met 1 droogstaande en 3 lacterende koeien die werden gevoerd met een rantsoen bestaande uit grassilage, snijmaissilage en mengvoeder. Het onderzochte materiaal was gedurende 12 uur in de pens gepreïncubeerd.

Tabel B3.5 Darmverteerbaarheid van N, lysine en methionine na 16 uur pensincubatie voor vier ruwvoerders (Skórko-Sajko e.a., 1994)¹⁾

Ruwvoeder	N (%)	LYS (%)	MET (%)
Hanepoot	69,6	73,3	77,2
Wikken	44,4	55,9	52,6
Gras/klover	56,7	61,1	62,0
Luzernepellets	74,8	84,9	85,2

¹⁾ De studie is uitgevoerd met melkkoeien die werden gevoerd op onderhoudsniveau met een rantsoen bestaande uit 1/3 deel krachtvoer en 2/3 deel grashooi. Het onderzochte materiaal was gedurende 16 uur in de pens gepreïncubeerd.

Samenvatting van de bepaalde en berekende gehalten aan de darmverteerbare aminozuren lysine en methionine in de residuen na 12 - 16 uur *in situ* pensincubatie

Tabel B4.1 Gehalte aan DVLYSbepaald, DVLYSberekend, DVMETbepaald en DVMETberekend in een aantal voedermiddelen (uitgedrukt in g per 100 g RE in de incubatierest) berekend uit gegevens van Masoero e.a. (1994)

Voedermiddel	DVLYSbep	DVLYSber	DVMETbep	DVMETber
Bierbostel (gedroogd)	2,867	2,804	2,478	2,133
Bloedmeel	7,250	7,444	1,125	1,138
Erwten	5,901	5,291	0,776	0,737
Grondnotenkoek	2,689	2,630	0,941	0,918
Grondnotenkoek	2,472	2,895	1,442	1,533
Katoenzaad	1,614	2,154	1,024	0,777
Kokoskoek	1,762	1,833	1,542	1,488
Kokoskoek	1,890	1,896	1,793	1,680
Kokosschilfers	2,069	2,119	1,739	1,708
Lijnzaadkoek	2,785	2,847	1,765	1,708
Lijnzaadkoek	2,451	2,330	1,664	1,545
Maisglutenmeel	1,496	1,438	2,155	2,132
Maisglutenvoer	1,995	2,172	1,603	1,541
Maisspoeling, gedroogd	1,005	1,069	1,957	1,904
Maisspoeling, gedroogd	2,176	1,982	3,908	3,431
Raapzaadschroot	2,885	3,572	1,491	1,542
Raapzaadschroot	2,765	2,995	1,371	1,258
Sojabonen, flaked	5,466	5,010	1,417	1,296
Sojabonenschillen	3,939	3,896	1,159	0,935
Sojabonen, geëxtrudeerd	5,681	5,533	1,398	1,362
Sojaschroot	5,848	5,813	1,619	1,603
Sojaschroot	5,783	5,676	1,391	1,373
Tarwemaalderijproduct	2,386	2,381	1,891	1,870
Tarwemaalderijproduct	3,132	2,976	1,836	1,667
Vismeel	8,671	8,328	3,186	3,129
Vismeel	6,910	6,711	2,422	2,323
Vismeel	8,461	8,237	3,579	3,549
Vleesbeendermeel	3,759	3,109	0,534	1,070
Zonnebloemzaadkoek	2,755	2,653	2,323	2,126

Masoero verstrekt voor 29 droge mengvoedergrondstoffen de volgende gegevens:

- Weende analyse van het voedermiddel (% van de DS)
- Afbraak RE in pens na max. 72 uur incubatie (% van het RE in het voedermiddel)
- Darmverteerbaarheid van RE_{incubatierest} (% van het RE in incubatierest)
- Darmverteerbaarheid van IND_AZ_{incubatierest} (% van IND_AZ in de incubatierest)
- Darmbeschikbaarheid van IND_AZ (g/100 g RE in het voedermiddel)

Masoero e.a. geven voor de onderzochte voedermiddelen de gehalten aan beschikbare darmverteerbare aminozuren uit het incubatie-residu in g/100 g REvoer.

Tabel B4.2 Gehalte aan DVLYSbepaald, DVLYSberekend, DVMETbepaald en DVMETberekend in een aantal voedermiddelen (uitgedrukt in g per 100 g RE in de incubatierest) berekend uit gegevens van Van Straalen e.a. (1997)

Voedermiddel	DVLYSbep	DVLYSber	DVMETbep	DVMETber
Bietenpulp	6,403	5,921	2,003	1,852
Graskuil	4,140	3,915	1,840	1,740
Maisglutenvoer	2,610	2,707	1,912	1,804
Maisvoermeel	2,607	2,734	1,769	1,654
Mengvoeder	4,609	4,507	1,590	1,522
Palmpitschilfers	2,487	2,349	2,046	1,890
Snijmaiskuil	3,702	3,077	1,392	1,157
Sojabonenmeel	5,940	5,940	1,610	1,594
Sojabonenschillen	4,344	4,413	0,993	0,775

Van Straalen verstrekt voor 6 droge mengvoedergrondstoffen, 1 mengvoeder, 1 snijmaiskuil en 1 graskuil de volgende gegevens:

- Gehalte aan N in voeder (g/kg DS)
- Gehalte per individueel AZ (g individueel AZ-N/kg totaal N)
- Afbraak N en individueel AZ-N in pens (% van het gehalte in het voedermiddel)
- Afbraak N en individueel AZ-N in darm (% van het gehalte in de incubatierest)

Van Straalen e.a. geven per individueel aminozuur het gehalte stikstof uit dat aminozuur (AZN) per kilogram totaal stikstof (g AZN/kg totaal N). De gehalten aan bruto aminozuur in het voer (AZ) kunnen worden teruggerekend met behulp van het percentage aanwezig stikstof (%N) per aminozuur. De volgende percentages zijn aangehouden: LYS 19,2%; MET 9,4%; HIS 27,1%; ARG 32,2%; VAL 12,0%; LEU 10,7%; ILE 10,7%; THR 11,7%; TYR 7,7%; PRO 12,2%; PHE 8,5%; CYS 11,6%; SER 13,3%; GLY 18,7%; ALA 15,7%; GLU 19,2% en ASP 21,2%. Voor GLU en ASP is het aldus berekende gehalte vervolgens vermenigvuldigd met de factor 1,5 om te corrigeren voor de verhouding ASP/ASPx en GLU/GLUx.

Het gehalte aan aminozuur AZ uitgedrukt in g/100 g REvoer werd berekend volgens de formule $AZ (g/100g REvoer) = (100/\%N) * AZN/62,5$.

Met behulp van de door Van Straalen e.a. gegeven verdwijningspercentages (VERDW%) kan berekend worden welk gehalte aan aminozuren aan pensafbraak ontsnapt en in de darm beschikbaar komt: $(100 - VERDW\%)/100 * AZ$ uitgedrukt in g/100 g REvoer. Door deze waarde te vermenigvuldigen met de gegeven darmverteerbaarheid (in %) wordt een waarde voor de darmbeschikbaarheid van individuele aminozuren in g/100 g REvoer verkregen.

Tabel B4.3 Gehalte aan DVLYSbepaald, DVLYSberekend, DVMETbepaald en DVMETberekend in vijf grondstoffen (uitgedrukt in g per 100 g RE in de incubatierest) berekend uit gegevens van Weisbjerg e.a. (1996)

Grondstof	DVLYSbep	DVLYSber	DVMETbep	DVMETber
Gerst	3,11	3,18	1,438	1,464
Gerst, hitte-beh.	3,37	3,47	1,690	1,718
Tarwe	2,14	2,22	1,384	1,403
Tarwe, hitte-beh.	3,56	3,63	1,709	1,730
Maisglutenvoer	2,85	2,85	1,362	1,347

Tabel B4.4 Gehalte aan DVLYSbepaald, DVLYSberekend, DVMETbepaald en DVMETberekend in vier ruwvoerders (uitgedrukt in g per 100 g RE in de incubatierest) berekend uit gegevens van Skórko-Sajko e.a. (1994)

Ruwvoeder	DVLYSbep	DVLYSber	DVMETbep	DVMETber
Hanepoot	2,879	2,733	1,352	1,219
Wikken	2,288	1,817	0,663	0,560
Gras/klaver	2,280	2,116	0,990	0,905
Luzernepellets	3,853	3,394	1,324	1,162