AMINOZUURPROFIELEN VAN VLEESKALVEREN

- het effect van eiwit en energie-opname
- de efficiëntie waarmee aminozuren worden aangezet

Auteurs: W.J.J. Gerrits
J.M.A.J. Verdonk
J.W. Schrama
S. Tamminga
P.L. van der Togt

Datum: April, 1997
Plaats: Wageningen

Aantal Pagina's: 29
Aantal Bijlagen: 5

Landbouwuniversiteit vakgroep Veevoeding

TNO afdeling ILOB

2190473

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING **1**

INLEIDING **3**

MATERIAAL EN METHODEN **5**
2.1 Opzet experimenten 5
2.2 Geanalyseerde monsters 5
2.3 Voorbehandelen van de monsters voor aminozuuranalyse 5
2.4 Het effect van de autoclaveer-procedure van de restfractie op aminozuur-gehaltes 6
2.5 Aminozuuranalyses 6
2.6 Statistische analyse 7

RESULTATEN EN DISCUSSIE **9**
3.1 Inleiding 9
3.2 De aminozuursamenstelling van de basisvoeders 9
3.3 De aminozuursamenstelling van het eiwit en de eiwitaanzet van kalveren 10
3.3.1 Het effect van autoclaveren op het aminozuurpatroon van de restfractie 10
3.3.2 De gemiddelde aminozuursamenstelling van kalveren en de verdeling over de geanalyseerde fracties 11
3.3.3 De aminozuursamenstelling van het eiwit en de eiwitaanzet van kalveren: presentatie van de gegevens 12
3.3.4 De aminozuursamenstelling van het eiwit en de eiwitaanzet van kalveren: het niveau 12
3.3.5 De aminozuursamenstelling van het eiwit en de eiwitaanzet van kalveren: effect van eiwit en energieopname 18
3.4 Effect van eiwit en energie-opname op de benutting van aminozuren 21
3.4.1 De bruto en marginale benutting van aminozuren 21
3.4.2 Essentiële aminozuren 23
3.4.3 Semi-essentiële aminozuren 24
3.4.4 Niet essentiële aminozuren 24

CONCLUDERENDE OPMERKINGEN **25**

LITERATUURLIJST **27**

BIJLAGEN **29**

SAMENVATTING

In 1993 en 1994 zijn in het kader van het project "groeimodel vleeskalveren" twee slachtproeven uitgevoerd met kalveren tussen 80 en 240 kg lichaamsgewicht. Deze experimenten waren bedoeld om de relatie tussen nutriëntopname en groeisnelheid/groeisamenstelling (eiwit- en vetaanzet) te kwantificeren en werden gebruikt als basis voor een groeisimulatiemodel. Dit rapport bevat de resultaten van aminozuuranalyses van de monsters uit deze experimenten.

Deze analyses werden uitgevoerd om (i) een betrouwbare schatting te verkrijgen van het aminozuurpatroon en de eiwitaanzet van kalveren, welke als uitgangspunt gebruikt kan worden om het aminozuurpatroon van kalvermelk op te baseren; (ii) effecten van eiwit- en eiwitvrije energie-opname op het aminozuurpatroon van het lichaamseiwit van kalveren en de eiwitaanzet te kwantificeren; (iii) uitsluitsel te geven over de vraag of een ongebalanceerd aminozuuraanbod de oorzaak was van de lage efficiëntie waarmee voereiwit in lichaamseiwit werd vastgelegd in deze twee experimenten.

In de twee slachtproeven werden in totaal 90 zwartbonte vleeskalveren gebruikt. In experiment 1 (Exp. 1) werden 8 kalveren bij het begin van het experiment geslacht (80 kg). De overige 36 dieren werden verdeeld over 12 behandelingen, waar bij elk van 2 eiwitvrije energie-opnameniveau's, de eiwitopname in 6 trappen gevarieerd werd. De kalveren werden geslacht in de week waarin ze het gewenste eindgewicht bereikten (160 kg). Het tweede experiment (Exp. 2) was nagenoeg identiek aan Exp. 1, maar werd uitgevoerd in het gewichtstraject 160-240 kg. Van alle kalveren werden vijf fracties bemonsterd: (1) de karkasfractie; (2) de orgaanfractie (bloed, maagdarmpakket, lever, overige organen); (3) de restfractie (huid, kop poten, staart); verder werden ook (4) het maagdarmpakket, en (5) de lever apart bemonsterd. De verkregen monsters èn de voermonsters werden geanalyseerd op aminozuurgehaltes (inclusief tryptofaan). Om het aantal monsters te beperken werd een aantal monsters voor analyse gepooled.

Het aminozuurpatroon van de verstrekte voeders was zoals mocht worden verwacht op basis van de gebruikte grondstoffen. Er waren aanzienlijke verschillen in aminozuursamenstelling van de geanalyseerde fracties: de restfractie had de meest afwijkende samenstelling, met veel glycine, proline en arginine, en in het algemeen lage gehaltes aan essentiële aminozuren. Dit houdt verband met het hoge aandeel collageeneiwit in deze fractie. Orgaaneiwit was rijk aan cystine, valine, leucine, phenylalanine en tryptofaan, en bevat weinig glycine. Het aminozuurprofiel van het maagdarmpakket lijkt erg op dat van karkaseiwit (m.u.v. cystine). Het aminozuurprofiel van het lichaamseiwit, berekend als gewogen gemiddelde van de individuele fracties, werd gedomineerd door dat van karkaseiwit, omdat het gemiddeld 65% van het lichaams-N bevat. Verder leek de verhouding tussen essentiële en niet essentiële aminozuren af te nemen met toenemend gewicht (statistisch niet te toetsen in deze experimenten).

De aminozuursamenstelling van het aangezette lichaamseiwit werd beïnvloed door eiwit- en energie-opname. Dit werd deels veroorzaakt door een verschuiving in de verhouding

tussen de verschillende fracties, maar ook door verschuivingen in de verhouding van weefsels binnen een fractie (bijvoorbeeld een stijgende spier-bot verhouding in de karkasfractie met toenemende eiwitopname). De belangrijkste verschuivingen werden veroorzaakt door een afname aan collageen-eiwit (rijk aan proline, glycine) en een toename aan weefsels die rijker zijn aan essentiële aminozuren (o.a. spierweefsel) bij toenemende nutriëntopname.

De benutting van ileaal verteerde aminozuren bij met melkeiwitten gevoerde kalveren was, zelfs bij lage eiwitopnames (45 g N/d, gemiddeld over het groeitraject) voor geen enkel essentieel aminozuur hoger dan 50%. Gemiddeld over de eiwit- en energie-opnameniveau's werden threonine en lysine het meest efficiënt gebruikt: ongeveer 40%. Op grond van deze resultaten is het onwaarschijnlijk dat één van de essentiële aminozuren een belangrijke beperkende factor is geweest tijdens deze experimenten. Semi-essentiële aminozuren, met name cystine, werden met een hogere efficiëntie vastgelegd. Gezien de lage efficiëntie waarmee de essentiële aminozuren werden vastgelegd in lichaamseiwit is het belangrijk te onderzoeken waar het grootste deel van deze aminozuren wél voor worden gebruikt, bijvoorbeeld gluconeogenese of ATP produktie. Daarnaast kunnen essentiële aminozuren nodig zijn voor de synthese van niet essentiële aminozuren. Deze aminozuren hebben vaak belangrijke funkties in het lichaam, en de hoeveelheid die wordt aangezet is slechts een deel van wat er tijdens het groeitraject nodig is. Toch was het opmerkelijk dat er ruim drie keer zoveel glycine in het lichaam werd vastgelegd dan er tijdens deze experimenten met melkeiwitten werd opgenomen.

INLEIDING

In 1993 en 1994 zijn in het kader van het project "groeimodel vleeskalveren" twee slachtproeven uitgevoerd met kalveren tussen 80 en 240 kg lichaamsgewicht (Gerrits e.a. 1994a; 1994b). Deze experimenten waren bedoeld om de relatie tussen nutriëntopname en groeisnelheid/groeisamenstelling (eiwit- en vetaanzet) te kwantificeren en werden gebruikt als basis voor een groeisimulatiemodel (Gerrits e.a., 1996). De aanleiding van het project was onder andere het gebrek aan betrouwbare gegevens om aminozuurbehoeftes uit af te kunnen leiden. Na afloop van de experimenten werd in 1995 besloten de verkregen monsters te analyseren op aminozuurgehaltes. Hiervoor was een aantal redenen:

- Het aminozuurpatroon van lichaamseiwit wordt vaak als uitgangspunt gebruikt voor de formulering van diervoeders. Hoewel een "ideaal aminozuurpatroon" niet bestaat, is het een zinvol uitgangspunt. Voor vleeskalveren is hiervoor echter zeer weinig informatie voorhanden (zie Tolman, 1992).
- Het is onwaarschijnlijk dat aminozuren die afkomstig zijn van eiwitafbraak volledig opnieuw kunnen worden gebruikt. Weefsels met een hogere eiwitturnoversnelheid (organen) spelen dan ook een belangrijkere rol in de aminozuurbehoefte van kalveren dan op grond van het aandeel van deze weefsels in het lichaamseiwit mag worden verwacht. Het is daarom belangrijk niet alleen het aminozuurpatroon van het kalf, maar ook van de individuele weefsels te kennen (zie Gerrits, 1996).
- Uit de experimenten bleek dat vleeskalveren in dit gewichtstraject het opgenomen eiwit niet efficiënt in lichaamseiwit omzetten. Per 100 gram extra opgenomen verteerbaar eiwit werd in beide experimenten gemiddeld 30 gram in het lichaam vastgelegd (=marginale eiwitefficiëntie van 30%). De lage prioriteit waarmee deze kalveren voereiwit in lichaamseiwit omzetten was opmerkelijk. Eén van de mogelijke verklaringen hiervoor is een ongebalanceerd aminozuuraanbod in deze experimenten. Om dit na te kunnen gaan moet het aminozuurpatroon van zowel de voeders als dat van de kalveren worden bepaald.

In dit verslag worden de resultaten van aminozuuranalyses van de monsters uit de slachtproeven gepresenteerd. Deze gegevens moeten (i) een betrouwbare schatting geven van het aminozuurpatroon van de eiwitaanzet van kalveren in het gewichtstraject 80-240 kg; (ii) effecten van eiwit- en eiwitvrije energie-opname hierop; en (iii) uitsluitsel geven over de vraag of een ongebalanceerd aminozuuraanbod de oorzaak was van de lage efficiëntie in deze twee experimenten.

MATERIAAL EN METHODEN

2.1 Opzet experimenten

Er werden twee experimenten uitgevoerd met in totaal 90 zwartbonte vleeskalveren. In experiment 1 (Exp. 1) werden 44 stierkalveren gebruikt. Acht kalveren werden bij het begin van het experiment geslacht (initiële slachtgroep: ca 80 kg levend gewicht). De overige 36 kalveren werden verdeeld over 12 behandelingen, waar bij elk van 2 eiwitvrije energie-opnameniveau's, de eiwitopname in 6 trappen gevarieerd werd. De kalveren werden geslacht in de week waarin ze het gewenste eindgewicht bereikten (160 kg). Uit de lichaamssamenstelling van deze kalveren, en van de kalveren van de initiële slachtgroep kon de aanzet van eiwit, vet, droge stof en anorganische stof worden bepaald. Het tweede experiment (Exp. 2) was nagenoeg identiek van opzet, maar werd uitgevoerd in het gewichtstraject 160-240 kg. In dit experiment werden 46 zwartbonte stierkalveren gebruikt. De initiële slachtgroep (160 kg) bestond uit tien dieren. De overige 36 kalveren werden aan de voerbehandelingen toegewezen en op 240 kg geslacht en geanalyseerd.

Voor de voerbehandelingen, uitgevallen kalveren, slachtprocedures, malen en homogeniseren van de monsters, gerealiseerde nutriëntopnames, verteringscijfers, lichaamssamenstellingen en de gerealiseerde eiwit en vetgroei wordt verwezen naar Gerrits e.a., (1994a en b).

2.2 Geanalyseerde monsters

Van alle kalveren werden vijf fracties bemonsterd: (1) de karkasfractie, bestaande uit de rechter karkashelft; (2) de orgaanfractie, bestaande uit het bloed, maagdarmpakket, lever en alle overige organen; (3) de restfractie, bestaande uit de huid, kop, poten en staart (in Exp. 2 werd de rechterhelft van huid, kop, poten en staart bemonsterd). Verder werden (4) het maagdarmpakket en (5) de lever apart bemonsterd. Om het aantal aminozuuranalyses te beperken werd een aantal monsters voor analyse gepooled, zoals weergegeven in tabel 1.

2.3 Voorbehandelen van de monsters voor aminozuuranalyse

Het voorbehandelen van de monsters bestond uit ontdooien, poolen, ontvetten (volgens ISO, 1985) en malen. Het verse materiaal en het ontvette, gemalen, luchtdroge produkt werd op droge stofgehalte geanalyseerd (ISO, 1983; voor wijzigingen in deze procedure zie Gerrits e.a. 1994a,b). De monsters van lever en maagdarmpakket werden ook geanalyseerd op het stikstofgehalte volgens ISO (1979). De andere monsters waren al eerder hierop geanalyseerd, zie Gerrits e.a. (1994a,b). Om een representatief monster van de restfractie te kunnen nemen werden deze monsters voorbehandeld (10 uur geautoclaveerd bij 124 °C) zoals beschreven

door Gerrits e.a. (1994 a, b). Omdat het van een aantal aminozuren (o.a. cystine, lysine) bekend is dat ze tijdens langdurig verhitten verloren gaan, werd een test uitgevoerd om het verlies tijdens autoclaveren te kwantificeren. Deze is beschreven in paragraaf 2.4.

Tabel 1. Poolen van de monsters

type monster	aantal monsters		poolen per[1]	poolen op basis van[2]	aantal monsters na poolen	
	Exp. 1	Exp. 2			Exp. 1	Exp.2
Initiële slachtgroep						
karkas	8	10	alles	N-gehalte	1	1
orgaan	8	10	alles	N-gehalte	1	1
rest	8	10	alles	N-gehalte	1	1
maagdarmpakket	8	10	alles	gewicht	1	1
lever	8	10	alles	gewicht	1	1
Op eindgewicht geslachte dieren						
karkas	35	33	behandeling	N-gehalte	12	12
orgaan	35	33	behandeling	N-gehalte	12	12
rest	35	33	behandeling	N-gehalte	12	12
maagdarmpakket	35	33	behandeling	gewicht	12	12
lever	35	33	behandeling	gewicht	12	12
Voermonsters						
basisvoer 1	5	2	alles	bachtgrootte	1	1
basisvoer 2	2	2	alles	batchgrootte	1	1

1 van de initiële slachtgroepen werd alles per experiment gepooled; de monsters van de overige dieren werden per behandeling (=3 dieren, tenzij er een uitgevallen was) gepooled.

2 de monsters waarvan het N-gehalte eerder was bepaald (alles behalve lever en maagdarmpakket) werden gepoold op basis van het N-gehalte; de levers en maagdarmpakketten op basis van hun gewicht direct na slachten. Van de voermonsters waren enkele batches geproduceerd. Het gepoolde monster werd samengesteld rekening houdend met de grootte van de geproduceerde batch.

2.4 Het effect van de autoclaveer-procedure van de restfractie op aminozuurgehaltes

Omdat het onmogelijk is de restfractie (huid, kop, poten en staart) tijdens malen zo homogeen te krijgen dat representatief een paar gram monster kan worden genomen voor analyse, zijn deze monsters geautoclaveerd zoals beschreven door Gerrits e.a. (1994a,b). Om het effect van autoclaveren op de aminozuurgehaltes te kunnen bepalen werd een kleine hoeveelheid (ongeveer 30 gram) van de restfractie van een kalf uit de initiële slachtgroep van Exp. 2 gemalen met een Cryo molen (in vloeibaar stikstof). Dit (homogene) monster werd gesplitst in twee delen van ongeveer 15 gram. Een deel werd geautoclaveerd volgens de normale procedure, gevriesdroogd, gemalen, gevriesdroogd en op aminozuren (niet op tryptofaan) geanalyseerd. Het andere deel werd niet geautoclaveerd, maar voor de rest hetzelfde behandeld.

2.5 Aminozuuranalyses

De ontvette, luchtdroge monsters werden 22 uur met 6 N HCl bij 108 °C (onder

terugvloeikoeling) gehydrolyseerd tot aminozuren en vervolgens op aminozuren geanalyseerd met een aminozuuranalysator (Biotronik LC 5001, Eppendorf-Biotronik, Maintal, BRD), op de door de fabrikant aanbevolen wijze. Voor de bepaling van methionine en cystine werden de monsters voorafgaand aan de zure hydrolyse 16 uur geoxydeerd bij 0 °C met een permierezuur-reagens (Moore, 1963). Tryptofaan werd geanalyseerd na basische hydrolyse met lithium hydroxide (16 uur bij 120 °C) gevolgd door een HPLC scheiding, zoals beschreven door Slump e.a. (1991), en UV detectie bij 280 nm.

2.6 Statistische analyse

Effecten van eiwit- en eiwitvrije energie-opname op de afhankelijke variabelen werden geanalyseerd met behulp van regressie analyse: Voor beide eiwitvrije energie-opnameniveau's werd een lijn geschat met verteerbare stikstofopname als de verklarende variabele. Met behulp van een F-toets werd gekeken naar:

- het eiwitvrij energie-opname effect: het verschil tussen de intercepten van beide energie-opnameniveau's, niet bij X=0, maar bij X=gemiddelde verteerbare stikstofopname;
- het stikstofopname effect: gemiddelde richtingscoëfficiënt is ongelijk aan 0;
- de interactie tussen eiwitvrije energie en verteerbare stikstofopname (=verschil tussen de richtingscoëfficiënten van beide eiwitvrije energie-opnameniveau's.

Omdat met gepoolde monsters is gewerkt en niet alle gepoolde monsters uit evenveel dieren bestonden, werd de regressie gewogen voor het aantal dieren per gepooled monster.

RESULTATEN EN DISCUSSIE

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt eerst het aminozuurpatroon van het voereiwit gepresenteerd. Daarna komt het aminozuurpatroon van het lichaamseiwit, het patroon van de eiwitaanzet en de invloed van verteerbare stikstofopname en eiwitvrije energie-opname hierop aan de orde. Hierbij wordt ook aandacht besteed aan het verlies van aminozuren als gevolg van de autoclaveerprocedure van de restfractie. Tenslotte wordt de efficiëntie waarmee schijnbaar ileaal verteerde aminozuren door het kalf worden vastgelegd besproken. Vanwege de grote hoeveelheid gegevens is ervoor gekozen de resultaten deels als bijlage bij te voegen. De aminozuurgehaltes worden consequent gepresenteerd als watervrije aminozuren: de vorm waarin ze in het eiwit voorkomen. Om deze resultaten om te kunnen rekenen naar waterhoudende aminozuren worden ook omrekeningsfactoren gegeven. Waar in de tekst vergelijkingen worden gemaakt met literatuurbronnen zijn de door ons gemeten gehaltes omgerekend naar met die bron vergelijkbare eenheden. De hoge en lage eiwitvrije energie-opnames worden hierna respectievelijk het hoge en lage energieniveau, of kortweg "het energie-effect" genoemd. In plaats van het effect van verteerbare stikstof-opname wordt "het eiwiteffect" gebruikt.

3.2 De aminozuursamenstelling van de basisvoeders

De aminozuursamenstelling van de basisvoeders, gebruikt om de eiwit- en energie-opnames van de experimenten te realiseren is gegeven in tabel 2. Voor de nutriënt- en grondstofsamenstelling, voeropnames en de voor de behandelingen gebruikte mengverhoudingen tussen basisvoeders wordt verwezen naar Gerrits e.a. (1994a,b).

De eiwitsamenstelling van de basisvoeders komt goed overeen met de verwachte eiwitsamenstelling, gebaseerd op de gebruikte eiwitbronnen. De geanalyseerde gehaltes zijn dan ook goed vergelijkbaar met die gevonden door Tolman en Beelen (1994). Opvallend is dat basisvoer 2 in Exp. 1, en in mindere mate ook in Exp. 2 minder cystine bevat dan basisvoer 1, hetgeen veroorzaakt wordt door een groter aandeel caseïne-eiwit in deze eiwitrijke basisvoeders (voor grondstofsamenstelling zie Gerrits e.a., 1994a,b). Caseïne-eiwit heeft een lager cystine gehalte dan wei-eiwit (Walstra en Jenness, 1984). Basisvoer 2 werd in Exp. 1 overigens niet als zodanig aan de kalveren gevoerd. Het maximale aandeel werd verkregen bij de hoogste eiwitopnames (behandeling 1 en 7), waarbij basisvoer 1 en 2 in de verhouding 1,76:1 werden gemengd.

Tabel 2. Het aminozuurpatroon van het voereiwit van de basisvoeders, gebruikt in experiment 1 en 2[1], uitgedrukt in g watervrij aminozuur/kg watervrije aminozuren en g watervrij aminozuur/160 g N.

	g watervrij aminozuur/kg watervrije AZ				g watervrije aminozuur/160 g N				
	Experiment 1		Experiment 2		Experiment 1		Experiment 2		
Aminozuur	basis-voer 1	basis-voer 2	basis-voer 1	basis-voer 2	basis-voer 1	basis-voer 2	basis-voer 1	basis-voer 2	factor[2]
Threonine	43,4	41,9	43,5	42,4	39,1	39,8	39,5	39,4	1,18
Tryptofaan	12,5	11,4	12,7	12,1	11,3	10,8	11,5	11,2	1,10
Methionine	22,3	24,7	23,2	23,8	20,0	23,4	21,1	22,1	1,14
Cystine	8,9	4,5	7,5	5,8	8,0	4,2	6,8	5,3	1,18
Valine	61,9	65,1	62,6	64,4	55,7	61,7	56,9	59,8	1,18
Isoleucine	54,6	52,2	55,6	53,4	49,1	49,5	50,5	49,6	1,16
Leucine	93,5	90,6	93,5	92,4	84,1	85,9	84,9	85,8	1,16
Lysine	77,2	75,7	77,1	76,6	69,5	71,8	70,0	71,1	1,14
Histidine	34,5	33,0	34,3	33,4	31,1	31,3	31,2	31,0	1,13
Phenylalanine	46,1	47,1	45,7	46,6	41,5	44,7	41,5	43,2	1,12
Tyrosine	49,5	52,2	45,5	49,7	44,6	49,5	41,3	46,1	1,11
Arginine	34,5	34,7	33,5	33,5	31,1	32,9	30,4	31,1	1,12
Asparaginezuur	75,6	69,3	74,7	71,1	68,1	65,8	67,9	66,0	1,16
Serine	55,6	55,8	55,2	55,6	50,1	52,9	50,2	51,6	1,21
Glutaminezuur	192,6	199,7	195,4	196,4	173,4	189,4	177,5	182,3	1,14
Glycine	16,7	15,8	16,2	15,7	15,1	15,0	14,7	14,6	1,32
Alanine	29,9	27,9	29,8	28,6	26,9	26,4	27,1	26,5	1,25
Proline	90,5	98,5	93,9	98,5	81,4	93,4	85,3	91,4	1,19
Essentieel/niet ess.	1,17	1,14	1,15	1,15					
Totaal aminoz. (g/kg)	143,5	521,1	103,5	256,3					
Totaal Kjeld. N (g/kg)	25,51	87,92	18,23	44,18					
Aminozuur-N/totaal N	0,84	0,88	0,85	0,86					

[1] om de extreme eiwit- en eiwitvrije energie opnames te kunnen realiseren is zowel de voergift als de mengverhouding tussen basisvoer 1 en 2 gevarieerd. Voor de gebruikte mengverhoudingen zie Gerrits e.a. (1994a,b);
[2] factor waarmee de gehaltes aan watervrije aminozuren kunnen worden vermenigvuldigd om de gehaltes van (waterhoudende) aminozuren te verkrijgen.

3.3 De aminozuursamenstelling van het eiwit en de eiwitaanzet van kalveren

3.3.1 Het effect van autoclaveren op het aminozuurpatroon van de restfractie

Uit het vergelijken van de aminozuurprofielen van monsters van de niet versus wel geautoclaveerde restfractie bleek dat 10 uur autoclaveren bij 124 °C verliezen te zien gaf bij de aminozuren (uitgedrukt in g watervrij aminozuur/kg droge stof): cystine (15%), methionine (6%), lysine (10%), asparaginezuur (6%), glycine (9%), alanine (7%) en proline (5%). De gemeten aminozuurprofielen in de restfractie werden voor deze verliezen gecorrigeerd.

Cystine is het meest hittegevoelig, en wordt tijdens langdurige verhitting gedeeltelijk omgezet in lanthionine (complex van dehydroalanine en cysteine; Papadopoulos, 1984). Ook lysine kan tijdens verhitting een complex vormen met dehydroalanine, hetgeen zowel het verlies aan lysine als dat van alanine verklaart (Papadopoulos, 1984). In tegenstelling tot resultaten van Papadopoulos, die zijn onderzoek uitvoerde met op verschillende manieren geautoclaveerd verenmeel, werd geen noemenswaardige afname gevonden van het gehalte aan arginine, threonine en serine. Valine, leucine, tyrosine en phenylalanine zijn redelijk hittestabiel, zoals ook werd gevonden door Papadopoulos (1984). Het verlies aan glycine werd niet gevonden in verenmeel, maar verenmeel bevat, in tegenstelling tot de restfractie, weinig glycine. De gemeten aminozuurprofielen in de restfractie werden voor bovengenoemde verliezen gecorrigeerd. Het op deze manier verkregen cystine gehalte van de restfractie van de initiële slachtgroep is echter lager dan de resultaten van Williams (1978); vergelijkbare restfractie, zwartbonte kalveren van 70 kg): respektievelijk 11 versus 20 g cystine per 160 g N. De resultaten van de overige aminozuren komen wel redelijk goed overeen, en het cystine gehalte in de karkas- en orgaanfractie komt wel goed overeen met de resultaten van Williams (1978). Het is daarom onwaarschijnlijk dat deze afwijking veroorzaakt wordt door verschillen in de gevolgde procedures voor aminozuuranalyses (op papier nagenoeg identiek). Het is onduidelijk hoe Williams (1978) de restfractie heeft voorbehandeld, maar er is niet geautoclaveerd. Het blijft dus de vraag hoe hij deze fractie representatief heeft kunnen bemonsteren (maalprocedure). Het is daarnaast waarschijnlijk dat de in dit onderzoek gevonden correctiefaktor voor cystine te laag is. Ook tryptofaangehalte was lager dan dat gemeten door Williams (1978): 4 en 6 g/160 g N, hetgeen suggereert dat ook tryptofaan niet helemaal bestand is tegen de autoclaveer-procedure.

3.3.2 De gemiddelde aminozuursamenstelling van kalveren en de verdeling over de geanalyseerde fracties

Om een indruk te geven van de samenstelling van het lichaamseiwit van de kalveren wordt de aminozuursamenstelling, gemiddeld per experiment, uitgedrukt in diverse eenheden weergegeven in bijlage 1. In deze tabel worden ook omrekeningsfaktoren gegeven om de gehaltes van (waterhoudende) aminozuren te verkrijgen.

De verdeling van de aminozuren over de geanalyseerde fracties is weergegeven in bijlage 2. Verreweg de grootste hoeveelheid van alle aminozuren komt voor in het karkas (55-80%). Negen tot twintig procent van alle aminozuren zijn in de orgaanfractie, 9-35% in de restfractie; 2-5% in het maagdarmpakket en 1-5% in de lever. De verschillen tussen aminozuren zijn groot, wat wordt veroorzaakt door de soms sterk verschillende aminozuurprofielen van de fracties (zie tabel 4, 5, 6 en paragraaf 3.3.4). Zo zit bijvoorbeeld slechts een kleine 60% van het lichaams-proline in het karkaseiwit (tegen > 30% in het resteiwit), terwijl meer dan 75% van het methionine in het karkas aanwezig is (tegen 10% in de restfractie). Ook lysine is sterk vertegenwoordigd in het karkas (70%).

3.3.3 *De aminozuursamenstelling van het eiwit en de eiwitaanzet: presentatie van de gegevens*

De aminozuursamenstelling van het lichaamseiwit van kalveren wordt vaak als richtlijn gebruikt voor het "ideaal" aminozuurpatroon: een uitgangspunt voor de eiwitsamenstelling van kalvermelk. Het aminozuurprofiel van het aangezette eiwit komt echter beter in de buurt van het aminozuurpatroon van het eiwit dat in het betreffende gewichtstraject aan de kalveren moet worden gevoerd. Bovendien wordt in deze experimenten de eiwitaanzet, en niet de beginsamenstelling, door energie en eiwitopname beïnvloed. De verkregen gegevens worden daarom als volgt gepresenteerd:

- In de tabel 3 wordt het aminozuurpatroon van het lichaamseiwit van de initiële slachtgroep en dat van het aangezette lichaamseiwit van beide experimenten weergegeven. De gegevens worden gepresenteerd voor beide energieniveau's, en het effect van eiwitopname wordt weergegeven d.m.v. een regressiecoëfficiënt. Hierdoor kan, indien gewenst, de samenstelling van de eiwitaanzet bij een willekeurige eiwitopname, bij elk van de twee energieniveau's worden uitgerekend.

Voorbeeld

Zoals te zien in tabel 3 is bij het hoge energie-opnameniveau in experiment 1 het tryptofaangehalte van de eiwitaanzet 7,9 g (watervrij) tryptofaan per kg aminozuur-eiwit. Dit is bij een gemiddelde verteerbare N opname van 63,7 g/d (zie voetnoot 2). Bij een verteerbare N opname van 70 g/d kan het tryptofaangehalte als volgt worden berekend:

$$7{,}9 + (70-63{,}7) \times 0{,}022 = 8{,}0 \text{ g tryptofaan/kg aminozuureiwit}$$

In deze tabel wordt ook de hoeveelheid (kg) aminozuren en stikstof in het lichaam van de initiële slachtgroep èn in de aanzet weergegeven. Met deze gegevens kan de hoeveelheid van elk aminozuur bij het bereiken van het slachtgewicht (en dus ook het aminozuurpatroon bij het bereiken van het slachtgewicht) worden uitgerekend.

- In vergelijkbare tabellen (4, 5, 6) wordt de eiwitsamenstelling en de behandelingseffecten hierop van de karkas-, orgaan- en restfractie besproken.
- De eiwitsamenstelling en behandelingseffecten op maagdarm- en levereiwit zijn ook geanalyseerd. De resultaten hiervan zijn opgenomen als bijlage 3 en 4. De aanzet van lever- en in mindere mate maagdarmeiwit in beide groeitrajecten was echter klein in verhouding tot de aanwezige massa bij aanvang van het experiment. Op die manier kan in een enkel geval zelfs een negatieve aanzet van een bepaald aminozuur worden verkregen. Daarom zijn deze gegevens gepresenteerd als eiwitsamenstelling bij de initiële slachtgroep en op het moment van slachten.

3.3.4 *De aminozuursamenstelling van het eiwit en de eiwitaanzet van kalveren: het niveau*

Het aminozuurprofiel van het lichaams-, karkas-, orgaan-, rest-, maagdarm- en levereiwit

De resultaten van de aminozuuranalyses voor de initiële slachtgroep van Exp. 1 (80 kg, tabel 3) komen goed overeen met de resultaten van Williams (1978, zwartbonte kalveren ± 70

kg), met uitzondering van het proline gehalte (lager dan Williams: 71 vs 81 g/160 g N) en valine en isoleucine (hoger: 48 vs 39 en 36 vs 28 g/160 g N). Volgens Simon (1989) bestaan er geen grote verschillen in aminozuursamenstelling tussen diersoorten. De in tabel 3 vermelde profielen lijken dan ook sterk op die van varkens (Bikker e.a., 1994a; Wünsche e.a., 1983), maar verschillen van die van ratten (ratten hebben meer cystine en glycine en minder tyrosine, phenylalanine, histidine en arginine; Rafecas e.a., 1994). De aminozuurprofielen van de geanalyseerde fracties verschillen echter aanzienlijk (tabel 4, 5, 6). De restfractie heeft de meest afwijkende samenstelling, met veel glycine, proline en arginine, en in het algemeen lage gehaltes aan essentiële aminozuren (methionine, threonine, isoleucine, tyrosine, phenylalanine, histidine, lysine en tryptofaan). Dit duidt op veel collageenweefsel (Williams, 1978; Nguyen en Zarkadas, 1989). Orgaaneiwit is rijk aan cystine, valine, leucine, phenylalanine en tryptofaan en bevat weinig isoleucine. Lever-eiwit (bijlage 4) is rijk aan cystine, leucine en tryptofaan en arm aan glycine. Het profiel van het maagdarmpakket (bijlage 3) is, met uitzondering van cystine, vergelijkbaar met het karkaseiwit (14 g cystine in maagdarmpakket versus 9 g cystine/kg eiwit in karkas). De gevonden aminozuurprofielen voor het karkas, maagdarmpakket en lever komen goed overeen met de door MacRae e.a. (1993) gevonden waarden bij lammeren. Een noemenswaardige uitzondering is het lager methionine gehalte in de lever van kalveren vergeleken met lammeren (22 vs 32 g/kg levereiwit) en de in het algemeen iets lagere threonine gehaltes bij kalveren.

De verhouding tussen essentiële (incl. cystine, tyrosine en arginine) en niet essentiële aminozuren is het hoogst in levereiwit (± 1,25), gevolgd door orgaan-, maagdarm- en karkaseiwit (respektievelijk ongeveer 1,1; 1 en 1) en het laagst voor de restfractie (± 0,6).

Verschuivingen in het aminozuurprofiel bij toenemend gewicht

Verschuivingen in het aminozuurprofiel als gevolg van het zwaarder worden van de kalveren zijn klein en kunnen met deze experimentele opzet niet statistisch worden getoetst. In het algemeen lijkt de verhouding essentieel/niet essentieel te dalen met toenemend gewicht (bijlage 1). Dit kan verband houden met een groter aandeel van de restfractie in totaal lichaams-N bij de zwaardere kalveren (zie ook tabel 7). Het is opmerkelijk dat in beide experimenten het aminozuurpatroon van het aangezette eiwit een lagere verhouding essentiële/niet essentiële aminozuren heeft dan het eiwit van de bijbehorende initiële slachtgroep. Hoewel deze verhouding door de experimentele behandelingen werd beïnvloed (zie paragraaf 3.3.5), lijkt het tegengesteld aan waarnemingen bij varkens. Bij varkens neemt de verhouding essentieel/niet essentieel toe tussen 20 en 45 kg LG (Bikker e.a., 1994a), hetgeen veroorzaakt wordt door lage gehaltes aan met name glycine en proline bij varkens van 20 kg LG. Bij vleeskalveren is hier niet veel over bekend, maar er zijn aanwijzingen bij wat ouder rundvee dat het collageengehalte in spieren (Nguyen en Zarkadas, 1989) en botten (Mello e.a., 1975) toeneemt met leeftijd. Het dient te worden opgemerkt dat het aminozuurpatroon van het aangezette eiwit sterk wordt beïnvloed door de samenstelling van de initiële slachtgroep. De monsters van deze slachtgroep zijn per experiment gepooled tot één monster (tabel 1).

Tabel 3. Het aminozuurpatroon (in g watervrij aminozuur/kg watervrije aminozuren) van de initiële slachtgroep en het effect van verteerbare N-opname en eiwitvrije energie-opname[1] op het aminozuurpatroon van het aangezette **LICHAAMSEIWIT** van kalveren in experiment 1 en 2.

	Experiment 1 (80-160 kg LG)								Experiment 2 (160-240 kg LG)							
		energie effect[2]				eiwit effect[3]				energie effect[2]				eiwit effect[3]		
Aminozuur	init[4]	LE	P	HE	SEM	regr.	SEM	P	init[4]	LE	P	HE	SEM	regr.	SEM	P
Threonine	41,1	38,7	NS	39,0	0,23	0,023	0,0084	*	40,5	37,8	NS	38,6	0,37	0,030	0,0109	*
Tryptofaan	8,6	8,0	NS	7,9	0,17	0,022	0,0063	**	8,9	5,4	NS	5,8	0,25	0,025	0,0072	**
Methionine	20,1	16,0	NS	16,3	0,41	0,005	0,0152	NS	18,7	16,7	NS	18,2	0,62	0,016	0,0182	NS
Cystine	11,6	7,0	NS	7,4	0,25	0,016	0,0094	NS	10,8	7,4	NS	8,3	0,38	0,030	0,0112	*
Valine	49,6	49,0	NS	49,3	0,29	0,022	0,0108	NS	49,3	45,8	NS	47,5	0,59	0,029	0,0173	NS
Isoleucine	37,3	36,8	NS	37,7	0,37	0,041	0,0137	*	37,4	32,6	*	34,3	0,46	0,044	0,0135	*
Leucine	72,1	68,2	NS	69,5	0,45	0,044	0,0169	*	70,9	64,0	NS	65,2	0,64	0,047	0,0186	*
Lysine	70,9	69,5	NS	69,4	0,40	0,031	0,0150	NS	71,1	64,2	NS	64,0	0,98	0,087	0,0287	*
Histidine	31,2	29,5	NS	29,2	0,71	-0,025	0,0265	NS	31,4	28,1	NS	26,0	1,08	0,016	0,0315	NS
Phenylalanine	39,8	36,1	NS	36,5	0,31	0,030	0,0113	*	39,3	32,7	NS	33,5	0,84	-0,009	0,0244	NS
Tyrosine	30,5	26,5	**	28,2	0,35	0,022	0,0131	NS	30,1	22,9	NS	24,2	0,63	0,022	0,0184	NS
Arginine	73,5	76,1	NS	75,4	0,38	-0,026	0,0141	NS	73,9	77,1	NS	76,8	0,67	-0,017	0,0196	NS
Asparaginezuur	87,6	86,1	NS	86,8	0,41	0,003	0,0152	NS	86,8	85,6	*	87,6	0,48	0,028	0,0139	NS
Serine	44,4	44,9	NS	44,8	0,26	-0,003	0,0098	NS	44,2	45,3	NS	46,2	0,48	0,013	0,0139	NS
Glutaminezuur	137,8	135,4	NS	136,5	0,44	0,039	0,0165	*	137,5	132,8	**	136,1	0,69	0,016	0,0200	NS
Glycine	101,5	115,5	NS	111,9	1,41	-0,146	0,0526	*	104,4	132,6	*	123,9	1,94	-0,198	0,0568	**
Alanine	70,0	73,9	NS	74,2	0,37	-0,037	0,0136	*	70,9	77,0	NS	75,7	0,56	-0,076	0,0163	**
Proline	72,4	82,7	*	79,9	0,71	-0,060	0,0265	*	74,1	91,8	NS	88,0	1,40	-0,102	0,0408	*
essentieel/niet ess.	0,95	0,86	NS	0,87	0,006	0,0007	0,00023	*	0,93	0,77	NS	0,79	0,011	0,0010	0,00031	**
totaal aminozuren (kg)	11,96	11,17	**	10,39	0,133	0,011	0,0050	*	22,80	10,94	*	10,21	0,192	0,014	0,0056	*
totaal Kjeldahl N (g)	2308	2206	**	2069	23	3,22	0,867	**	4398	2274	*	2134	41	3,39	1,191	*
aminozuur-N/totaal N					0,88								0,85			

[1]Interaktie tussen eiwit en eiwitvrije energie-opname was alleen aanwezig (P<0,05) voor tyr (Exp. 1) en ile en his (Exp. 2) en is niet in de tabel weergegeven.
[2]Effect van eiwitvrije energie-opnameniveau; LE = laag en HE = hoog energie-opnameniveau; Getallen in deze kolommen zijn de aminozuurgehaltes voor het betreffende eiwitvrije energie-opnameniveau, bij de gemiddelde verteerbare N-opname (respektievelijk 63,7 en 66,7 g/d in Exp. 1 en 2); P = overschrijdingskans voor test of LE = HE: NS = niet significant (P≥0,05); * = P<0,05;** = P<0,01; SEM = standard error of the mean.
[3]Effect van verteerbare N opname, gemiddeld over eiwitvrije energie-opnameniveau's; regr. = regressie-coëfficient. Deze geeft de verandering van het aminozuurgehalte weer per gram toename in verteerbare N opname. SEM = standard error of the mean; P = overschrijdingskans voor test of regressiecoëfficient = 0
[4]Aminozuursamenstelling van de initiële slachtgroep, respektievelijk 80 en 160 kg in Exp. 1 en 2.

Tabel 4. Het aminozuurpatroon (in g watervrij aminozuur/kg watervrije aminozuren) van karkaseiwit van de initiële slachtgroep en het effect van verteerbare N-opname en eiwitvrije energie-opname[1] op het aminozuurpatroon van het aangezette **KARKASEIWIT** van kalveren in experiment 1 en 2.

	Experiment 1 (80-160 kg LG)								Experiment 2 (160-240 kg LG)							
		energie effect[2]				eiwit effect[3]				energie effect[2]				eiwit effect[3]		
Aminozuur	init[4]	LE	P	HE	SEM	regr.	SEM	P	init[4]	LE	P	HE	SEM	regr.	SEM	P
Threonine	42,3	41,3	NS	41,4	0,34	0,024	0,0127	NS	41,8	41,1	NS	41,2	0,41	0,042	0,0121	**
Tryptofaan	9,3	9,6	NS	8,9	0,29	0,032	0,0107	*	10,0	6,5	NS	6,9	0,34	0,032	0,0099	**
Methionine	23,5	17,5	NS	17,9	0,72	0,015	0,0269	NS	21,1	20,5	NS	22,5	0,88	0,005	0,0258	NS
Cystine	11,0	5,8	NS	6,0	0,33	0,018	0,0124	NS	9,8	6,3	NS	6,9	0,71	0,032	0,0208	NS
Valine	49,4	51,2	NS	51,2	0,50	0,025	0,0187	NS	49,7	48,3	NS	49,6	0,60	0,047	0,0175	*
Isoleucine	42,1	42,7	NS	42,9	0,46	0,042	0,0171	*	42,4	39,2	NS	40,3	0,67	0,050	0,0196	*
Leucine	72,6	72,5	NS	73,1	0,67	0,054	0,0250	NS	72,6	68,3	NS	69,0	0,62	0,074	0,0181	**
Lysine	75,9	76,3	NS	75,4	0,61	0,011	0,0230	NS	76,8	72,5	NS	71,9	1,14	0,129	0,0333	**
Histidine	32,5	33,3	NS	31,3	0,93	-0,005	0,0349	NS	33,6	31,5	NS	27,5	1,50	0,008	0,0439	NS
Phenylalanine	39,5	37,8	NS	37,9	0,45	0,041	0,0169	*	40,1	33,2	NS	33,9	1,03	0,004	0,0302	NS
Tyrosine	31,8	29,2	NS	30,6	0,46	0,020	0,0173	NS	32,0	25,5	NS	25,8	0,99	0,026	0,0288	NS
Arginine	73,8	74,2	NS	74,0	0,52	-0,045	0,0195	*	73,6	74,9	NS	75,0	0,48	-0,013	0,0139	NS
Asparaginezuur	89,1	88,3	NS	89,6	0,59	0,002	0,0218	NS	88,5	89,5	NS	91,3	0,61	0,036	0,0177	NS
Serine	41,2	43,3	NS	43,4	0,21	0,007	0,0077	NS	41,3	44,2	NS	43,3	0,77	0,016	0,0226	NS
Glutaminezuur	145,6	144,7	NS	145,1	0,51	0,020	0,0192	NS	145,3	144,9	NS	147,0	0,92	0,007	0,0269	NS
Glycine	88,9	92,0	NS	91,4	2,24	-0,140	0,0836	NS	90,1	102,7	NS	99,0	2,18	-0,293	0,0638	**
Alanine	66,8	70,0	NS	70,9	0,46	-0,039	0,0171	*	67,3	72,4	NS	71,6	1,01	-0,065	0,0294	NS
Proline	64,4	70,3	NS	69,4	1,06	-0,080	0,0394	NS	63,9	78,4	NS	77,4	1,55	-0,137	0,0454	*
essentieel/niet ess.	1,02	0,97	NS	0,96	0,011	0,0009	0,00043	NS	1,01	0,88	NS	0,89	0,014	0,0016	0,00042	**
totaal aminozuren (kg)	7,88	7,18	*	6,71	0,118	0,011	0,0044	*	15,06	6,31	NS	6,27	0,153	0,007	0,0045	NS
totaal Kjeldahl N (g)	1500	1425	*	1362	16	2,48	0,604	**	2852	1342	NS	1343	35	1,88	1,013	NS
aminozuur-N/totaal N					0,86								0,82			

[1]Interaktie tussen eiwit en eiwitvrije energie-opname was alleen aanwezig (P<0,05) voor gly, tyr en de verhouding ess./niet ess. (Exp. 1) en is niet in de tabel weergegeven.
[2]Effect van eiwitvrije energie-opnameniveau; LE = laag en HE = hoog energie-opnameniveau; Getallen in deze kolommen zijn de aminozuurgehaltes voor het betreffende eiwitvrije energie-opnameniveau, bij de gemiddelde verteerbare N-opname (respektievelijk 63,7 en 66,7 g/d in Exp. 1 en 2); P = overschrijdingskans voor test of LE = HE: NS = niet significant (P≥0,05); * = P<0,05;** = P<0,01; SEM = standard error of the mean.
[3]Effect van verteerbare N opname, gemiddeld over eiwitvrije energie-opnameniveau's; regr. = regressie-coëfficient. Deze geeft de verandering van het aminozuurgehalte weer per gram toename in verteerbare N opname. SEM = standard error of the mean; P = overschrijdingskans voor test of regressiecoëfficient = 0
[4]Aminozuursamenstelling van de initiële slachtgroep, respektievelijk 80 en 160 kg in Exp. 1 en 2.

Tabel 5. *Het aminozuurpatroon (in g watervrij aminozuur/kg watervrije aminozuren) van orgaaneiwit van de initiële slachtgroep en het effect van verteerbare N-opname en eiwitvrije energie-opname*[1] op het aminozuurpatroon van het aangezette **ORGAANEIWIT** van kalveren in experiment 1 en 2.

	Experiment 1 (80-160 kg LG)								Experiment 2 (160-240 kg LG)							
		energie effect[2]				eiwit effect[3]				energie effect[2]				eiwit effect[3]		
Aminozuur	init[4]	LE	P	HE	SEM	regr.	SEM	P	init[4]	LE	P	HE	SEM	regr.	SEM	P
Threonine	45,2	47,3	NS	46,9	0,49	0,028	0,0184	NS	45,5	44,4	**	47,9	0,59	0,039	0,0171	NS
Tryptofaan	12,0	11,6	NS	11,6	0,27	0,0103	0,0101	NS	11,9	8,0	NS	8,4	0,22	0,046	0,0064	***
Methionine	17,4	20,0	NS	19,6	1,16	-0,056	0,0433	NS	18,8	15,0	NS	15,2	1,32	0,118	0,0385	*
Cystine	13,7	15,6	*	17,4	0,39	0,007	0,0145	NS	15,8	11,4	*	13,9	0,99	0,084	0,0290	*
Valine	66,1	67,7	NS	65,6	0,83	0,048	0,0310	NS	65,6	67,2	NS	70,5	1,15	-0,066	0,0336	NS
Isoleucine	30,6	31,2	*	34,6	0,91	0,067	0,0339	NS	30,9	26,0	NS	28,5	1,79	0,134	0,0521	*
Leucine	95,7	89,9	NS	88,8	1,28	0,038	0,0476	NS	91,8	93,9	NS	94,4	1,71	-0,082	0,0500	NS
Lysine	76,7	70,7	NS	71,5	1,25	0,142	0,0464	*	75,6	67,8	NS	62,1	2,33	0,058	0,0681	NS
Histidine	45,5	38,3	NS	39,0	1,65	-0,173	0,0615	*	43,9	43,2	NS	41,5	2,09	-0,070	0,0611	NS
Phenylalanine	54,3	47,9	NS	46,2	0,63	0,037	0,0235	NS	51,6	49,6	NS	50,5	1,53	-0,116	0,0447	*
Tyrosine	34,0	30,2	NS	31,0	0,50	0,059	0,0186	*	33,3	26,5	NS	27,2	0,71	0,048	0,0208	*
Arginine	56,2	62,5	NS	63,7	1,12	0,009	0,0418	NS	57,0	60,5	NS	59,0	1,95	0,026	0,0569	NS
Asparaginezuur	93,7	95,3	NS	94,2	0,82	-0,016	0,0304	NS	93,2	95,1	**	103,2	1,54	0,035	0,0449	NS
Serine	50,5	51,6	NS	50,8	0,57	0,008	0,0215	NS	50,6	50,8	**	53,7	0,63	-0,010	0,0183	NS
Glutaminezuur	118,8	121,0	NS	123,5	1,47	0,067	0,0548	NS	118,9	117,3	NS	120,2	2,93	0,125	0,0855	NS
Glycine	66,3	72,6	NS	71,9	1,78	-0,135	0,0665	NS	69,7	86,0	**	77,0	1,91	-0,187	0,0558	**
Alanine	68,3	70,8	NS	68,8	1,00	-0,058	0,0371	NS	67,7	76,5	NS	76,0	1,25	-0,147	0,0365	**
Proline	54,9	55,8	NS	55,1	1,52	-0,082	0,0564	NS	58,1	60,9	***	50,7	1,36	-0,034	0,0396	NS
essentieel/niet ess.	1,21	1,14	NS	1,16	0,019	0,0010	0,00070	NS	1,18	1,06	NS	1,08	0,020	0,0010	0,00059	NS
totaal aminozuren (kg)	1,61	1,16	*	1,26	0,027	-0,001	0,0010	NS	2,88	1,25	NS	1,03	0,077	0,003	0,0022	NS
totaal Kjeldahl N (g)	309	224	NS	237	6,2	0,14	0,232	NS	543	245	NS	206	14,7	0,65	0,431	NS
aminozuur-N/totaal N					0,88								0,85			

[1]Interaktie tussen eiwit en eiwitvrije energie-opname was alleen aanwezig (P<0,05) voor ile (Exp. 1), met, tyr, phe en try (Exp. 2) en is niet in de tabel weergegeven.
[2]Effect van eiwitvrije energie-opnameniveau; LE = laag en HE = hoog energie-opnameniveau; Getallen in deze kolommen zijn de aminozuurgehaltes voor het betreffende eiwitvrije energie-opnameniveau, bij de gemiddelde verteerbare N-opname (respektievelijk 63,7 en 66,7 g/d in Exp. 1 en 2); P = overschrijdingskans voor test of LE = HE: NS = niet significant (P≥0,05); * = P<0,05;** = P<0,01; SEM = standard error of the mean.
[3]Effect van verteerbare N opname, gemiddeld over eiwitvrije energie-opnameniveau's; regr. = regressie-coëfficient. Deze geeft de verandering van het aminozuurgehalte weer per gram toename in verteerbare N opname. SEM = standard error of the mean; P = overschrijdingskans voor test of regressiecoëfficient = 0
[4]Aminozuursamenstelling van de initiële slachtgroep, respektievelijk 80 en 160 kg in Exp. 1 en 2.

Tabel 6. Het aminozuurpatroon (in g watervrij aminozuur/kg watervrije aminozuren) van rest-eiwit van de initiële slachtgroep en het effect van verteerbare N opname en eiwitvrije energie-opname[1] op het aminozuurpatroon van het aangezette **RESTEIWIT** van kalveren in experiment 1 en 2.

	Experiment 1 (80-160 kg LG)								Experiment 2 (160-240 kg LG)							
		energie effect[2]				eiwit effect[3]				energie effect[2]				eiwit effect[3]		
Aminozuur	init[4]	LE	P	HE	SEM	regr.	SEM	P	init[4]	LE	P	HE	SEM	regr.	SEM	P
Threonine	34,2	28,6	NS	28,4	0,30	0,017	0,0113	NS	33,2	28,9	NS	29,9	0,51	-0,004	0,0148	NS
Tryptofaan	4,2	2,7	*	3,2	0,10	0,000	0,0038	NS	3,7	2,4	NS	2,6	0,16	0,000	0,0047	NS
Methionine	11,3	10,5	NS	10,0	0,40	0,008	0,0150	NS	10,8	10,5	NS	9,9	0,52	0,008	0,0150	NS
Cystine	11,9	6,5	NS	6,2	0,61	0,024	0,0230	NS	11,2	8,0	NS	9,5	1,09	0,000	0,0319	NS
Valine	39,2	35,8	NS	35,7	0,34	0,004	0,0126	NS	38,2	33,0	*	34,8	0,44	0,009	0,0129	NS
Isoleucine	26,3	24,2	*	25,0	0,19	0,012	0,0073	NS	25,9	22,8	NS	23,5	0,51	0,008	0,0149	NS
Leucine	55,0	48,3	NS	49,6	0,48	0,020	0,0179	NS	53,1	44,7	*	46,7	0,54	0,016	0,0157	NS
Lysine	50,9	51,8	NS	51,6	0,20	0,016	0,0077	NS	50,9	47,2	NS	47,6	0,48	0,012	0,0141	NS
Histidine	17,9	16,1	*	18,6	0,71	-0,011	0,0266	NS	17,2	16,4	NS	17,2	1,11	0,048	0,0325	NS
Phenylalanine	31,2	26,7	NS	27,5	0,31	-0,003	0,0115	NS	29,4	25,4	NS	26,7	0,52	-0,013	0,0153	NS
Tyrosine	23,8	17,9	NS	20,2	1,00	0,010	0,0370	NS	22,2	16,8	**	19,6	0,52	-0,001	0,0153	NS
Arginine	83,6	86,7	NS	85,5	0,42	0,004	0,0158	NS	84,6	87,5	NS	87,2	0,58	-0,033	0,0171	NS
Asparaginezuur	78,9	76,6	*	75,4	0,32	0,015	0,0117	NS	77,7	74,7	NS	74,2	0,67	0,008	0,0196	NS
Serine	50,5	46,2	NS	45,8	0,61	-0,029	0,0227	NS	49,3	45,3	***	49,7	0,50	0,011	0,0146	NS
Glutaminezuur	125,2	117,9	NS	119,6	0,93	0,052	0,0345	NS	124,2	116,0	NS	118,4	1,06	0,016	0,0308	NS
Glycine	164,9	192,9	NS	189,5	2,37	-0,145	0,0878	NS	169,3	206,3	***	194,3	1,18	0,020	0,0346	NS
Alanine	81,5	85,3	NS	86,2	0,88	-0,015	0,0328	NS	84,1	85,8	NS	84,7	1,14	-0,076	0,0333	*
Proline	109,4	125,4	NS	122,0	1,15	0,021	0,0429	NS	115,1	128,4	*	123,6	1,16	-0,031	0,0338	NS
essentieel/niet ess.	0,64	0,55	NS	0,57	0,006	0,0002	0,00024	NS	0,61	0,52	**	0,55	0,005	0,0001	0,00015	NS
totaal aminozuren (kg)	2,47	2,83	**	2,42	0,083	0,001	0,0031	NS	4,86	3,38	**	2,91	0,099	0,004	0,0029	NS
totaal Kjeldahl N (g)	499	557	**	471	14	0,59	0,538	NS	995	686	**	584	22	0,86	0,632	NS
aminozuur-N/totaal N					0,92								0,90			

[1]Interaktie tussen eiwit en eiwitvrije energie-opname was alleen aanwezig (P<0,05) voor glu (Exp. 1) en phe (Exp. 2) en is niet in de tabel weergegeven.
[2]Effect van eiwitvrije energie-opnameniveau; LE = laag en HE = hoog energie-opnameniveau; Getallen in deze kolommen zijn de aminozuurgehaltes voor het betreffende eiwitvrije energie-opnameniveau, bij de gemiddelde verteerbare N-opname (respektievelijk 63,7 en 66,7 g/d in Exp. 1 en 2); P = overschrijdingskans voor test of LE = HE: NS = niet significant (P≥0,05); * = P<0,05;** = P<0,01; SEM = standard error of the mean.
[3]Effect van verteerbare N opname, gemiddeld over eiwitvrije energie-opnameniveau's; regr. = regressie-coëfficient. Deze geeft de verandering van het aminozuurgehalte weer per gram toename in verteerbare N opname. SEM = standard error of the mean; P = overschrijdingskans voor test of regressiecoëfficient = 0
[4]Aminozuursamenstelling van de initiële slachtgroep, respektievelijk 80 en 160 kg in Exp. 1 en 2.

3.3.5 *De aminozuursamenstelling van het eiwit en de eiwitaanzet van kalveren: effect van eiwit en energieopname*

Lichaamseiwitaanzet

Het effect van de experimentele behandelingen op de samenstelling van de eiwitaanzet is gegeven in tabel 3. In het algemeen zijn de gemeten effecten van eiwit- en energie-opname groter in Exp. 2 dan in Exp. 1, hetgeen waarschijnlijk wordt veroorzaakt door de iets grotere contrasten in eiwit en energie-opname in Exp. 2. De meeste behandelingseffecten op de aminozuursamenstelling van de kalveren kunnen worden verklaard uit verschuivingen van de bijdrage van verschillende weefsels in het kalf. Gedeeltelijk reflecteren deze verschuivingen het aandeel van de geanalyseerde fracties, die onderling sterk verschillen in samenstelling (tabel 4, 5 en 6), maar voor een deel ook verschuivingen in bijdragen van weefsels binnen een fractie. Ter illustratie wordt in tabel 7 de procentuele verdeling van de stikstofaanzet over de geanalyseerde fracties weergegeven. Het effect van eiwitopname en de interaktie tussen eiwit en energie-opname waren niet aanwezig. De effecten van eiwitopname op de aminozuurzamenstelling van de kalveren (tabel 3) worden dus niet hierdoor veroorzaakt.

Een verhoging van de eiwitopname verhoogt de verhouding tussen essentiële en niet essentiële aminozuren in de lichaamseiwitaanzet in beide experimenten. Met name het gehalte aan threonine, leucine, isoleucine en tryptofaan (Exp. 1 en 2) is verhoogd, ten koste van glycine, alanine en proline. Dit is voor een belangrijk deel het gevolg van een verlaging van het aandeel collageen eiwit bij sneller groeiende dieren, en speelt zich met name af in het karkas, zoals later wordt besproken.

In grote lijnen verhoogt het energie-opnameniveau het eiwitaandeel in het karkas ten koste van dat is de restfractie. Dit kan verantwoordelijk zijn voor de effecten van energie-opname op het gehalte aan asparaginezuur, glycine, glutaminezuur en isoleucine (Exp. 2) en proline (Exp. 1). Karkas- en resteiwit verschillen duidelijk in de gehaltes aan deze aminozuren. Daarnaast heeft energie-opname ook (soms niet significante) effecten op de aminozuursamenstelling van de karkas- en restfractie, die dit effect op het aminozuurpatroon van lichaamseiwit helpen verklaren (tabel 4 en 6). Al zijn de effecten niet consistent significant in beide experimenten, de verschillen tussen energieniveau's wijzen in dezelfde richting.

Opmerkelijk is dat een verhoging van het energie-opnameniveau in Exp. 1 de proportie lichaamseiwit in orgaanweefsel doet toenemen, terwijl dat in Exp. 2 niet het geval is. Het effect, gemeten in Exp. 1 komt overeen met bevindingen bij varkens (Bikker e.a., 1995).

Karkaseiwitaanzet

Het grootste deel van de eiwitaanzet komt terecht in het karkas (60-65%, zie tabel 7). De belangrijkste behandelingseffecten op het aminozuurpatroon van het kalf worden daarom veroorzaakt door effecten op de aminozuursamenstelling van het karkaseiwit (vergelijk tabel 3 met tabel 4). Het energie effect op het aminozuurprofiel van karkaseiwit was niet significant. Een toenemende eiwitopname veroorzaakt een toename in de verhouding tussen essentiële en niet essentiële aminozuren (niet significant in Exp. 1). Met name de gehaltes aan isoleucine

Tabel 7. Het effect van verteerbare N opname en eiwitvrije energie-opname[1] op de procentuele verdeling van de stikstofaanzet over de drie geanalyseerde fracties van de kalveren in Experiment 1 en 2

	Experiment 1: 80-160 kg LG					Experiment 2: 160- 240 kg LG				
% aanzet in fractie	LE[2]	energie effect[3,4]	HE[2]	SEM[5]	eiwit effect[4,6]	LE[2]	energie effect[3,4]	HE[2]	SEM[5]	eiwit effect[4,6]
% N aanzet in karkas	64,4	NS	65,6	0,68	NS	59,1	*	62,7	1,03	NS
% N aanzet in rest	25,4	**	22,8	0,53	NS	30,1	NS	27,6	0,97	NS
% N aanzet in organen	10,1	*	11,5	0,39	NS	10,8	NS	9,7	0,65	NS

1 interakties waren niet aanwezig (P>0,15);
2 LE = lage eiwitvrije energie-opname; HE = hoge eiwitvrije energie-opname; getallen in deze kolommen zijn het procentuele aandeel van het totaal lichaams-N in de betreffende fractie, bij een gemiddelde verteerbare N-opname (respektievelijk 63,7 en 66,7 g/d in Exp. 1 en 2)
3 effect van eiwitvrij energie-opnameniveau.
4 NS = niet significant (P≥0,05); * = P<0,05; ** = P<0,01;
5 SEM = standard error of the mean, behorend bij het energie-effect;
6 effect van verteerbare N-opname;

en tryptofaan (Exp. 1 en 2), threonine, valine, leucine, lysine (Exp. 2) en phenylalanine (Exp. 1) stijgen; terwijl alanine, arginine (Exp. 1), glycine en proline (Exp. 2) dalen. De meeste van deze effecten zijn ook zichtbaar in het profiel van lichaamseiwitaanzet en worden veroorzaakt door een toenemende spier-bot verhouding in het karkas met een toenemende eiwitopname. Met een toenemende spier-bot verhouding treden vanzelfsprekend ook verschuivingen op in de hoeveelheid collageeneiwit. Collageeneiwit is, in vergelijking met spiereiwit, rijk aan proline en glycine en arm aan de meeste essentiële aminozuren (waaronder lysine, valine, histidine; zie Nguyen en Zarkadas, 1989). Boteiwit is rijk aan glycine, proline, phenylalanine, tyrosine en valine, en arm aan glutaminezuur, asparaginezuur, tryptofaan en threonine (Mello e.a., 1975; zie ook Gerrits e.a., 1996). Voor dit effect waren al eerder aanwijzingen gevonden in beide experimenten (o.a. dalende as-eiwitverhouding in karkas met toenemende eiwitopname; Gerrits e.a., 1994a, b). Soortgelijke effecten zijn ook gevonden bij varkens (Bikker e.a., 1994a).

Orgaaneiwitaanzet

De lever en het maagdarmpakket bevatten samen ongeveer 50% van het eiwit in het orgaanpakket (maagdarmpakket 35-40%; lever 10-15%). Verder bestaat het orgaanpakket uit bloed, longen, hart, nieren en overige organen (naar schatting respektievelijk ongeveer 30, 8, 4, 3 en 5% van het orgaaneiwit: Gerrits, 1996). Samenstellingen van maagdarm- en levereiwit zijn te vinden in bijlage 3 en 4, maar verschillen, met uitzondering van cystine (hoger in levereiwit) en glycine (hoger in maagdarmeiwit), niet zo sterk van elkaar. De aminozuursamenstelling van bloedeiwit is duidelijk anders dan dat van lever- en maagdarmeiwit. Het is rijk aan lysine, histidine, leucine, phenylalanine, valine en asparaginezuur, en arm aan methionine, isoleucine, arginine, glycine en glutaminezuur

(varkens: Wünsche e.a., 1983). De behandelingseffecten op de samenstelling van orgaaneiwitaanzet (tabel 5) worden deels veroorzaakt door veranderingen in de samenstelling van het orgaanpakket, maar reflecteren ook deels de gevonden effecten op de samenstelling van maagdarmeiwit.

Resteiwitaanzet

Energie-opname heeft effect op de samenstelling van het aangezette resteiwit (tabel 6). Hoewel de effecten niet groot waren en niet overal significant, leidt een hogere energie-opname meestal tot hogere gehaltes aan valine, isoleucine, leucine, tyrosine en tryptofaan, en lagere gehaltes aan glycine en proline. Dit wijst op een lager aandeel collageeneiwit in deze fractie bij een hogere energie-opname. Het (zeer significante) effect van energie-opname op serine in Exp. 2 was afwezig in Exp. 1.

Maagdarmeiwit

In Exp. 1 had alleen de energie-opname effect op de samenstelling van het maagdarmeiwit, terwijl in Exp. 2 ook eiwitopname effect had (bijlage 3). Hoewel het effect van energie-opname niet in beide experimenten voor alle aminozuren even significant was, waren de effecten wel consistent: energie-opname verhoogde het gehalte aan threonine, isoleucine, tyrosine en phenylalanine (Exp. 1 en 2) en in mindere mate cystine, valine en histidine (Exp. 1) en glutaminezuur, leucine en lysine (Exp. 2). Het gehalte aan glycine en proline (Exp. 1 en 2) en alanine (Exp. 2) nam af met toenemende energie-opname. Aangezien >70% van de droge stof van de maagdarmpakketten uit vet bestond kan de eiwitsamenstelling van vetweefsel een rol spelen in de eiwitsamenstelling van maagdarmeiwit.

Levereiwit

De samenstelling van levereiwit werd sterk beïnvloed door eiwit- en energie-opname (Bijlage 4). De effecten zijn niet voor alle aminozuren hetzelfde in beide experimenten, maar in grote lijnen komen de effecten wel overeen. Eiwitopname heeft een positief effect op de gehaltes aan asparaginezuur, threonine, isoleucine, leucine, tryptofaan (Exp. 1 en 2); valine, tyrosine, phenylalanine (Exp. 1); methionine (Exp. 2) en een negatief effect op glycine, alanine (Exp. 1 en 2); cystine, glutaminezuur (Exp. 1); lysine en proline (Exp. 2). Energie-opname had in Exp. 2 alleen een positief effect op lysine. In Exp. 1 was dat effect sterk negatief. Verder waren er in Exp. 1 positieve effecten op glutaminezuur, alanine en phenylalanine. Het is niet duidelijk wat deze effecten betekenen, maar gezien de meestal sterke significanties, en voor wat betreft een aantal essentiële aminozuren consistente effecten van met name eiwitopname, kan gedacht worden aan specifieke stimulering van die eiwitten in de lever die te maken hebben met aminozuuroxidatie en/of ureumsynthese. Ook werd bij de extreem lage eiwitopnames een verhoogd vetgehalte in de lever waargenomen (vooral in Exp. 2). Het is niet duidelijk of hiertussen verband bestaat.

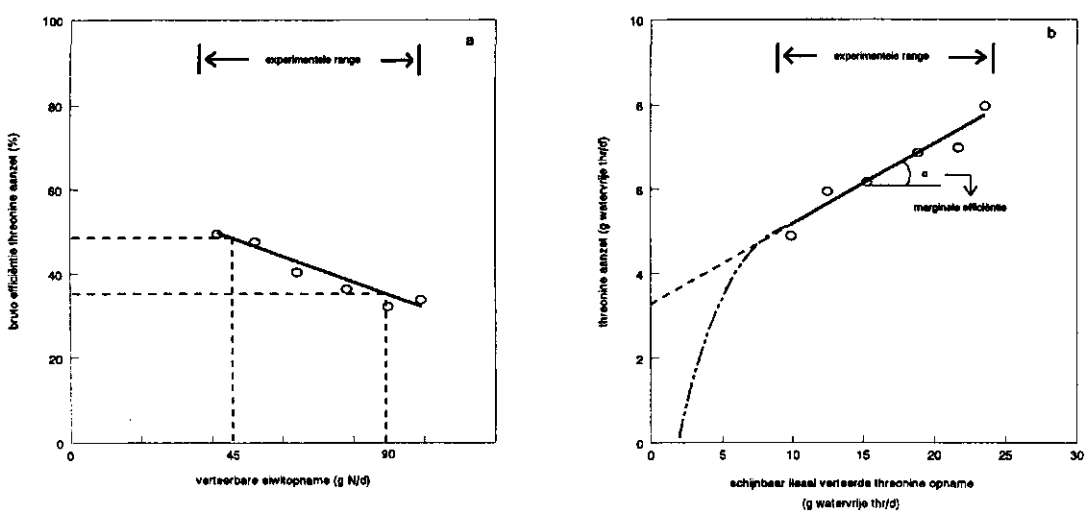
3.4 Effect van eiwit en energie-opname op de benutting van aminozuren

Doordat zowel de opname als de retentie van alle aminozuren in beide experimenten is bepaald, kan de efficiëntie waarmee ze worden gebruikt voor eiwitgroei, worden berekend. Om het verteringsproces te scheiden van het post-absorptief metabolisme is aminozuuropname uitgedrukt in schijnbaar ileaal verteerde aminozuren. Deze is geschat op basis van de volgende gegevens:

- aminozuuropname: gemeten over gehele groeitraject;
- fecale N uitscheiding: gemeten tijdens verteringsexperiment op 120 en 200 kg LG;
- ware verteerbaarheid van melkeiwit is 100% (Tolman en Beelen, 1996);
- aminozuurprofiel van endogeen eiwit, gemeten op het eind van het ileum, uitgedrukt per gram uitgescheiden N (Tolman en Beelen, 1996).

3.4.1 De bruto en marginale benutting van aminozuren

De bruto efficiëntie van de aanzet van een bepaald aminozuur (tabel 8) is berekend als de aanzet/schijnbaar ileaal verteerbare opname. De marginale efficiëntie (ook tabel 8) is de toename in aminozuuraanzet/toename in ileaal verteerbare aminozuuropname. Als bijvoorbeeld de threonine-opname toeneemt van 30 tot 40 g/d, geeft de marginale threonine efficiëntie aan welk deel van de 10 gram extra opgenomen threonine als threonine in lichaamsweefsel wordt vastgelegd. De manier waarop deze bruto en marginale efficiënties zijn gepresenteerd is als



Figuur 1. Het effect van eiwitopname op de bruto efficiëntie waarmee schijnbaar ileaal verteert threonine in lichaamseiwit wordt vastgelegd (a, links); De marginale efficiëntie waarmee schijnbaar ileaal verteerd threonine in lichaamseiwit wordt vastgelegd (b, rechts); O= gemeten waarden in Exp. 1, hoog energienivo, — = geschatte rechte door de waargenomen punten. Voor toelichting zie tekst.

Tabel 8. De bruto en marginale efficiënties(%) waarmee schijnbaar ileaal verteerde aminozuren[1] in het lichaam worden vastgelegd in experiment 1 en 2.

	Experiment 1 (80-160 kg LG)						Experiment 2 (160-240 kg LG)					
	bruto efficiëntie[2]						bruto efficiëntie[2]					
Aminozuur	gemid-delde	verschil HE-LE	eff. bij 45 g N	eff. bij 90 g N	marginale efficiëntie[3]	SEM[4]	gemid-delde	verschil HE-LE	eff. bij 45 g N	eff. bij 90 g N	marginale efficiëntie[3]	SEM[4]
Threonine	40,0	4,4	46	32	21	1,8	34,7	8,2	39	30	22	2,4
Tryptofaan	27,9	1,6	30	25	20	1,6	17,1	4,4	18	16	15	1,0
Methionine	29,3	4,0	34	23	13	2,2	26,3	7,7	30	23	18	2,1
Cystine	49,7	1,8	49	51	55	7,4	57,0	17,3	59	55	49	6,9
Valine	32,8	3,9	38	26	16	1,4	26,8	6,6	30	23	17	1,7
Isoleucine	29,2	3,3	33	24	17	1,5	22,4	5,3	25	20	16	1,7
Leucine	31,2	3,5	35	25	17	1,4	25,1	5,4	28	22	17	1,6
Lysine	38,3	3,7	44	31	20	1,7	30,5	6,0	34	27	21	2,3
Histidine	36,2	3,0	42	28	17	2,4	28,4	3,4	32	25	20	2,1
Phenylalanine	34,5	4,4	40	27	18	1,5	27,8	7,1	33	22	16	1,3
Tyrosine	22,8	4,0	26	18	12	1,2	17,6	4,9	22	13	11	1,2
Arginine	93,8	9,3	109	72	44	3,6	85,7	17,6	99	72	49	6,5
Asparaginezuur	50,6	4,8	57	41	27	2,2	44,6	9,8	50	39	29	3,2
Serine	34,6	3,7	40	27	17	1,5	30,8	7,1	35	26	18	2,5
Glutaminezuur	29,2	3,5	34	23	15	1,1	25,0	5,7	28	21	15	1,8
Glycine	311,1	22,8	367	232	134	9,4	324,7	51,0	389	257	153	26,0
Alanine	110,2	10,7	127	87	54	4,1	100,1	18,6	116	83	54	7,3
Proline	36,4	3,3	43	27	16	1,4	33,5	5,7	39	27	17	2,9

[1]Geschat als aminozuuropname - gemeten N uitscheiding * ileale aminozuur uitscheiding per gram N uitscheiding (Tolman en Beelen, 1996; zie tekst);
[2]Bruto efficientie is berekend als (aminozuur aanzet)/(schijnbaar ileaal verteerbare aminozuuropname). De effecten van zowel eiwitvrije energie-opname als verteerbare N-opname waren voor vrijwel alle aminozuren in beide experimenten significant (P<0,01). De volledige gegevens van de behandelingseffecten zijn weergegeven in Bijlage 6. Om een indicatie te geven van de grootte van de effecten zijn de volgende gegevens hier weergegeven: gemiddelde = overall gemiddelde bruto efficientie experiment; verschil HE-LE = verschil in efficiëntie tussen hoog- en laag eiwitvrij energie-opnameniveau; eff. bij 45 g N = efficientie bij verteerbare N opname van 45 g/d; eff. bij 90 g N = efficientie bij verteerbare N opname van 90 g/d.
[3] Marginale efficiëntie is berekend als (extra aminozuuraanzet/extra opname aan schijnbaar ileaal verteerbare aminozuuropname.
[4] SEM= standard error of the mean;

voorbeeld uitgewerkt voor threonine (Exp. 1, hoog energienivo) in figuur 1. De bruto aanzetefficiëntie van threonine neemt af met toenemende eiwitopname (figuur 1a). Om een illustratie te geven van de grootte van dit effect, is de efficiëntie niet alleen bij de gemiddelde N-opname, maar ook bij 45 en 90 gram verteerbare N opname weergegeven in tabel 8 (zie ook figuur 1a). De gerealiseerde groeisnelheden bij deze verteerbare N opnames waren respektievelijk 1000 en 1370 g/d in Exp. 1 en 890 en 1320 g/d in Exp. 2 (Gerrits e.a., 1994a,b).

De marginale aanzetefficiëntie van threonine is weergegeven als de hellingshoek van de geschatte rechte lijn in figuur 1b. Extrapolatie van deze lijn naar een threonine opname van 0 g/d (— — —, figuur 1b) levert een positief snijpunt met de y-as op. Theoretisch, echter, moet de lijn dicht bij de oorsprong af buigen (— – – —, figuur 1b) en een negatief snijpunt met de Y-as hebben. De waarde van dit negatieve snijpunt zou een maat zijn voor de onderhoudsbehoefte van het betreffende aminozuur. Op basis van deze experimentele gegevens (geen waarnemingen dicht bij 0) is een dergelijke curve echter niet te schatten. Er zijn ook conceptuele problemen met het begrip "eiwit voor onderhoud" (zie bijvoorbeeld Millward e.a., 1990). De rechte lijn mag dus niet geëxtrapoleerd worden buiten de gemeten range. Deze range is echter vrij groot, en binnen deze range zijn er geen aanwijzingen dat het verband beter met een kromme kan worden beschreven.

De bruto efficiëntie nam voor vrijwel alle aminozuren (niet voor cystine, Exp. 1 en tryptofaan, Exp. 2) sterk af bij toenemende eiwitopname.Verder was de bruto efficiëntie in beide experimenten voor alle aminozuren hoger bij het hoog energieniveau (met uitzondering van cystine, histidine en tryptofaan in Exp. 1). Het verschil in efficiëntie tussen de energieniveau's is weergegeven in tabel 8. Het effect van eiwit- en energie-opname op de bruto efficiënties is meer gedetailleerd weergegeven in bijlage 5.

3.4.2 Essentiële aminozuren

Threonine heeft van alle essentiële aminozuren de hoogste gemiddelde bruto efficiëntie: 40% (Exp. 1). Lysine is een goede tweede met 38% (Exp. 1). Zelfs bij een lage eiwitopname (45 g verteerbaar N/d) is de bruto efficiëntie voor geen enkel essentieel aminozuur hoger dan 50%. De marginale efficiëntie bij de essentiële aminozuren is het hoogste bij threonine en lysine (20-22% in beide experimenten). Dit is extreem laag in vergelijking met andere diersoorten. Bij jonge varkens gevonden waarden voor lysine variëren van 74% (Bikker e.a., 1994b) tot 85% (Batterham e.a., 1990). De in deze experimenten verkregen waarden zijn niet direct vergelijkbaar met de bij varkens verkregen waarden. De marginale efficiëntie hangt ondermeer af van de mate waarin een aminozuur limiterend is en de range waarin gemeten is. Bij bovengenoemde experimenten met varkens was lysine sterk limiterend, hetgeen in deze experimenten duidelijk niet het geval was. Verder is het waarschijnlijk dat de marginale efficiëntie toeneemt naar mate eiwit sterker beperkend wordt. Verder speelt ook de leeftijd (of gewicht) van de kalveren een rol. Tolman e.a. (1994) vonden bijvoorbeeld marginale eiwitefficiëntie van 69% in een experiment waarin het laagste eiwitopnameniveau lager lag dan in Exp. 1: duidelijk hoger dan in deze experimenten. Bovendien waren de door Tolman

gebruikte kalveren lichter dan in deze experimenten: 70 kg. Donelly and Hutton (1976) vonden een marginale eiwitaanzet efficiëntie van 45% bij zwartbont vleeskalveren tussen 40 en 70 kg. Toch komt dit leeftijdseffect niet duidelijk naar voren in tabel 8: de marginale efficiënties in Exp. 2 zijn zeker zo hoog als die in Exp. 1. Dit kan echter ook worden veroorzaakt verschillen in de gemeten range: de gemiddelde N-opname per $kg^{0,75}$ was in Exp. 2 lager dan in Exp. 1.

3.4.3 Semi-essentiële aminozuren

Van de semi-essentiële aminozuren wordt arginine het meest efficiënt benut (± 90%). Van arginine wordt vaak aangenomen dat de synthesecapaciteit van het lichaam niet voldoende is om alle arginine zelf aan te maken, maar dat minimaal ongeveer 40% van de aangezette arginine uit voereiwit afkomstig moet zijn (gesuggereerd door Fuller, 1994). Op grond van deze aanname lijkt het onwaarschijnlijk dat een tekort aan arginine een belangrijke beperkende faktor is geweest: het aanbod aan arginine was in vrijwel alle gevallen hoger dan de aanzet.

Ook de benutting van cystine (± 50%) is hoger dan die van alle essentiële aminozuren. Aangezien cystine uit methionine gevormd kan worden is het moeilijk te zeggen of dit een probleem kan zijn geweest. De efficiëntie van benutting van methionine was gemiddeld lager dan 30%, hetgeen betekent dat òf methionine niet beperkend geweest is, òf dat er veel methionine gebruikt is om cystine van te maken. Als het verlies aan cystine tijdens het autoclaveren van de restfractie hoger zijn dan hier wordt verondersteld, leidt dit tot een hogere efficiëntie van het gebruik van cystine. Als aangenomen wordt dat de autoclaveer-verliezen van cystine geen 15, maar 50% waren (het cystinegehalte in de restfractie wordt dan vergelijkbaar met dat van Williams, 1978) dan is de gemiddelde benuttingsefficiëntie van cystine 57% in Exp. 1 en 70% in Exp. 2. De marginale efficiënties in deze experimenten worden dan respektievelijk 63 en 57%. De cystine-opname nam minder toe met toenemende eiwitopname dan de andere aminozuren. Dit werd veroorzaakt door een stijgend aandeel caseine-eiwit bij stijgende eiwitopname (zie paragraaf 3.2). De efficiëntie waarmee cystine benut werd nam niet af met toenemende eiwitopname, hetgeen (deels) hierdoor kan zijn veroorzaakt. Het kan een indicatie kan zijn dat cystine een beperkende faktor geweest is.

3.4.4 Niet essentiële aminozuren

De gemiddelde benutting van alanine en glycine is groter dan 100%. Dit betekent, dat er, vooral van glycine, een aanzienlijke hoeveelheid in het lichaam wordt aangemaakt uit andere aminozuren: er wordt ruim 3 keer zoveel glycine in lichaamsweefsel aangezet dan er met het voer wordt opgenomen. Daarnaast is glycine één van de aminozuren waarvan een groot aantal andere funkties bekend is: glycine wordt bijvoorbeeld gebruikt als methyldonor en voor de synthese van celkernmateriaal, galzuren, hemoglobine en glutathione (Reeds en Mersmann, 1991). Deze hoge efficiëntie wordt natuurlijk mede veroorzaakt door het lage glycine gehalte in melkeiwitten. Andere eiwitbronnen bevatten meer glycine dan melkeiwit: soja (1,5-2 keer zoveel), aardappeleiwit (±2,5 keer zoveel) (Patureau-Mirand, e.a. 1977) en tarwe eiwit (2-3 keer zoveel). Het is zinvol om na te gaan uit welke aminozuren deze niet-essentiële gesynthetiseerd kunnen worden en wat de (ook energetische) consequenties daarvan zijn.

CONCLUDERENDE OPMERKINGEN

Dit rapport bevat de resultaten van aminozuuranalyses van hele kalveren en van individuele fracties: karkas, organen, rest (=huid, kop, poten en staart), het maagdarmpakket en de lever. Ook worden aminozuurprofielen gegeven van het aangezette eiwit. Deze resultaten kunnen worden gebruikt om het aminozuurpatroon van het aan vleeskalveren te verstrekken eiwit op te baseren. De aminozuurprofielen van de individuele fracties/weefsels kunnen worden gebruik om het effect van een hogere turnoversnelheid van specifieke weefsels op de aminozuurbehoefte te verrekenen. Deze resultaten kunnen ook worden verwerkt in het groeisimulatiemodel (Gerrits e.a., 1996), hetgeen de voorspelling van aminozuurbehoeftes zal verbeteren. Gezien de verschillen tussen de voor het model gebruikte en de hier gepresenteerde aminozuurprofielen, zullen de veranderingen in deze voorspellingen echter niet erg groot zijn.

Uit de resultaten van de aminozuuranalyses kan het volgende worden geconcludeerd:

Er bestaan aanzienlijke verschillen in aminozuursamenstelling van de geanalyseerde fracties: de resfractie heeft de meest afwijkende samenstelling, met veel glycine, proline en arginine, en in het algemeen lage gehaltes aan essentiële aminozuren. Dit houdt verband met het hoge aandeel collageeneiwit in deze fractie. Orgaaneiwit is rijk aan cystine, valine, leucine, phenylalanine en tryptofaan en bevat weinig glycine. Het aminozuurprofiel van het maagdarmpakket lijkt erg op dat van karkaseiwit (met uitzondering van cystine). Het aminozuurprofiel van hele kalveren wordt gedomineerd door dat van karkaseiwit, omdat het gemiddeld 65% van het lichaams-N bevat. Verder lijkt de verhouding essentiële/niet essentiële aminozuren iets af te nemen met toenemend gewicht (statistisch niet te testen).

De aminozuursamenstelling van het aangezette lichaamseiwit wordt beïnvloed door eiwit- en energie-opname. Dit wordt deels veroorzaakt door een verschuiving in de verhouding tussen de verschillende fracties, maar ook door verschuivingen in de verhouding van weefsels binnen een fractie (bijvoorbeeld een stijgende spier-bot verhouding in de karkasfractie met toenemende eiwitopname). De belangrijkste verschuivingen hebben te maken met een afname aan collageen-eiwit (rijk aan glycine, proline) en een toename aan weefsels die rijker zijn aan essentiële aminozuren (o.a. spierweefsel) bij toenemende nutriëntopname.

De benutting van ileaal verteerde aminozuren bij met melkeiwitten gevoerde vleeskalveren is, zelfs bij lage eiwitopnames, voor geen enkel essentieel aminozuur hoger dan 50%. Threonine en lysine hebben gemiddeld de hoogste benutting: ongeveer 40%. Op grond van deze resultaten is het onwaarschijnlijk dat één van de essentiële aminozuren een belangrijke beperkende faktor is geweest tijdens deze experimenten. Een mogelijke uitzondering is (het semi-essentiële) cystine. Gezien de lage efficiëntie waarmee de essentiële aminozuren worden gebruikt is het belangrijk te onderzoeken waar het grootste deel van deze aminozuren wél voor worden gebruikt, bijvoorbeeld gluconeogenese of ATP produktie. Daarnaast kunnen essentiële aminozuren nodig zijn voor de synthese van niet essentiële aminozuren. Niet essentiële aminozuren hebben vaak belangrijke funkties in het lichaam, en

de hoeveelheid die wordt aangezet is slechts een deel van wat er in het groeitraject nodig is. De efficiënties waarmee opgenomen niet essentiële aminozuren in het lichaam worden aangezet zegt dan ook niet veel over de werkelijk benodigde hoeveelheid. Wel geeft het bij glycine en alanine een indicatie dat er een grote hoeveelheid moet worden gesynthetiseerd. Ook van andere niet essentiële aminozuren (bijvoorbeeld glutaminezuur) is bekend dat er in bepaalde weefsels (maagdarmkanaal) behoorlijke hoeveelheden worden verbruikt.

LITERATUURLIJST

Batterham, E.S., L.M. Andersen, D.R. Baignent en E. White. 1990. Utilization of ileal digestible amino acids by growing pigs: effect of dietary lysine concentration on efficiency of lysine retention. Br. J. Nutr. 64: 81-94.

Bikker, P., V. Karabinas, M.W.A. Verstegen and R.G. Campbell. 1995. Protein and lipid accretion in body components of growing gilts (20-45 kg) as affected by energy intake. J. Anim. Sci 73: 2355-2363.

Bikker, P., M.W.A. Verstegen en M.W. Bosch. 1994a. Amino acid composition of growing pigs is affected by protein and energy intake. Journal of Nutrition 124: 1961-1969.

Bikker, P., M.W.A. Verstegen, .G. Campbell and B. Kemp. 1994b. Digestible lysine requirement of gilts with high genetic potential for lean gain, in relation to the level of energy intake. J. Anim. Sci 72: 1744-1753.

Fuller, M.F. 1994. Amino acid requirements for maintenance, body protein accretion and reproduction in pigs. In: Amino Acids in Farm Animal Nutrition (D'Mello, J.P.F., ed.), pp. 155-184, CAB International, Oxon, UK.

Gerrits, W.J.J., M.W. Bosch, S. Tamminga, G.H. Tolman, J.W. Schrama en M.W.A. Verstegen. 1994a. Relatie tussen eiwit- en energie-opname en eiwit- en vetaanzet bij vleeskalveren van 160-240 kg. Rapport van de Vakgroep Veevoeding van de Landbouwuniversiteit Wageningen en TNO afdeling ILOB voor het Produktschap voor Veevoeder, 49 pp.

Gerrits, W.J.J., M.W. Bosch, S. Tamminga, G.H. Tolman, J.W. Schrama en M.W.A. Verstegen. 1994b. Relatie tussen eiwit- en energie-opname en eiwit- en vetaanzet bij vleeskalveren van 80-160 kg. Rapport van de Vakgroep Veevoeding van de Landbouwuniversiteit Wageningen en TNO afdeling ILOB voor het Produktschap voor Veevoeder, 47 pp.

Gerrits, W.J.J. 1996. Modelling the growth of preruminant calves. Proefschrift Landbouwuniversiteit Wageningen, 195 pp.

Gerrits, W.J.J., J. Dijkstra, J. France, S. Tamminga, G.H. Tolman, M.W.A. Verstegen, M.W. Bosch en J.W. Schrama. 1996. SIMON (Simulating Metabolism of nutrients in preruminants) -een groeisimulatiemodel voor vleeskalveren van 80-240 kg-. Rapport van de Vakgroep Veevoeding van de Landbouwuniversiteit Wageningen en TNO afdeling ILOB voor het Produktschap voor Veevoeder, 44 pp.

ISO 1979. Animal Feeding Stuffs. Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content. ISO 5983. International Organization for Standardization.

ISO 1983. Animal Feeding Stuffs. Determination of moisture content. ISO 6496. International Organization for Standardization.

ISO 1985. Animal Feeding Stuffs. Determination of fat by extraction. ISO 6492. International Organization for Standardization.

MacRae, J.C., A. Walker, D. Brown and G.E. Lobley. 1993. Accretion of total protein and individual amino acids by organs and tissues of growing lambs and the ability of nitrogen balance techniques to quantitate protein retention. Animal Production 57:237-245.

Mello, F.C. Jr., R.A. Field en Y.O. Chang. 1975. Amino acid profile of bovine bone during

growth. Growth 39: 241-249.

Millward, D.J., G.M. Price, P.J.H. Pacy en D. Halliday. 1990. Maintenance protein requirements: he need for conceptual re-evaluation. Proc. Nutr. Soc. 49: 473-487.

Moore, S. 1963. On the determination cystin as cysteic acid. J. Biol. Chem. 238:235-237.

Nguyen, Q. and C.G. Zarkadas. 1989. Comparison of the amino acid composition and connective tissue protein contents of selected bovine skeletal muscles. J. Agric. Food Chem. 37: 1279-1286.

Papadopoulos, M.C. 1984. Feather meal: Evaluation of the effect of processing conditions by chemical and chick assays. Proefschrift Landbouwhogeschool Wageningen, 139 pp.

Patureau-Mirand, P., R. Toullec, P. Guilloteau en R. Pion. 1977. Influence de la nature des protéines alimentaires sur la composition en acides aminés des fèces du veau préruminant. Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys. 17 (1): 71-83.

Rafecas, I., M. Esteve, J.A. Fernández-López, X. Remesar en M. Alemany. 1994. Whole-rat protein content estimation: applicability of the Nx6.25 factor. Br. J. Nutr. 72: 199-209.

Reeds, P.J. en H.J. Mersmann. 1991. Protein and energy requirements of animals treated with β-adrenergic agonists: a discussion. J. Anim. Sci. 69: 1532-1550.

Slump, P., T.D. Flissebaalje en I.K. Haaksman. 1991. Tryptophan in food proteins: A comparison of two hydrolytic procedures. J. Sci. Food Agric. 55:493-496.

Simon, O. 1989. Metabolism of proteins and amino acids. In: Protein Metabolism in Farm Animals: evaluation, digestion, absorption and metabolism, H.D. Bock, B.O. Eggum, A.G. Low, O. Simon and T. Zebrowska, Oxford University Press, pp. 273-366.

Tolman, G.H. 1992. De aminozuursamenstelling van kalfsvlees, kalfsdelen en het gehele kalf. TNO afdeling ILOB, rapport voor het Produktschap voor Veevoeder, nr I 92-3793, 15 pp.

Tolman, G.H. en G.M. Beelen. 1994. Het effekt van eiwitgehalte van het rantsoen en eiwitsoort op de ileale verteerbaarheid en endogeen eiwitsecretie bij kalveren. TNO afdeling ILOB, rapport voor het Produktschap voor Veevoeder, nr. I94-3883, 57 pp.

Tolman, G.H. en G.M. Beelen. 1996. Endogenous nitrogen and amino acid flow in the terminal ileum of veal calves and the true ileal digestibility of skim milk, soluble wheat and soya isolate proteins. In: Veal, Perspectives to the year 2000, Proceedings of an International Symposium, 12-13 Sept, 1995, Le Mans, France, pp. 191-207.

Walstra, P. en R. Jenness. 1984. Dairy Chemistry and Physics. Wiley & Sons, Inc., New York, NY, p. 402

Wünsche, J., E. Borgmann, U. Hennig, F. Kreienbring, en H.D. Bock. 1983. Einfluß einer abgestuften Proteinversorgung bei hohem energieniveau auf die mastleitung sowie den Ansatz und die Verwertung von Futterenergie, Futterenergie, Protein und Aminosäuren durch weibliche Mastschweine. Arch. Tierernährung., Berlin 33(4/5): 389-413.

Bijlage 1. Gemiddelde aminozuursamenstelling van de kalveren (exclusief maagdarminhoud) van experiment 1 en 2, uitgedrukt in g watervrij aminozuur/kg kalf; in g watervrij aminozuur/160 g N en in g watervrij aminozuur/kg watervrije aminozuren.

		g watervrij aminozuur/kg kalf			g watervrij aminozuur/160 g N			g watervrij aminozuur/kg watervrije AZ		
Aminozuur	faktor[1]	80 kg[2]	160 kg[3]	240 kg[4]	80 kg[2]	160 kg[3]	240 kg[4]	80 kg[2]	160 kg[3]	240 kg[4]
Threonine	1,18	6,5	6,1	6,0	34	33	32	41	40	40
Tryptofaan	1,10	1,4	1,3	1,2	7	7	6	9	8	8
Methionine	1,14	3,2	2,8	2,8	17	15	15	20	18	18
Cystine	1,18	1,8	1,5	1,5	10	8	8	12	10	10
Valine	1,18	7,9	7,6	7,4	41	40	39	50	49	48
Isoleucine	1,16	5,9	5,7	5,5	31	31	29	37	37	36
Leucine	1,16	11,4	10,8	10,5	60	58	56	72	71	69
Lysine	1,14	11,2	10,8	10,5	59	57	56	71	70	69
Histidine	1,13	5,0	4,7	4,6	26	25	24	31	30	30
Phenylalanine	1,12	6,3	5,8	5,7	33	31	30	40	38	37
Tyrosine	1,11	4,8	4,4	4,3	25	24	23	30	29	28
Arginine	1,12	11,7	11,4	11,4	61	61	61	73	74	75
Asparaginezuur	1,16	13,9	13,3	13,2	73	71	70	88	87	87
Serine	1,21	7,0	6,8	6,8	37	36	36	44	45	45
Glutaminezuur	1,14	21,9	21,0	20,7	114	112	111	138	137	136
Glycine	1,32	16,1	16,5	17,0	84	88	91	102	107	112
Alanine	1,25	11,1	11,0	11,0	58	59	59	70	72	73
Proline	1,19	11,5	11,8	12,0	60	63	64	72	77	79
essentieel/niet ess.		0,95	0,91	0,88	0,95	0,91	0,88	0,95	0,91	0,88

[1]faktor waarmee de gehaltes aan watervrije aminozuren kunnen worden vermenigvuldigd om de gehaltes van (waterhoudende) aminozuren te verkrijgen.
[2]analyse van de initiële slachtgroep van experiment 1, Analyse van één gepooled monster van 8 kalveren (zie Tabel 1);
[3]gemiddelde van alle dieren van 160 kg van experiment 1;
[4]gemiddelde van alle dieren van 240 kg van experiment 2;

Bijlage 2. Gemiddelde verdeling aminozuren over de geanalyseerde fracties, uitgedrukt als % van de hoeveelheid van het betreffende aminozuur in het lichaam.

	% in karkas			% in organen			% in rest (huid, kop, poten, staart)			% in maagdarmpakket[1]			% in lever[1]		
Aminozuur	80 kg	160 kg	240 kg	80 kg	160 kg	240 kg	80 kg	160 kg	240 kg	80 kg	160 kg	240 kg	80 kg	160 kg	240 kg
Threonine	68,0	68,2	67,0	14,8	14,3	13,9	17,2	17,5	19,1	3,7	3,5	3,0	2,1	2,1	1,9
Tryptofaan	71,2	72,7	73,6	18,7	17,7	16,7	10,1	9,6	9,7	4,0	3,5	3,1	3,1	3,2	2,8
Methionine	76,8	74,3	74,3	11,6	12,5	11,8	11,6	13,2	13,9	3,4	3,7	3,2	2,2	2,2	2,0
Cystine	62,8	59,3	57,3	16,0	19,5	18,0	21,2	21,2	24,7	4,1	4,9	3,9	3,4	4,2	4,0
Valine	65,7	66,4	65,3	18,0	16,7	16,6	16,3	17,0	18,1	3,5	3,2	2,8	2,3	2,3	2,0
Isoleucine	74,4	74,2	73,6	11,0	10,5	9,9	14,6	15,3	16,5	3,7	3,3	2,9	2,3	2,2	1,9
Leucine	66,4	67,2	66,3	17,9	16,4	16,3	15,7	16,4	17,4	3,6	3,3	2,9	2,3	2,2	2,0
Lysine	70,6	70,5	70,0	14,5	13,1	12,8	14,8	16,3	17,2	3,4	3,2	2,8	1,9	1,7	1,7
Histidine	68,6	69,6	68,9	19,6	17,4	17,6	11,8	12,9	13,5	3,0	2,8	2,4	2,0	2,0	1,7
Phenylalanine	65,5	66,3	65,4	18,4	16,6	16,6	16,2	17,1	18,0	3,7	3,4	3,0	2,4	2,4	2,2
Tyrosine	68,9	69,6	68,9	15,0	13,9	13,6	16,1	16,5	17,6	4,0	3,8	3,3	2,4	2,4	2,2
Arginine	66,2	64,7	63,3	10,3	9,9	9,3	23,5	25,5	27,4	3,5	3,3	2,8	1,5	1,5	1,3
Asparaginezuur	67,0	66,7	65,7	14,4	13,4	13,2	18,6	19,9	21,1	3,6	3,3	2,9	2,0	2,0	1,7
Serine	61,2	61,7	60,1	15,3	14,1	13,9	23,5	24,2	26,0	3,9	3,6	3,2	2,0	2,1	1,8
Glutaminezuur	69,7	69,2	68,2	11,6	10,9	10,5	18,7	19,9	21,3	3,5	3,3	2,9	1,8	1,7	1,6
Glycine	57,7	54,8	53,3	8,8	8,0	7,9	33,5	37,2	38,8	3,1	2,9	2,5	1,0	1,0	0,8
Alanine	62,9	62,1	60,4	13,1	11,9	11,7	24,0	26,0	27,9	3,2	2,9	2,6	1,5	1,4	1,3
Proline	58,6	57,0	55,0	10,2	8,9	8,8	31,2	34,1	36,2	3,2	2,8	2,5	1,2	1,1	1,0

[1] Maagdarmpakket en lever maken ook deel uit van het orgaanpakket. De karkas-, orgaan- en restfractie vormen samen het leeggewicht van het kalf.

Bijlage 3. Het aminozuurpatroon (in g watervrij aminozuur/kg watervrije aminozuren) van het maagdarmeiwit van de initiële slachtgroepen en het effect van verteerbare N-opname en eiwitvrije energie-opname op het aminozuurpatroon van **MAAGDARMEIWIT** van kalveren op slachtgewicht in experiment 1 en 2.

	Experiment 1 (80-160 kg LG)								Experiment 2 (160-240 kg LG)							
		energie effect[2]				eiwit effect[3]				energie effect[2]				eiwit effect[3]		
Aminozuur	init[4]	LE	P	HE	SEM	regr.	SEM	P	init[4]	LE	P	HE	SEM	regr.	SEM	P
Threonine	43,6	42,7	*	43,9	0,32	-0,005	0,0117	NS	43,7	41,6	**	42,8	0,22	0,019	0,0065	*
Tryptofaan	9,9	8,8	NS	9,1	0,11	0,006	0,0040	NS	9,1	8,4	NS	8,7	0,13	0,000	0,0038	NS
Methionine	19,9	20,2	NS	21,3	0,41	0,003	0,0154	NS	21,0	20,7	NS	20,9	0,52	0,018	0,0153	NS
Cystine	13,7	14,0	*	15,1	0,31	0,010	0,0114	NS	14,5	13,7	NS	13,8	0,15	0,005	0,0044	NS
Valine	50,3	48,5	*	49,8	0,31	-0,002	0,0116	NS	50,5	48,1	NS	48,7	0,17	0,028	0,0049	**
Isoleucine	39,3	38,2	*	39,0	0,19	0,006	0,0072	NS	39,2	37,0	**	38,0	0,16	0,006	0,0047	NS
Leucine	74,4	72,0	NS	73,0	0,45	-0,002	0,0169	NS	73,8	70,2	*	72,0	0,38	0,018	0,0112	NS
Lysine	70,2	69,3	NS	70,6	0,50	0,007	0,0186	NS	70,5	67,0	**	68,8	0,33	-0,006	0,0098	NS
Histidine	27,2	25,5	**	26,2	0,14	0,006	0,0051	NS	26,0	25,0	NS	25,9	0,27	0,010	0,0079	NS
Phenylalanine	42,2	39,9	*	40,8	0,20	0,001	0,0076	NS	41,5	39,5	*	40,8	0,26	0,010	0,0075	NS
Tyrosine	35,3	33,3	**	34,1	0,17	0,008	0,0064	NS	34,5	31,8	**	33,3	0,23	0,018	0,0068	*
Arginine	73,6	76,5	NS	75,4	0,47	-0,005	0,0176	NS	73,2	74,9	NS	74,5	0,39	-0,041	0,0114	**
Asparaginezuur	90,0	89,8	NS	90,5	0,27	-0,019	0,0100	NS	90,3	89,5	NS	89,8	0,38	0,030	0,0111	*
Serine	50,1	49,6	NS	49,9	0,18	-0,010	0,0069	NS	49,7	49,5	NS	49,9	0,15	0,012	0,0043	*
Glutaminezuur	139,5	139,7	NS	140,6	0,33	-0,019	0,0122	NS	140,7	138,7	*	140,0	0,36	0,009	0,0106	NS
Glycine	90,9	98,9	*	91,7	1,64	0,022	0,0609	NS	92,9	104,2	*	97,1	1,20	-0,066	0,0349	NS
Alanine	63,6	64,8	NS	63,4	0,48	-0,019	0,0177	NS	63,1	67,9	*	66,0	0,27	-0,021	0,0079	*
Proline	66,2	68,5	*	65,5	0,73	0,013	0,0275	NS	65,9	72,1	**	68,9	0,48	-0,047	0,0140	**
essentieel/niet ess.	1,00	0,96	*	0,99	0,009	0,0001	0,00035	NS	0,99	0,92	**	0,95	0,006	0,0003	0,00017	NS
totaal aminozuren (g)	415	726	NS	747	19,1	0,194	0,7102	NS	764	990	NS	914	34,4	1,101	1,0058	NS
totaal Kjeldahl N (g)	82	131	**	145	2,8	-0,126	0,1043	NS	146	189	NS	185	3,6	0,269	0,1040	*
aminozuur-N/totaal N					0,90								0,88			

[1]Interaktie tussen eiwit en eiwitvrije energie-opname was alleen aanwezig (P<0,05) voor cys en thr (Exp. 2) en is niet in de tabel weergegeven.
[2]Effect van eiwitvrije energie-opnameniveau; LE = laag en HE = hoog energie-opnameniveau; Getallen in deze kolommen zijn de aminozuurgehaltes voor het betreffende eiwitvrije energie-opnameniveau, bij de gemiddelde verteerbare N-opname (respektievelijk 63,7 en 66,7 g/d in Exp. 1 en 2); P = overschrijdingskans voor test of LE = HE: NS = niet significant (P≥0,05); * = P<0,05;** = P<0,01; SEM = standard error of the mean.
[3]Effect van verteerbare N opname, gemiddeld over eiwitvrije energie-opnameniveau's; regr. = regressie-coëfficient. Deze geeft de verandering van het aminozuurgehalte weer per gram toename in verteerbare N opname. SEM = standard error of the mean; P = overschrijdingskans voor test of regressiecoëfficient = 0
[4]Aminozuursamenstelling van de initiële slachtgroep, respektievelijk 80 en 160 kg in Exp. 1 en 2.

Bijlage 4. Het aminozuurpatroon (in g watervrij aminozuur/kg watervrije aminozuren) van het levereiwit van de initiële slachtgroepen en het effect van verteerbare N-opname en eiwitvrije energie-opname op het aminozuurpatroon van **LEVEREIWIT** van kalveren op slachtgewicht in experiment 1 en 2.

	Experiment 1 (80-160 kg LG)								Experiment 2 (160-240 kg LG)							
		energie effect[2]				eiwit effect[3]				energie effect[2]				eiwit effect[3]		
Aminozuur	init[4]	LE	P	HE	SEM	regr.	SEM	P	init[4]	LE	P	HE	SEM	regr.	SEM	P
Threonine	46,8	47,2	NS	47,4	0,24	0,023	0,0091	*	46,6	46,8	NS	47,0	0,16	0,012	0,0047	*
Tryptofaan	14,6	14,9	NS	14,8	0,21	0,025	0,0079	*	13,5	14,0	NS	14,0	0,19	0,022	0,0056	**
Methionine	23,4	22,8	NS	21,9	0,26	0,022	0,0098	NS	23,2	22,8	NS	23,4	0,41	0,051	0,0120	**
Cystine	21,0	22,0	NS	22,6	0,72	-0,142	0,0269	***	27,6	25,5	NS	25,5	0,62	-0,013	0,0180	NS
Valine	62,5	62,2	NS	62,7	0,47	0,049	0,0175	*	61,1	60,4	NS	59,5	0,47	0,008	0,0139	NS
Isoleucine	45,5	45,8	NS	46,3	0,42	0,065	0,0159	**	45,6	44,8	NS	44,4	0,26	0,028	0,0075	**
Leucine	88,7	87,0	NS	87,1	0,51	0,104	0,0189	***	85,4	84,7	NS	85,4	0,59	0,053	0,0172	*
Lysine	73,2	72,4	***	64,8	0,42	-0,007	0,0155	NS	74,8	72,5	*	73,5	0,27	-0,020	0,0079	*
Histidine	33,7	33,2	NS	34,1	0,62	-0,027	0,0232	NS	32,9	32,8	NS	33,1	0,46	0,007	0,0134	NS
Phenylalanine	52,1	51,1	*	52,4	0,32	0,045	0,0119	**	50,3	50,7	NS	50,6	0,52	0,026	0,0153	NS
Tyrosine	39,0	39,0	NS	39,5	0,28	0,036	0,0105	**	37,3	38,5	NS	38,9	0,28	0,012	0,0081	NS
Arginine	61,1	60,7	NS	61,0	0,35	0,012	0,0129	NS	60,5	61,2	NS	61,1	0,30	0,0125	0,0088	NS
Asparaginezuur	94,9	95,7	NS	96,4	0,30	0,038	0,0112	**	94,2	95,3	NS	94,8	0,25	0,031	0,0073	**
Serine	48,9	51,6	NS	51,3	0,34	-0,028	0,0126	NS	51,5	52,2	NS	52,7	0,43	-0,022	0,0125	NS
Glutaminezuur	132,0	131,6	**	133,4	0,26	-0,039	0,0097	**	132,2	134,3	NS	134,3	0,88	-0,035	0,0257	NS
Glycine	57,2	56,8	NS	57,4	0,58	-0,102	0,0218	**	56,7	57,6	NS	56,5	0,62	-0,092	0,0181	***
Alanine	57,3	57,5	NS	58,3	0,23	-0,054	0,0085	***	57,7	57,8	NS	57,3	0,24	-0,032	0,0071	**
Proline	48,3	48,4	NS	48,7	0,33	-0,0205	0,0123	NS	48,7	48,2	NS	47,8	0,34	-0,050	0,0100	***
essentieel/niet ess.	1,28	1,26	NS	1,25	0,006	0,001	0,0002	**	1,27	1,25	NS	1,25	0,009	0,001	0,0002	**
totaal aminozuren (g)	222	393	*	423	6,8	1,52	0,254	***	416	526	NS	529	5,6	2,92	0,163	***
totaal Kjeldahl N (g)	41	74	**	82	1,41	0,284	0,0525	***	76	99	NS	99	1,1	0,517	0,0319	***
aminozuur-N/totaal N					0,86								0,87			

[1]Interaktie tussen eiwit en eiwitvrije energie-opname was alleen aanwezig (P<0,05) voor cys, thr, ser, ile, lys (Exp. 1) en ile en lys (Exp. 2) en is niet in de tabel weergegeven.
[2]Effect van eiwitvrije energie-opnameniveau; LE = laag en HE = hoog energie-opnameniveau; Getallen in deze kolommen zijn de aminozuurgehaltes voor het betreffende eiwitvrije energie-opnameniveau, bij de gemiddelde verteerbare N-opname (respektievelijk 63,7 en 66,7 g/d in Exp. 1 en 2); P = overschrijdingskans voor test of LE = HE: NS = niet significant (P≥0,05); * = P<0,05;** = P<0,01; SEM = standard error of the mean.
[3]Effect van verteerbare N opname, gemiddeld over eiwitvrije energie-opnameniveau's; regr. = regressie-coëfficient. Deze geeft de verandering van het aminozuurgehalte weer per gram toename in verteerbare N opname. SEM = standard error of the mean; P = overschrijdingskans voor test of regressiecoëfficient = 0
[4]Aminozuursamenstelling van de initiële slachtgroep, respektievelijk 80 en 160 kg in Exp. 1 en 2.

Bijlage 5. Het effect van eiwitvrije energie-opname en verteerbare N-opname op de efficiëntie waarmee kalveren in experiment 1 en 2 schijnbaar ileaal verteerde aminozuren[1] in het lichaam vastleggen.

	Experiment 1 (80-160 kg LG)						Experiment 2 (160-240 kg LG)					
	energie effect				eiwit effect		energie effect				eiwit effect	
Aminozuur	LE[2]	HE[2]	SEM[3]	P[4]	regr.[5]	SEM[3]	LE[2]	HE[2]	SEM[3]	P[4]	regr.[5]	SEM[3]
Threonine	37,8	42,2	0,73	**	-0,308	0,025	30,6	38,8	0,77	***	-0,214	0,021
Tryptofaan	27,1	28,7	0,56	NS	-0,117	0,019	14,9	19,3	0,53	***	-0,028	0,018
Methionine	27,3	31,3	0,79	**	-0,258	0,032	22,5	30,2	0,94	***	-0,150	0,027
Cystine	48,8	50,6	2,35	NS	0,058	0,080	48,4	65,6	3,06	**	-0,103	0,084
Valine	30,9	34,8	0,65	**	-0,277	0,022	23,5	30,1	0,67	***	-0,168	0,018
Isoleucine	27,5	30,9	0,66	**	-0,188	0,024	19,8	25,1	0,58	***	-0,096	0,017
Leucine	29,5	33,0	0,58	**	-0,220	0,020	22,4	27,8	0,58	***	-0,133	0,016
Lysine	36,5	40,1	0,76	**	-0,288	0,026	27,5	33,5	0,96	**	-0,149	0,026
Histidine	34,7	37,7	0,96	NS	-0,303	0,033	26,7	30,1	0,95	*	-0,151	0,037
Phenylalanine	32,3	36,7	0,68	**	-0,284	0,023	24,2	31,3	0,78	***	-0,230	0,023
Tyrosine	20,8	24,8	0,48	***	-0,181	0,019	15,2	20,1	0,52	***	-0,119	0,015
Arginine	89,1	98,4	1,77	**	-0,828	0,061	76,9	94,4	1,88	***	-0,588	0,051
Asparaginezuur	48,2	53,0	0,84	**	-0,365	0,028	39,7	49,5	1,12	***	-0,250	0,030
Serine	32,7	36,4	0,58	**	-0,293	0,020	27,3	34,3	0,67	***	-0,196	0,018
Glutaminezuur	27,5	31,0	0,56	**	-0,245	0,019	22,1	27,8	0,53	***	-0,155	0,014
Glycine	299,7	322,5	6,22	*	-3,000	0,239	299,1	350,2	8,14	**	-2,916	0,245
Alanine	104,9	115,6	1,90	**	-0,901	0,064	90,8	109,4	2,17	***	-0,726	0,058
Proline	34,7	38,0	0,96	*	-0,366	0,033	30,6	36,3	0,83	**	-0,265	0,024

[1]Geschat als aminozuuropname - gemeten N uitscheiding * ileale aminozuur uitscheiding per gram N uitscheiding (Tolman en Beelen, 1996; zie tekst);
[2]LE =laag en HE = hoog eiwitvrij energie-opnameniveau; Getallen in kolommen zijn de gemiddelde efficiënties voor het betreffende eiwitvrije energie-opnameniveau, gecorrigeerd voor eiwitopname-effecten en de interaktie;
[3] SEM= *standard error of the mean*;
[4] overschrijdingskans: NS = niet significant (P≥0,05); * = P<0,05; ** = P<0,01; *** = P<0,001;
[5] effect van verteerbare N-opname op de efficientie, De in de kolom weergegeven getallen zijn de over de eiwitvrije energie-opnameniveau's gemiddelde regressiecoëfficiënten, Ze geven de verandering weer in de efficientie per gram extra verteerbare N-opname, De interaktie (verschil tussen de regressiecoëfficiënten van beide eiwitvrije energie-opnameniveau's) was, behalve voor histidine in Experiment 2, nergens aanwezig (P>0,05). Het eiwit-effect op de efficiëntie was voor alle aminozuren met uitzondering van cystine (Exp. 1 en 2) en tryptofaan (Exp. 2) significant (P<0,001).