

Antinutritionele factoren en de darmverteerbaarheid van eiwit en aminozuren bij varkens

Praktische implementatie van de
resultaten van recent onderzoek

J. Huisman (TNO-ILOB)
A.J.M. Jansman (TNO-ILOB)
A.F.B. van der Poel (LUW)
M.C. Blok (CVB)

CVB-documentatierapport 21
april 1998

© **centraal veevoederbureau 1998**

Niets van deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze ook, tenzij dan na schriftelijke toestemming van het Centraal Veevoederbureau.

Deze uitgave is met zorg samengesteld; het Centraal Veevoederbureau kan echter op geen enkele wijze aansprakelijk worden gesteld voor de gevolgen van het gebruik van de gegevens uit deze publicatie.

VOORWOORD

In de achterliggende jaren is door het ILOB-TNO (Wageningen), in samenwerking met de vakgroep Veevoeding van de Landbouwuniversiteit (Wageningen) en de Vakgroep Veterinaire Pathologie van de Faculteit Diergeneeskunde (Rijksuniversiteit Utrecht), intensief onderzoek gedaan naar de negatieve effecten van Anti Nutritionele Factoren (ANF's) van vlinderbloemigen op de ileale vertering van eiwit bij varkens, met name bij jonge biggen.

Het Productschap Veevoeder heeft, via het Financieringsoverleg Mest- en Ammoniakonderzoek (FOMA), aanzienlijk bijgedragen aan de kosten van dit onderzoek.

Op verzoek van de Adviescommissie Veevoedkundig Onderzoek (AVO) van het Productschap hebben de onderzoeksinstellingen zich gebogen over de vraag hoe de resultaten van dit onderzoek in de praktijk zouden kunnen worden geïmplementeerd.

Aangezien het tot de taakstelling van het Centraal Veevoederbureau (CVB) behoort nieuwe veevoedkundige kennis in de praktijk te implementeren, werd ook het CVB hierbij betrokken.

Bij het vertalen van de resultaten van het ANF-onderzoek naar de praktische toepassing deden zich verschillende vraagpunten voor, die voor een belangrijk deel voortkwamen uit het feit dat het onderzoek enerzijds gericht was op de vraag hoe de negatieve effecten van ANF's op de eiwitvertering konden worden geëlimineerd, en anderzijds vooral ook verklarend van aard was.

Bij het praktisch toepasbaar maken van de resultaten ging het vooral om het ontwikkelen van rekenregels, waarmee het negatieve effect afhankelijk van het ANF-niveau kan worden ingeschat.

Het onderhavige rapport is besproken in zowel de AVO-werkgroep ANF, die gedurende een reeks van jaren heeft zorg gedragen voor de begeleiding van bovenbedoeld onderzoek, als de CVB-werkgroep Voeding Varkens.

Beide werkgroepen hebben hun goedkeuring aan dit rapport gegeven. Hoewel er bij bepaalde extrapolaties kanttekeningen geplaatst kunnen worden en nadere onderbouwing van de rekenregels in de toekomst wenselijk zou zijn, is de werkgroep Voeding Varkens van mening dat de voorgestelde rekenregels een verbetering inhouden ten opzichte van de huidige werkwijze waarbij met de variatie in het ANF-gehalte op de verteerbaarheid geen rekening wordt gehouden.

Namens het CVB zeg ik allen die hebben bijgedragen aan de totstandkoming van dit rapport hartelijk dank.

Het Centraal Veevoederbureau

Dr. M. C. Blok
Hoofd CVB

SAMENSTELLING VAN DE AVO-WERKGROEP ANTI-NUTRITIONELE FACTOREN

dr. G. van den Bosch	Centrale Vereniging voor de Coöperatieve Industrie
dr. M.C. Blok	Productschap Veevoeder
H.J. Bokhorst	Comité van Graanhandelaren
ing. C. Bos	Nederlandse Vereniging van Mengvoederfabrikanten - FNM
dr. M. Hessing	TNO-Voeding, Zeist
dr.ing. J. Huisman	ILOB-TNO, Wageningen
dr.ir. A.J.M. Jansman	ILOB-TNO, Wageningen
ir. P.G.B. de Lange	Nederlandse Vereniging van Mengvoederfabrikanten - FNM
ir. Y. Muilwijk	Centrale Vereniging voor de Coöperatieve Industrie
dr.ir. A.F.B. van der Poel	Leerstoelgroep Veevoeding, Landbouwuniversiteit Wageningen

SAMENSTELLING VAN DE CVB-WERKGROEP VOEDING VARKENS

prof.dr.ir.M.W.A. Verstegen (voorz.)	Leerstoelgroep Veevoeding, Landbouwuniversiteit Wageningen
dr. M.C. Blok (secr.)	Centraal Veevoederbureau (CVB), Lelystad
drs. A.J. van Dijk	Centrale Vereniging voor de Coöperatieve Industrie
dr. H. Everts	Vakgroep Inwendige Ziekten en Voeding der Grote Huisdieren, Faculteit Diergeneeskunde, Utrecht
ir. A. van de Grift	Nederlandse Vereniging van Mengvoederfabrikanten - FNM
C. in 't Hout	LTO-Nederland
dr.ir. A.J.M. Jansman	ILOB-TNO, Wageningen
dr.ir. A.W. Jongbloed	Instituut voor Dierhouderij en Diergezondheid (ID-DLO), Lelystad
ir. E.J.R. Maathuis	Informatie en Kennis Centrum Veehouderij, Afdeling Varkenshouderij (IKC-V), Rosmalen
mevr. ir. C.M.C. van der Peet-Schwering	Proefstation voor de Varkenshouderij (PV), Rosmalen
ing. Sj. Schaper	Centraal Veevoederbureau (CVE), Lelystad
ing. H. Vossenbeld	Overleggroep Producenten van Vochtrijke Diervoeders
agendalid: ing. P. B. J. Linders	Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek (BLGG), Oosterbeek

INHOUDSOPGAVE

	<u>Blz.</u>
VOORWOORD	1
SAMENSTELLING VAN DE AVO-WERKGROEP ANTI-NUTRITIONELE FACTOREN	2
SAMENSTELLING VAN DE CVB-WERKGROEP VOEDING VARKENS	2
VERKLARING VAN DE GEBRUIKTE AFKORTINGEN EN SYMBOLEN	5
1. ACHTERGRONDEN VAN DE EIWITWAARDERING BIJ VARKENS	7
2. ACTUALISERING VAN DE ILEALE EIWITWAARDERING VOOR VARKENS	13
3. KORT OVERZICHT VAN HET (NEDERLANDSE) ANF-ONDERZOEK	15
4. ANF's IN VLINDERBLOEMIGEN	17
5. REKENREGELS VOOR HET BEREKENEN VAN EFFECTEN VAN ANF's OP DE SCHIJNBARE ILEALE VERTERING VAN RUW EIWIT	19
5.1 Algemene uitgangspunten	19
5.2 Trypsineremmers	21
5.2.1 Inleiding	21
5.2.2 Erwten	21
5.2.3 Soja voor toepassing bij jonge biggen	22
5.2.4 Effect van TIA bij vleesvarkens.	23
5.2.5 Aanbevelingen voor de praktijk	24
5.3 Lectinen	25
5.3.1 Erwten	25
5.3.2 Soja	25
5.3.3 Lectinen in veldbonen (<i>Vicia faba</i> L.)	26
5.3.4 Lectinen in voerbonden (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	26
5.4 Tanninen in veldbonen (<i>Vicia faba</i> L.)	28
6. VOORBEELDBEREKENING VAN ANF AFFECTEN OP DE SCHIJNBARE ILEALE VERTEERBAARHEID VAN EEN RANTSOEN	31
7. EFFECTEN VAN ANF'S OP DE SCHIJNBARE ILEALE VERTEERBAARHEID VAN AMINOZUREN	33
8. ENKELE ALGEMENE DISCUSSIEPUNTEN	39
9. EFFECTEN VAN ALKALOÏDEN IN LUPINEN	40
9.1 Algemeen	40
9.2 Effecten bij jonge biggen 12 tot 14 kg levend gewicht.	40
10. OVERZICHT VAN DE VOORGESTELDE REKENREGELS	42
10.1 Rekenregels voor soja	42
10.1.1 Jonge biggen	42
10.1.2 Vleesvarkens	43

10.2	Rekenregels voor erwten	43
10.3	Rekenregels voor veldbonen	44
11.	REFERENTIES	46

VERKLARING VAN DE GEBRUIKTE AFKORTINGEN EN SYMBOLEN

<u>afkorting/symbool</u>	<u>eenheid</u>	<u>betekenis</u>
ANF		AntiNutritionele Factoren
CYS		cystine
g		gram
kg		kilogram
LEC	g/kg voer	functioneel lectine (bepaald vgl. de FLIA-test)
LYS		lysine
MET		methionine
mg		milligram
N		stikstof
oRE _i	g/kg voer	hoeveelheid onverteerd RE die via het terminale ileum doorstroomt naar de dikke darm
oRE _{i-basaal}	g/kg voer	hoeveelheid onverteerd basaal ruw eiwit van endogene oorsprong aan het einde van het ileum
oRE _{i-endogeen}	g/kg voer	hoeveelheid onverteerd ruw eiwit van endogene oorsprong aan het einde van het ileum
oRE _{i-specifiek}	g/kg voer	hoeveelheid onverteerd, door grondstof-specifieke factoren geïnduceerd, endogeen ruw eiwit aan het einde van het ileum
oRE _{i-voer}	g/kg voer	onverteerd ruw eiwit, afkomstig uit het voer, aan het einde van het ileum
RE	g/kg	ruw eiwit
sVAZ _i	g/kg voer	schijnbaar ileaal verteerd aminozuur
sVC _i	%	schijnbare ileale verteringscoëfficiënt
sVC _i -RE	%	schijnbare ileale verteringscoëfficiënt voor het ruw eiwit
sVRE _i	g/kg	schijnbaar ileaal verteerd ruw eiwit
staVC _i -RE	%	gestandaardiseerde ileale eiwitverteerbaarheid
staRE _i	g/kg voer	hoeveelheid gestandaardiseerd ileaal verteerd RE
THR		threonine
TI		trypsineremmer
TIA		trypsineremmer activiteit (in mg geremd trypsine/g product)
TRP		tryptofaan
wVC-RE _i	%	ware ileale verteringscoëfficiënt voor het ruw eiwit

1. ACHTERGRONDEN VAN DE EIWITWAARDERING BIJ VARKENS

Eiwitten, of beter, aminozuren zijn onmisbare nutriënten voor landbouwhuisdieren. Om de aminozuren die in de vorm van eiwitten met het voer¹ worden opgenomen, te kunnen benutten dienen deze voereiwitten te worden gehydrolyseerd door proteases die door het dier in het maagdarmkanaal worden afgescheiden. Absorptie van de door proteolyse gevormde aminozuren² vindt slechts plaats in de dunne darm; in de dikke darm vindt geen absorptie van aminozuren meer plaats. Dit betekent dat in principe alleen die aminozuren die voor het einde van het ileum door absorptie aan de chymus zijn onttrokken door het dier kunnen worden benut.

Eiwitvertering die na het ileum plaatsvindt, heeft dus voor het dier geen eiwitwaarde meer. Het eindproduct van deze fermentatieve eiwitafbraak in de dikke darm bestaat -voor wat de N-houdende componenten betreft- ook niet uit aminozuren, maar uit ammoniak. Daarnaast kan in de dikke darm uit onverteerd eiwit, ammoniak en recirculerend ureum bacterieel eiwit worden gesynthetiseerd. Daar bacterieel eiwit een heel ander aminozuurpatroon kan hebben dan het onverteerde eiwit dat de dikke darm binnenstroomt, kan in de dikke darm een verandering van het aminozuurpatroon plaatsvinden. Afhankelijk van de mate van dikke darm fermentatie kan dit er zelfs toe leiden dat er in de dikke darm een netto synthese van (ruw) eiwit plaatsvindt.

Bovenstaande betekent dat voor het vaststellen van de juiste eiwitwaarde van een voeder-middel voor varkens de faecale verteerbaarheid geen juiste maatstaf is, maar gekeken moet worden naar de mate van vertering aan het einde van de dunne darm.

Het onverteerde eiwit dat aan het einde van het ileum doorstroomt naar de dikke darm bestaat niet uitsluitend uit onverteerd voereiwit. Ook een gedeelte van de in het maag-darmkanaal afgescheiden verteringsenzymen, afgestorven cellen van het darmepitheel en mucuseiwitten verlaten onverteerd de dunne darm. Deze door het dier gesynthetiseerde en in het darmlumen afgescheiden eiwitten worden "endogeen eiwit" genoemd.

Verder is gebleken dat ook in de dunne darm microbiële activiteit voorkomt; hierdoor bestaat het onverteerde eiwit aan het einde van de dunne darm voor een (soms aanzienlijk gedeelte) ook uit bacterieel eiwit. Over de herkomst van de stikstof (ruw eiwit) die in het bacterieel eiwit wordt vastgelegd bestaat nog veel discussie; in principe zou zowel N uit het voer (in de vorm van door proteolyse gevormde aminozuren) als N van endogene oorsprong hiervoor gebruikt kunnen worden.

Voor het meten van de dunne darm verteerbaarheid bestaan verschillende methoden; in Nederland wordt gebruik gemaakt van dieren waarin aan het einde van de dunne darm operatief een canule is aangebracht. Via deze canule wordt chymus verzameld die representatief is voor wat onder normale omstandigheden de dunne darm verlaat.

In een ileale verteringsproef met gecanuleerde dieren wordt de chymus gedurende een aantal intervallen van 6 - 12 uur, verspreid over een aantal dagen, verzameld. Om de hoeveelheid verzamelde chymus te kunnen relateren aan een bepaalde hoeveelheid voer, wordt een markeerstof aan het rantsoen toegevoegd. Door een markeerstof te kiezen die zich bij de pasage door het maagdarmkanaal op (vrijwel) identieke manier verplaatst als het eiwit, kan op grond van de verhouding van de markeerstof in voer en chymus worden

¹ Aan het voer worden, met name van de aminozuren lysine en methionine, vaak ook beperkte hoeveelheden in de vorm van vrije aminozuren toegevoegd.

² Er zijn aanwijzingen dat een gedeelte van de aminozuren in de vorm van kleine peptiden wordt geabsorbeerd; gemakshalve wordt hier echter uitsluitend gesproken over "aminozuren".

vastgesteld van hoeveel voer de verzamelde chymus afkomstig is.

Het verschil tussen de via het voer opgenomen hoeveelheid (ruw) eiwit en de in de chymus aanwezige hoeveelheid onverteerd (ruw) eiwit wordt als schijnbaar verteerd beschouwd. In formule:

$$sVRE_i = RE_{\text{voer}} - oRE_i \quad [F1.1]$$

waarin:

$sVRE_i$ = schijnbaar verteerd ruw eiwit, uit te drukken in g/kg voer;
 RE_{voer} = de hoeveelheid RE die via het voer is opgenomen (in g/kg voer);
 oRE_i = de hoeveelheid onverteerd RE (in g/kg voer) die via het terminale ileum doorstroomt naar de dikke darm.

Het quotiënt van de hoeveelheid schijnbaar ileaal verteerd ruw eiwit en de RE-opname via het voer wordt de schijnbare ileale verteerbaarheid genoemd. Deze wordt veelal weergegeven als een verteringscoëfficiënt. In formule:

$$sVC_i\text{-RE} (\%) = sVRE_i / RE_{\text{voer}} * 100 \% \quad [F1.2]$$

waarin:

$sVC_i\text{-RE} (\%)$ = schijnbare ileale verteringscoëfficiënt voor het ruw eiwit.

Er is sprake van een schijnbare verteerbaarheid omdat, zoals reeds opgemerkt, het onverteerde ruw eiwit aan het einde van het ileum (oRE_i) zowel uit onverteerd voereiwit als uit onverteerd endogeen eiwit bestaat. In formule:

$$oRE_i (\text{g/kg voer}) = oRE_{i\text{-voer}} + oRE_{i\text{-endogeen}} \quad [F1.3]$$

waarin:

$oRE_{i\text{-voer}}$ (g/kg voer) = onverteerd ruw eiwit aan het einde van het ileum, afkomstig uit het voer
 $oRE_{i\text{-endogeen}}$ (g/kg voer) = onverteerd ruw eiwit aan het einde van het ileum van endogene oorsprong.

Voor wat betreft de secretie van endogeen (ruw) eiwit in het maagdarmkanaal wordt onderscheid gemaakt tussen "basaal endogeen (ruw) eiwit" en "door grondstof-specifieke factoren geïnduceerd endogeen (ruw) eiwit", ook wel "specifiek endogeen (ruw) eiwit"³ genoemd. Het endogene eiwit dat onverteerd de dunne darm verlaat, kan dus als volgt worden opgesplitst:

$$oRE_{i\text{-endogeen}} (\text{g/kg voer}) = oRE_{i\text{-basaal}} + oRE_{i\text{-specifiek}} \quad [F1.4]$$

waarin:

$oRE_{i\text{-basaal}}$ = de hoeveelheid onverteerd basaal ruw eiwit (in g/kg opgenomen voer) van endogene oorsprong, aan het einde van het ileum;
 $oRE_{i\text{-specifiek}}$ = de hoeveelheid onverteerd, door grondstof-specifieke factoren geïnduceerd ruw eiwit van endogene oorsprong (in g/kg opgenomen voer) aan het einde van het ileum.

³ De aanduiding "specifiek endogeen eiwit" duidt zowel op het feit dat specifieke factoren in de grondstof aanleiding geven tot een hogere secretie van endogeen eiwit, alsook op het feit dat dit endogene eiwit een specifieke herkomst (b.v. pancreas, darmweefsel) kan hebben.

Onder basaal endogeen (ruw) eiwit verstaat men het endogene eiwit dat in het maagdarkanaal wordt afgescheiden ten gevolge van de passage van "voer". In het voer kunnen factoren aanwezig zijn die aanleiding geven tot extra secretie van (bepaalde) spijsverteringsenzymen, de aanmaak van mucuseiwitten die als een slijmlaag het darmepitheel aan de lumenzijde bedekken en/of tot extra slijtage van het maagdarkanalepitheel. De belangrijkste grondstof-specifieke factoren die aanleiding geven tot de secretie van specifiek endogeen eiwit behoren tot de zg. "Anti-Nutritionele Factoren" (ANF).

Wanneer de hoeveelheid onverteerd eiwit aan het einde van het ileum (oRE_i) wordt gecorrigeerd voor het onverteerde endogene eiwit ($oRE_{i-endogeen}$), houdt men slechts de hoeveelheid onverteerd ruw eiwit uit het voer (oRE_{i-voer}) over. Het verschil tussen de via het voer opgenomen hoeveelheid ruw eiwit en de in de chymus uitgescheiden hoeveelheid onverteerd voereiwit wordt als waar verteerd beschouwd:

$$wVRE_i = RE_{voer} - oRE_{i-voer} \quad [F1.5]$$

Voor de ware verteerbaarheid geldt:

$$wVC-RE_i (\%) = (RE_{voer} - oRE_{i-voer}) / RE_{voer} * 100 \% \quad [F1.6]$$

waarin:

$wVC-RE_i (\%)$ = de ware ileale verteringscoëfficiënt voor het ruw eiwit
 RE_{voer} = de hoeveelheid RE die via het voer is opgenomen (in g/kg voer);
 oRE_{i-voer} = de hoeveelheid onverteerd RE, afkomstig uit het voer (in g/kg voer) die via het terminale ileum doorstroomt naar de dikke darm.

De relatie tussen ware en schijnbare verteerbaarheid wordt gegeven door de formule:

$$wVC-RE_i (\%) = (sVRE_i + oRE_{i-endogeen}) / RE_{voer} * 100 \% \quad [F1.7]$$

Er zijn voedermiddelen, zoals caseïne, (en dus rantsoenen) waarbij slechts basaal endogeen eiwit wordt afgescheiden. In dat geval geldt: $oRE_{i-endogeen} = oRE_{i-basaal}$. In dit geval krijgt men dus een goede indruk van de ware ileale verteerbaarheid wanneer het onverteerde ruw eiwit aan het einde van het ileum (oRE_i) wordt gecorrigeerd voor $oRE_{i-basaal}$ krijgt men een goede indruk van de ware ileale verteerbaarheid van deze voedermiddelen. In formule:

$$wVC-RE_i (\%) = (sVRE_i + oRE_{i-basaal}) / RE_{voer} * 100 \% \quad [F1.8]$$

waarin:

$wVC-RE_i (\%)$ = de ware ileale verteringscoëfficiënt voor het ruw eiwit

Bij de meeste voedermiddelen waar het onverteerde endogene eiwit behalve uit onverteerd basaal endogeen eiwit ook bestaat uit onverteerd specifiek endogeen eiwit, resulteert het corrigeren van de schijnbare verteerbaarheid voor de uitscheiding van onverteerd basaal endogeen eiwit niet in de ware ileale verteerbaarheid, maar in een "gestandaardiseerde ileale eiwitverteerbaarheid" (= $staVC_i-RE$) op. Deze term is de verkieszen boven "werkelijke verteerbaarheid" (als vertaling van de Engelse term "true digestibility"⁴), aangezien deze vaak

⁴ Naast "true digestibility" wordt in de literatuur nog de term "real digestibility" gebruikt; deze laatste term is geïntroduceerd in het kader van het gebruik van de ¹⁵N-techniek, waarbij de eiwitten van het dier door toediening van een ¹⁵N-gelabeld aminozuur met ¹⁵N gelabeld werden, en waarbij de schijnbare verteerbaarheid van

verward wordt met "ware verteerbaarheid". Het verschil tussen de wVC-RE_i en de staVC_i-RE zal dan afhankelijk zijn van het niveau van de grondstof-specifieke factoren in het betreffende voedermiddel die een specifieke secretie van endogeen eiwit induceren.

Voor wat betreft de grondstof-specifieke factoren die de secretie van specifiek endogeen eiwit induceren, moet worden opgemerkt dat er afhankelijk van de factor sprake kan zijn van extra aanmaak van verschillende typen endogeen eiwit. Hierop zal verderop in dit rapport uitgebreid worden ingegaan.

Grondstof-specifieke factoren kunnen, behalve of in plaats van het induceren van aanmaak van specifiek endogeen eiwit, ook de ware verteerbaarheid van het voedermiddel negatief beïnvloeden. Ook dit komt in dit rapport nog verder ter sprake.

Voor de praktijk van de eiwitwaardering is het van belang dat er een zo nauwkeurig mogelijke inschatting plaatsvindt van het gehalte aan schijnbaar ileaal verteerbaar eiwit en aminozuren. Het werken met vaste verteringscoëfficiënten per voedermiddel, ongeacht de samenstelling, is daarvoor -zeker bij variabele producten- niet de meest nauwkeurige manier. De meest te prefereren werkwijze is te starten met het ware ileaal verteerbaar gehalte, om daarvan vervolgens de negatieve effecten van grondstof-specifieke factoren af te trekken. Deze benadering is analoog aan die welke met ingang van de Veevoedertabel 1997 is toegepast voor de schatting van de NE-waarde van voedermiddelen voor varkens, waar de gehalten van de slechts gedeeltelijk verteerbare componenten RE, RVET en OOS via grondstofspecifieke formules worden berekend.

Voor een voedermiddel waar de hoeveelheid schijnbaar ileaal verteerd ruw eiwit negatief wordt beïnvloed door twee grondstof-specifieke factoren die uitsluitend aanleiding geven tot een verhoogde passage van endogeen eiwit aan het eind van het ileum, kan dit als volgt in formule worden weergegeven:

$$sVRE_i = wVC-RE_i * RE_{voer} - oRE_{i-specifiek}^a * A - oRE_{i-specifiek}^b * B - oRE_{i-basaal} \quad [F1.9]$$

waarin:

wVC-RE_i = de ware verteringscoëfficiënt voor het RE

RE = het RE-gehalte (in g/kg voedermiddel)

A = grondstof-specifieke factor A die per eenheid een bepaalde hoeveelheid specifiek onverteerd endogeen eiwit tot gevolg heeft (weergegeven als oRE_{i-specifiek}^a)

B = grondstof-specifieke factor B die per eenheid eveneens een bepaalde, maar andere hoeveelheid specifiek onverteerd endogeen eiwit tot gevolg heeft (weergegeven als oRE_{i-specifiek}^b)

oRE_{i-basaal} = de basale endogene eiwitexcretie aan het einde van het ileum (in g/kg opgenomen voedermiddel)

Er zijn, zoals reeds is opgemerkt, ook voedermiddelen waar de schijnbare ileale verteerbaarheid van het ruw eiwit negatief wordt beïnvloed door grondstof-specifieke factoren die de ware verteerbaarheid verlagen, bijv. doordat ze binden aan het voereiwit. Voor een grondstof-specifieke factor C die uitsluitend de ware verteerbaarheid negatief beïnvloedt, geldt in principe de volgende formule:

$$sVRE_i \text{ (g/kg)} = wVC-RE_i * (1 - C * f^c) * RE - oRE_{i-basaal} \quad [F1.10]$$

het RE op basis van de ¹⁵N labelling van het endogene eiwit werd gecorrigeerd tot een "real digestibility".

2. ACTUALISERING VAN DE ILEALE EIWITWAARDERING VOOR VARKENS

Sinds 1990 wordt voor de eiwitwaardering van voedermiddelen voor varkens in Nederland gewerkt met het systeem schijnbaar ileaal verteerbare aminozuren. Tot op dit moment worden per voedermiddel vaste verteringscoëfficiënten gebruikt voor eiwit en (de vijf eerst limiterende) aminozuren.

Het is de bedoeling dit systeem in de komende jaren op basis van de thans beschikbare informatie en met gebruikmaking van de huidige inzichten te actualiseren.

Bij deze actualisering zal gewerkt worden langs de lijnen zoals die in de vorige paragraaf zijn geschetst, t.w. het via (veelal eenvoudige) formules maken van een zo juist mogelijke inschatting van het gehalte aan schijnbaar ileaal verteerbaar RE en aminozuren.

Voor wat betreft het niveau en het aminozuurpatroon van het basaal endogeen eiwit dat onverteerd het ileum verlaat zijn door ILOB-TNO recent de literatuurgegevens geëvalueerd (Jansman e.a., 1997). Het ILOB-voorstel om in de toekomst te werken met een aangepast gehalte en patroon is door de werkgroep Voeding Varkens van het CVB geaccordeerd.

De bedoeling van dit rapport is rekenregels op te stellen hoe bij het inschatten van de schijnbaar ileaal verteerbare gehalten aan RE en aminozuren bij een aantal vlinderbloemigen rekening kan worden gehouden met de daarin voorkomende ANF's.

3. KORT OVERZICHT VAN HET (NEDERLANDSE) ANF-ONDERZOEK

Vanaf 1987 is in verschillende programma's onderzoek verricht naar de aanwezigheid en het werkingsmechanisme van Anti-Nutritionele Factoren (ANF's) in zaden van vlinderbloemigen. Hieraan gekoppeld werd onderzoek uitgevoerd naar mogelijkheden de negatieve effecten hiervan op zoötechnische resultaten te reduceren door middel van procestechnologische behandelingen. Het onderzoek met zaden van vlinderbloemigen is thans voor het belangrijkste deel afgesloten.

Het ANF-onderzoek heeft naast het verkrijgen van gegevens omtrent de effecten op de nutritionele kwaliteit van veevoedergrondstoffen een stimulerende invloed gehad op de plantenveredeling voor wat betreft het kweken van variëteiten vlinderbloemigen met lage ANF-gehaltenes. Dit kwam mede tot stand door in de door ILOB-TNO en LUW georganiseerde internationale ANF-workshops (1988 en 1993), naast (bio)chemici, nutritionisten en veevoeder-procestechnologen, ook plantenveredelaars te betrekken. Voorheen werkten de verschillende groepen veelal onafhankelijk van elkaar. Er was geen of nauwelijks overleg over een gezamenlijke aanpak. Mede naar aanleiding van de internationale workshops werden de plantenveredelaars zich bewust dat er door de aanwezigheid van ANF's in zaden van vlinderbloemigen belangrijke belemmeringen waren in afzet naar één van de belangrijkste markten, de mengvoederindustrie. Dit heeft er toe geleid dat er grote veredelingsprogramma's opgezet werden om te komen tot variëteiten van vlinderbloemigen zaden met lage ANF-gehaltenes. Deze veredelingsprogramma's hebben tot opvallende resultaten geleid. In 1987 bevatten de meeste veldbonen (*Vicia faba* L.) relatief hoge gehaltenes aan tanninen. De plantenveredelaars zijn er in geslaagd verschillende variëteiten te kweken met lage tanninengehaltenes (witbloeiërs). Een dergelijke ontwikkeling geldt ook voor erwten. Bij de aanvang van het ANF-onderzoek in Nederland varieerde de trypsinremmer activiteit (TIA) in erwten van 1 tot 7 mg geremd trypsine/g product. Thans bevatten de meeste Europese erwten variëteiten een niveau van 0,8 tot 2 mg geremd trypsine/g product. Dit betekent dat de nutritionele kwaliteit van erwten verbeterd is t.o.v. de situatie in 1987. Met succes wordt momenteel in de plantenveredeling aandacht besteed aan een verlaging van de TIA in sojabonen.

Alhoewel er belangrijke successen in de kweekprogramma's zijn bereikt t.a.v. de verlaging van ANF-gehaltenes in veldbonen en erwten blijft het voor de veevoederindustrie van belang met name erwten op TIA-gehaltenes te controleren. De situatie is thans zo dat de meeste Europese erwtenrassen betrekkelijk lage gehaltenes aan TIA hebben; echter partijen erwten uit China, Australië en Canada kunnen aanzienlijk hogere TIA-niveaus bevatten.

In het onderhavige rapport worden, voor zover mogelijk, de negatieve effecten van ANF's in vlinderbloemige zaden op de eiwit- en aminozuurverteerbaarheid bij met name jonge biggen in rekenmodellen weergegeven.

4. ANF's IN VLINDERBLOEMIGEN

De belangrijkste ANF's in vlinderbloemigen zijn trypsineremmers, lectinen en gecondenseerde tanninen. In Tabel 1 wordt een samenvatting van de gehalten aan belangrijkste ANF's in vlinderbloemigen gegeven, zoals die weergegeven zijn in een literatuuroverzicht van Jansman en Huisman (1995).

Tabel 1. Gehalten aan ANF's in zaden van vlinderbloemigen en sorghum

	Trypsineremmers		Lectinen ²⁾	Tanninen
	Range in TIA (mg/g) ¹⁾	Type	Range in lectinegehalten (mg/g)	Range in tanninegehalten (mg/g) ³⁾
Rauwe sojabonen	20-40	Kunitz, Bowman-Birk	8-13	-
Getoast sojaschroot	2-8	Kunitz, Bowman-Birk	0.08-0.15	-
Erwten	1-7	Bowman-Birk	2-5	0-10
Rauwe voerbonen (Ph. vulgaris)	10-20	Bowman-Birk	10-100	0-10
Getoaste voerbonen (Ph. vulgaris)	2-6	Bowman-Birk	1-10	0-10
Veldbonen (Vicia faba L.)	1-4	Bowman-Birk	1-2	0-20
Sorghum	-	-	-	0-60

¹⁾: TIA = trypsineremmer activiteit, uitgedrukt in mg geremde trypsine per g product

²⁾: Gebaseerd op de ELISA-test

³⁾: Catechine equivalenten

5. REKENREGELS VOOR HET BEREKENEN VAN EFFECTEN VAN ANF's OP DE SCHIJNBARE ILEALE VERTERING VAN RUW EIWIT

5.1 Algemene uitgangspunten

De ANF's TIA en lectinen veroorzaken met name een verhoogde uitscheiding aan specifiek endogeen RE aan het einde van het ileum bij biggen en varkens. Bij hogere gehalten aan TIA en lectinen is er naast de uitscheiding aan specifiek endogeen RE ook een verhoogde uitscheiding aan onverteerd voer RE. Tanninen veroorzaken veelal zowel een verhoogde uitscheiding aan onverteerd voer RE als aan onverteerd endogeen RE.

In dit hoofdstuk worden de effecten van TIA, lectinen en tanninen op de hoeveelheid ileaal verteerbaar ruw eiwit in rekenregels weergegeven.

Onderstaand wordt eerst in algemene zin aangegeven hoe het effect berekend moet worden van ANF's die aanleiding geven tot de uitscheiding van specifiek endogeen eiwit, maar die de ware verteerbaarheid niet beïnvloeden.

Indien de experimentele gegevens dat toelaten, geeft berekening van het gehalte aan darmverteerbaar RE volgens formule F1.9, waarbij het effect van iedere grondstof-specifieke factor op de hoeveelheid waar ileaal verteerd RE wordt berekend, de beste benadering. De thans beschikbare experimentele gegevens maken echter een dergelijke benadering nog niet mogelijk, aangezien voor toepassing van deze formule naast de ware verteerbaarheid ook nauwkeurige kennis noodzakelijk is over de dosis respons relatie voor iedere in het voeder-middel aanwezig ANF. Daarom is gezocht naar een andere benadering.

De huidige tabelgegevens voor de ileale verteerbaarheid van eiwit en aminozuren zijn veelal gemiddelden van een aantal waarnemingen. Gelet op de aard en het aantal beschikbare verteringsproeven zal ook voor de komende jaren voor deze benadering gekozen moeten worden. Daarom is een andere, en voor de praktijk eveneens goed bruikbare benadering, die waarbij via rekenregels wordt aangegeven hoeveel de hoeveelheid ileaal verteerd RE verandert wanneer de ANF-gehalten afwijken van wat in een gemiddelde partij aanwezig is. Voor een product met twee grondstofs-specifieke factoren die aanleiding geven tot specifiek onverteerd endogeen eiwit (de ANF's A en B) wordt voor de hoeveelheid schijnbaar ileaal verteerd RE dan gegeven door de formule:

$$sVRE_{i(Ax;By)} \text{ (g/kg)} = sVRE_{i(A_{gem};B_{gem})} - oRE_{i\text{-specifiek}}^a * (A_x - A_{gem}) - oRE_{i\text{-specifiek}}^b * (B_y - B_{gem}) \quad [F5.1]$$

waarbij:

$sVRE_{i(Ax;By)}$ = de hoeveelheid schijnbaar ileaal verteerd RE bij gehalten aan de factoren A en B van resp. x en y.

$sVRE_{i(A_{gem};B_{gem})}$ = de hoeveelheid schijnbaar ileaal verteerd RE bij gemiddelde gehalten aan de factoren A en B.

Verder geldt:

$$sVRE_{i(A_{gem};B_{gem})} \text{ (g/kg)} = staVRE_{i(A_{gem};B_{gem})} - oRE_{i\text{-basaal}} \quad [F5.2]$$

waarbij:

$staVRE_{i(A_{gem};B_{gem})}$ = de hoeveelheid gestandaardiseerd ileaal verteerd RE bij A_{gem} en B_{gem} (in g/kg);

$oRE_{i\text{-basaal}}$ = de hoeveelheid basaal onverteerd endogeen eiwit aan het einde van

het ileum (in g/kg)

en

$$\text{staVRE}_{i(\text{A}_{\text{gem}};\text{B}_{\text{gem}})} \text{ (g/kg)} = \text{staVC}_i\text{-RE}_{(\text{A}_{\text{gem}};\text{B}_{\text{gem}})} * \text{RE} \quad [\text{F5.3}]$$

waarbij:

$\text{staVC}_i\text{-RE}_{(\text{A}_{\text{gem}};\text{B}_{\text{gem}})}$ = de gestandaardiseerde ileale verteringcoëfficiënt voor RE bij gemiddelde gehalten aan resp A en B;

RE = het RE gehalte (in g/kg)

Opmerking: doordat de $\text{staVC}_i\text{-RE}$ is verkregen door het gehalte aan schijnbaar onverteerd RE aan het einde van het ileum te corrigeren voor het aandeel onverteerd basaal endogeen RE, is de $\text{staVC}_i\text{-RE}$ bij een gelijkblijvend gehalte aan de ANF's A en B onafhankelijk van het RE-gehalte van het product of het voer.

Als de formules F5.2 en F5.3 worden gesubstitueerd in F5.1 wordt de volgende formule verkregen:

$$\text{sVRE}_{i(\text{A}_x;\text{B}_y)} \text{ (g/kg)} = \text{staVC}_i\text{-RE}_{(\text{A}_{\text{gem}};\text{B}_{\text{gem}})} * \text{RE} - \text{oRE}_{i\text{-specifiek}}^a * (\text{A}_x - \text{A}_{\text{gem}}) - \text{oRE}_{i\text{-specifiek}}^b * (\text{B}_y - \text{B}_{\text{gem}}) - \text{oRE}_{i\text{-basaal}} \quad [\text{F5.4}]$$

Bij alle bovenstaande formules wordt ervan uitgegaan dat er een lineair verband bestaat tussen het ANF-gehalte en het hierdoor veroorzaakte effect.

Zoals in het rapport zal worden aangegeven, heeft het onderzoek geen duidelijke resultaten opgeleverd waaruit geconcludeerd kan worden dat er een ANF niveau is waaronder geen waarneembare negatieve effecten optreden (drempelwaarde). Het onderzoek heeft evenmin duidelijke resultaten opgeleverd die duiden op een ander dan een lineaire relatie tussen het ANF-niveau en het effect op de ileale verteerbaarheid.

Alvorens nader op de rekenregels in te gaan worden eerst nog enkele discussiepunten besproken:

- a. De rekenregels zijn verkregen op basis van onderzoek met jonge biggen. Een discussiepuntenpunt is of de rekenregels zonder meer bij vleesvarkens kunnen worden toegepast.
- b. De rekenregels zijn opgesteld aan de hand van de resultaten van proeven die qua opzet van elkaar verschilden. De rekenregels voor trypsineremmer activiteit (TIA) en lectinen in soja en erwten werden overwegend berekend uit onderzoek waarin gezuiverde ANF's of ANF-concentraten in oplopende doseringen werden toegevoegd aan rantsoenen waarin daarnaast één (goed verteerbare) eiwitbron was opgenomen. Bijvoorbeeld: geïsoleerde soja trypsineremmers en lectinen werden toegevoegd aan rantsoenen waarin sojaconcentraat als enige eiwitbron was opgenomen. ANF's uit erwten werden toegevoegd aan rantsoenen met als eiwitbron erwteneiwitconcentraten, al dan niet in combinatie met onbehandelde erwten. Bij tanninen werden de rekenregels berekend uit onderzoek waarin tanninenrijke veldboonschillen werden toegevoegd aan voeders waarin naast ontschilde veldbonen enkele andere eiwitbronnen waren opgenomen.
- c. Zoals aangegeven, zijn de ANF-effecten overwegend gemeten door toevoeging van ANF's aan voeders waarin al het eiwit afkomstig is van één grondstof. In dit rapport is er daarom voor gekozen rekenregels op te stellen, waarbij de ANF-effecten worden toegerekend aan de schijnbare ileale verteerbaarheid van de grondstoffen. Via de grondstoffen kunnen de effecten vervolgens worden doorberekend aan rantsoenen. Een belangrijk discussiepuntenpunt is in hoeverre er interacties tussen ANF's kunnen optreden

wanneer meer dan één ANF in het voeder aanwezig is.

Doordat in genoemde proeven overwegend slechts één ANF aan de voeders werd toegevoegd en het eiwit in de voeders in veel gevallen van één of een beperkt aantal eiwitbronnen afkomstig was, kon geen informatie worden verkregen omtrent interacties met andere ANF's en andere grondstof-specifieke factoren. Derhalve wordt in dit rapport niet verder ingegaan op mogelijke effecten tengevolge van een interactie bij aanwezigheid van meerdere ANF's.

- d. Een vraag is of de ANF-effecten additief zijn. Zoals reeds aangegeven is deze vraag niet in het onderzoek betrokken geweest. Voorlopig wordt aanbevolen ervan uit te gaan dat de besproken ANF-effecten additief zijn.
- e. Doordat de proeven nogal verschilden in opzet kon uit de verkregen resultaten geen betrouwbaarheidsinterval berekend worden voor de coëfficiënten in de rekenregels.
- f. Voor het berekenen van de ANF effecten is het van essentieel belang dat de ANF gehalten geanalyseerd worden volgens dezelfde methoden die werden toegepast in het onderzoek.
De in het onderzoek toegepaste analysemethoden waren voor
 - TIA: Ontwerp norm NEN 3573 (1994);
 - lectinen: Hamer e.a., (1989);
 - tanninen: Kuhla und Ebmeier (1981); de vanilline zwavelzuur methode met catechine als standaardBij gebruik van andere analysemethoden worden andere ANF niveaus vastgesteld. Dit heeft tot gevolg dat de hier beschreven rekenregels niet meer van toepassing zijn. Voor toepassing van de rekenregels in dit rapport is het daarom van essentieel belang dat de ANF-gehalten worden bepaald volgens de hier genoemde methoden.

5.2 Trypsineremmers

5.2.1 Inleiding

Trypsineremmers kunnen met name van belang zijn in de verschillende erwtensoorten (en linzen) en in sojaproducten.

Er wordt in de literatuur een onderscheid gemaakt tussen trypsineremmers (TI's) in erwten (en linzen) en die in soja. Zoals ook in tabel 1 is aangegeven, bevatten erwten en linzen het type Bowman-Birk inhibitor en soja een combinatie van de Kunitz en de Bowman Birk inhibitor. In de literatuur wordt aangegeven dat in rauwe sojabonen de verhouding tussen beide typen TI's globaal 1 : 1 zou zijn. Verder is beschreven dat de eigenschappen van beide typen verschillend zijn. De Bowman-Birk TI remt zowel trypsine als chymotrypsine en de Kunitz TI alleen trypsine. Verder is in rattenstudies gevonden dat de Kunitz TI in de maag gedeeltelijk geïnactiveerd kan worden.

5.2.2 Erwten

In het erwtenonderzoek van ILOB-TNO en de LUW werd het effect van trypsineremmers bestudeerd in ileale verteringsproeven met jonge biggen, waarbij erwten de enige eiwitbron in de proefvoeders waren.

Binnen het onderzochte traject aan TIA gehalten (Van Leeuwen e.a., 1993) werd vastgesteld dat het effect van TIA op de afname van de hoeveelheid schijnbaar ileaal verteerd RE lineair verloopt. Dit houdt o.a. in dat er voor TIA in erwten geen sprake is van een drempelwaarde voor wat betreft het effect op de schijnbare ileale RE-verteerbaarheid. In deze proeven bleek de hoeveelheid schijnbaar onverteerd eiwit aan het einde van het ileum toe te

nemen met 9 g per g TIA/kg in erwten (Van Leeuwen e.a., 1993).

Ervan uitgaande dat andere ANF's in erwten geen wezenlijke invloed hebben op de ileale verteerbaarheid (zie paragraaf 5.3.1), kan dit -uitgaande van F5.4- als volgt in formule worden weergegeven:

$$sVRE_{i(TIA_x)} \text{ (g/kg)} = \text{staVC}_i\text{-RE}_{(TIA_{gem})} * RE - 9 * (TIA_x - TIA_{gem}) - oRE_{i\text{-}basaal} \quad [F5.5]$$

waarbij:

$sVRE_{i(TIA_x)}$ = hoeveelheid schijnbaar ileaal verteerd RE bij TIA gehalte x in erwten;
 $\text{staVC}_i\text{-RE}_{(TIA_{gem})}$ = gestandaardiseerde ileale VC-RE bij een gemiddeld TIA gehalte;
 RE = RE-gehalte (in g/kg)
 TIA_x = gehalte aan erwten-TIA waarbij men de hoeveelheid $sVRE_i$ wil berekenen (in g/mg product).

In Tabel 2 worden enkele voorbeelden van het effect van TIA in erwten op de sVC_i -RE uitgewerkt. Om te laten zien hoe de effecten bij verschillende RE niveaus uitwerken is van twee RE niveaus uitgegaan: 200 g RE/kg en 240 g RE/kg produkt.

Tabel 2. Voorbeelden van het effect van TIA op de sVC -RE_i bij jonge biggen berekend met bovengenoemde rekenregel.

TIA gehalte (g/kg erwten)	Daling van de hoeveelheid schijnbaar ileaal verteerd RE (g/kg erwten)	RE-gehalte erwten (g/kg)	Effect op sVC -RE _i (%)
0,5	4,5	200	- 2,2
1	9	200	- 4,5
2	18	200	- 9,0
0,5	4,5	240	- 1,9
1	9	240	- 3,7
2	18	240	- 7,5

De negatieve effecten van TIA op de hoeveelheid schijnbaar ileaal verteerd RE ontstaan voor het belangrijkste deel door een verhoogde uitscheiding aan endogeen eiwit. In onderzoek met jonge biggen zijn aanwijzingen verkregen dat door een verhoogde endogeen eiwit uitscheiding niet alleen de sVC_i -RE verlaagd wordt maar dat ook de uitscheiding aan urine-N verhoogd kan zijn als gevolg van N-verliezen samenhangend met de recycling van endogeen eiwit. Dit houdt in feite in dat voor grondstoffen met een verlaagde sVC_i -RE tengevolge van TIA een extra correctie aangebracht dient te worden voor dit urine N verlies. De hypothese hiervoor staat beschreven in Huisman et al. (1993). De resultaten van onderzoek met betrekking tot deze hypothese zullen verwerkt worden in een afzonderlijk rapport.

5.2.3 Soja voor toepassing bij jonge biggen

In onderzoek uitgevoerd in 1991 (Schulze, 1994 en Kwaliteitsreeks van het Productschap Veevoeder nr. 23, juni 1993) werd een preparaat van geïsoleerde soja trypsinremmer van Sigma aan een controlevoer toegevoegd en het effect op de schijnbare ileale RE-verteerbaarheid bij jonge biggen bestudeerd (resp. 2,5 en 5,8 mg TIA/g voer). Het controle voeder

bevatte 160 g RE/kg met als enige eiwitbron sojaconcentraat. In tabel 3 worden de resultaten weergegeven.

Tabel 3. Effect van soja TIA op de schijnbare ileale verteerbaarheid van RE (sVC-RE_i) bij jonge biggen.

TIA (g/kg voer)	RE (g/kg voer)	sVC-RE _i (%)	Effect extra TIA op sVC-RE _i (%) ¹⁾	Afname hoeveelheid schijnbaar ileaal verteerd RE (g) per g toegevoegd TIA/kg voer
0,2	160	86	-	-
2,5	160	73	-13	9,0
5,8	160	55	-31	8,9

¹⁾: in verteringseenheden ten opzichte van controlerantsoen met 0,2 mg TIA voer.

De effecten van de soja-TI, toegevoegd aan het voeder met 160 g RE/kg uit sojaconcentraat, op de afname van de hoeveelheid schijnbaar ileaal verteerd RE (Tabel 3, laatste kolom) komen goed overeen met die gevonden bij erwten (zie Tabel 2).

Gebaseerd op de resultaten vermeld in de paragraaf 5.2.1 en in tabel 3, wordt ervan uitgegaan dat het effect van TIA op de schijnbare ileale RE-verteerbaarheid lineair verloopt. Dit impliceert dat ervan uitgegaan wordt dat ook lage TIA gehalten uit soja een negatief effect op de schijnbare ileale RE-verteerbaarheid veroorzaken.

5.2.4 Effect van TIA bij vleesvarkens.

Er werd één proef (Jansman e.a., 1997) met vleesvarkens (gem. lichaamsgewicht 50 kg) uitgevoerd waarin de uitscheiding aan endogeen N aan het einde van het ileum werd gemeten bij voeding van een drietal rantsoenen met als enige eiwitbron respectievelijk commerciële, getoaste sojaschroot, een mengsel van getoaste en ongetoaste sojaschroot en erwten. De resultaten zijn in Tabel 4 weergegeven.

Tabel 4 Ileale endogene RE-uitscheiding gemeten bij vleesvarkens (lichaamsgewicht gem. 50 kg) bij voeding van rantsoenen met als enige eiwitbron de vermelde grondstoffen.

Rantsoen	Eiwitbron	RE-gehalte (g/kg rantsoen)	TIA-gehalte (g/kg rantsoen)	Endogene RE-uitscheiding (g/kg rantsoen)
I	Commerciële, getoaste sojaschroot	143	0,95	18
II	Mengsel van getoaste en ongetoaste sojaschroot	162	4,57	38
III	Erwten	145	1,10	28

De resultaten in Tabel 4 laten zien dat ook bij de oudere varkens de uitscheiding aan endogeen RE aan het einde van het ileum verhoogd wordt door trypsinremmers uit soja en erwten.

In het onderzoek was geen rantsoen zonder ANF's aanwezig. Hierdoor kan het effect van deze TI op de uitscheiding aan endogeen RE niet exact berekend worden. Om een vergelij-

king met de resultaten bij de jonge biggen te kunnen maken zijn de in Tabel 5 weergegeven berekeningen gemaakt. Zoals in Tabel 4 aangegeven, was de ileale uitscheiding aan endogeen RE bij de sojaschroot rantsoenen respectievelijk 18 en 38 g/kg en bij het erwtenrantsoen 28 g/kg. In de berekening wordt ervan uitgegaan dat de basale excretie aan endogeen RE niet beïnvloed wordt door ANF's en 12 g RE/kg droge stof opname bedraagt. Het extra uitgescheiden endogeen RE wordt vervolgens geheel toegeschreven aan de aanwezigheid van trypsineremmer. Dit is voor soja in feite niet geheel correct aangezien, in tegenstelling tot erwten, de in dit product aanwezige lectinen -althans bij jonge biggen- ook een negatief effect heeft op de ileale vertering van eiwit (zie paragraaf 5.3.2).

Tabel 5. Berekening van de toename van de endogene RE uitscheiding door TIA (in g RE/g TIA) bij vleesvarkens.

Rantsoen	Eiwitbron	TIA gehalte (mg/g rantsoen)	Endogene RE uitscheiding (g/kg rantsoen)	Basaal endogeen RE (g/kg rantsoen) ¹⁾	Specifiek endogeen RE (g/kg)	Berekend TIA effect (g RE/g TIA)
I	Commerciële, getoaste sojaschroot	0,95	18	10,5	7,5	8
II	Mengsel van getoaste en ongetoaste sojaschroot	4,57	38	10,5	27,5	6
III	Erwten	1,10	28	10,5	17,5	16

¹⁾: Ontleend aan Jansman e.a. (1997); de daar gerapporteerde waarde van 11,8 g/kg droge stof is hier omgerekend naar 10,5 g/kg product met een droge stofgehalte van 880 - 900 g/kg.

De resultaten van de berekeningen laten zien dat bij toepassing van de rekenregel bij jonge biggen (9 g RE/g TIA) de uitscheiding aan endogeen RE bij de sojaschroot rantsoenen lijken te worden overschat en bij het erwten rantsoen te worden onderschat.

5.2.5 Aanbevelingen voor de praktijk

Voor erwten werd bij jonge biggen een lineair effect van TIA op de afname van de hoeveelheid schijnbaar ileaal verteerd RE vastgesteld (paragraaf 5.2.1). Voor soja werd gevonden (Tabel 3) dat de negatieve effecten van soja TI op de uitscheiding aan endogeen RE aan het einde van het ileum bij jonge biggen goed te passen in het lineaire verband voor de erwten. Op basis van dit gegeven, wordt aanbevolen de eerder genoemde formule voor het berekenen van het negatieve effect van TIA op de hoeveelheid schijnbaar ileaal verteerd RE, bij zowel erwten als soja toe te passen.

Bij vleesvarkens werd aangetoond dat bij voeding van sojaschroot en erwten de uitscheiding aan endogeen eiwit verhoogd is (Tabel 4). Voor sojaschroot zijn twee rantsoenen getest met een duidelijk verschillend TIA-gehalte (0,95 en 4,57 g/kg rantsoen). De geschatte lectine-gehalten in deze rantsoenen zijn 0.03 en 0.8 mg/g. Wanneer de verhoogde uitscheiding aan specifiek endogeen eiwit geheel wordt toegeschreven aan de belangrijkste ANF, ofwel TIA, kan een verhoging van de endogene excretie van 7 g RE/g TIA worden aangehouden. Dit betekent overigens wel dat tevens wordt voorgesteld voor vleesvarkens het (mogelijke) negatieve effect van soja-lectine niet afzonderlijk in rekening te brengen (zie verder paragraaf 5.3.2). In formule:

$$sVRE_{(TIAx-vleesv.)} \text{ (g/kg)} = staVC_i \cdot RE_{(TIA_{gem}-vleesv.)} * RE - 7 * (TIA_x - TIA_{gem}) - oRE_{i-basaal} \quad [F5.6]$$

Voor erwten is er slechts één rantsoen getest bij vleesvarkens; het hiervoor berekende TIA-

effect (16 g RE/g TIA) komt hoger uit dan werd berekend voor jonge biggen (9 g RE/g TIA). Voorshands wordt echter voor erwten aanbevolen de rekenregel voor jonge biggen ook voor vleesvarkens toe te passen.

5.3 Lectinen

Er bestaat een groot verschil in de schadelijkheid van lectinen die aanwezig zijn in de verschillende vlinderbloemige zaden, variërend van niet schadelijk tot zeer schadelijk. De verschillen in schadelijkheid houden verband met verschillen in de chemische structuur. In verband hiermee is per grondstof een specifieke lectine analysemethode noodzakelijk (ELISA, FLIA). Er is dus geen algemene analysemethode waarmee alle lectine activiteit in grondstoffen en voeders gemeten kan worden. Het is daarom niet mogelijk een algemene rekenregel te geven voor de effecten van lectinen in voeders.

5.3.1 Erwten

Onderzoek (Bertrand e.a., 1988; Kik, 1991; Koninkx e.a., 1993) heeft aangetoond dat lectinen in erwten niet of weinig schadelijk zijn. Aangenomen wordt daarom dat er geen rekening gehouden hoeft te worden met lectinen in erwten ten aanzien van negatieve effecten op de sVC_i-RE.

5.3.2 Soja

Uit resultaten van ILOB-TNO en de LUW onderzoek (Van Leeuwen e.a., 1993) kon worden berekend dat aan het eind van het ileum gemiddeld 13 g onverteerd specifiek endogeen RE per g opgenomen functioneel lectine (FLIA) wordt uitgescheiden en 9 g onverteerd specifiek endogeen RE per g opgenomen totaal lectine (ELISA) (Schulze, 1994; Van Leeuwen e.a., 1993). In dit onderzoek werden lectinen uit soja geïsoleerd en vervolgens in oplopende doseringen toegevoegd aan een voeder met sojaconcentraat (met lage gehalten aan lectinen en TIA) als enige eiwitbron. De resultaten, verkregen bij jonge biggen, hebben derhalve betrekking op een monofacteriële benadering zonder interacties met bijvoorbeeld soja TIA. Aangezien bij jonge biggen de lectinen uit soja ook de daarin aanwezige TIA een negatief effect hebben op de ileale RE-verteerbaarheid, wordt de algemene formule voor het berekenen van de effecten van de in soja aanwezige ANF's op de ileale RE-verteerbaarheid als volgt:

$$sVRE_{i(TIAx; LECTy)} \text{ (g/kg)} = \text{staVC}_i\text{-RE}_{(TIA_{gem}; LECT_{gem})} * RE - 9 * (TIA_x - TIA_{gem}) - 13 * (LECT_y - LECT_{gem}) - oRE_{i\text{-basaal}} \quad [F5.7]$$

waarbij:

$SVRE_{i(TIAx; LECTy)}$ = de hoeveelheid schijnbaar ileaal verteerd RE bij een TIA en LECT (= functionele lectinen) gehalte van resp. x en y;

$\text{staVC}_i\text{-RE}_{(TIA_{gem}; LECT_{gem})}$ = de gestandaardiseerde ileale RE-verteerbaarheid bij een gemiddeld TIA- en lectinen-gehalte

RE = ruw eiwitgehalte in g/kg soja

In Tabel 6 worden enkele voorbeelden van het effect van soja lectinen op de sVC_i-RE uitgewerkt; daarbij wordt het gehalte aan TIA constant verondersteld.

Opmerking 1:

Goed getoaste sojaschroot (20 minuten verhitting met stoom bij 102°C) bevat gemiddeld 0.1 mg lectine/g product. In slecht getoaste soja (bv. 10 minuten verhitting met stoom bij 102°C, Qin et al., 1996) werden niveaus van 1.0 mg lectine per g product geanalyseerd.

Tabel 6. Voorbeelden van effecten van soja-lectinen op de sVC-RE_i berekend met de rekenregel voor lectinen.

Soja lectine-gehalte (mg/g sojaschroot)	Daling hoeveelheid schijnbaar ileaal verteerd RE (g/kg sojaschroot)	RE-gehalte (g/kg sojaschroot)	Effect op sVC-RE _i (%)
0.1	1,3	440	- 0.3
0.5	6,5	440	- 1.5
1.0	13,0	440	- 3.0

Opmerking 2:

In paragraaf 5.2.4 en 5.2.5 is aangegeven dat de basis voor het ontwikkelen van rekenregels voor de negatieve effecten van ANF's bij vleesvarkens beperkt is tot één experiment, waarin de gemeten effecten bij de beide onderzochte sojaschroottransoenen geheel zijn toegeschreven aan trypsineremmer. Tevens is voorgesteld om voor vleesvarkens het eventuele negatieve effect van soja-lectine niet afzonderlijk te verrekenen. Dit betekent dat formule 2.7 alleen geldt voor jonge biggen.

5.3.3 Lectinen in veldbonen (*Vicia faba* L.)

Veldbonen bevatten gemiddeld 1-2 mg lectine per g produkt. Onderzoek van Koninkx et al. (1993) toonde aan dat geïsoleerde lectinen uit veldbonen in *in vitro* onderzoek voor wat betreft het effect op de structuur van de microvilli van darmwandcellen, de activiteit van borstelzoozymen en het metabolisme van een carcinome cellijn (een darmepitheel cellijn) slechts in zeer lichte mate schadelijk kunnen zijn. In proeven met jonge biggen waarin doseringen van 20% veldbonen met een laag tanninengehalte verstrekt werden, bleek 0.2 mg lectine uit veldbonen per g voer getolereerd te worden, zonder dat er negatieve effecten op de vertering optraden. Op basis van de resultaten t.a.v. schadelijkheid en het niveau van de in de praktijk voorkomende gehalten kan geconcludeerd worden dat men in de praktijk bij de voerformulering niet of nauwelijks rekening hoeft te houden met lectinen uit veldbonen.

5.3.4 Lectinen in voerbonen (*Phaseolus vulgaris* L.)

Lectinen in *Phaseolus* bonen (voerbonen) zijn zeer schadelijk. Bovendien zijn de *Phaseolus* lectinen moeilijker met hitte te inactiveren dan die van bijvoorbeeld soja. Alleen met langdurige verhitting bij 100°C of verhitting onder druk wordt een sterke reductie van de lectine activiteit verkregen.

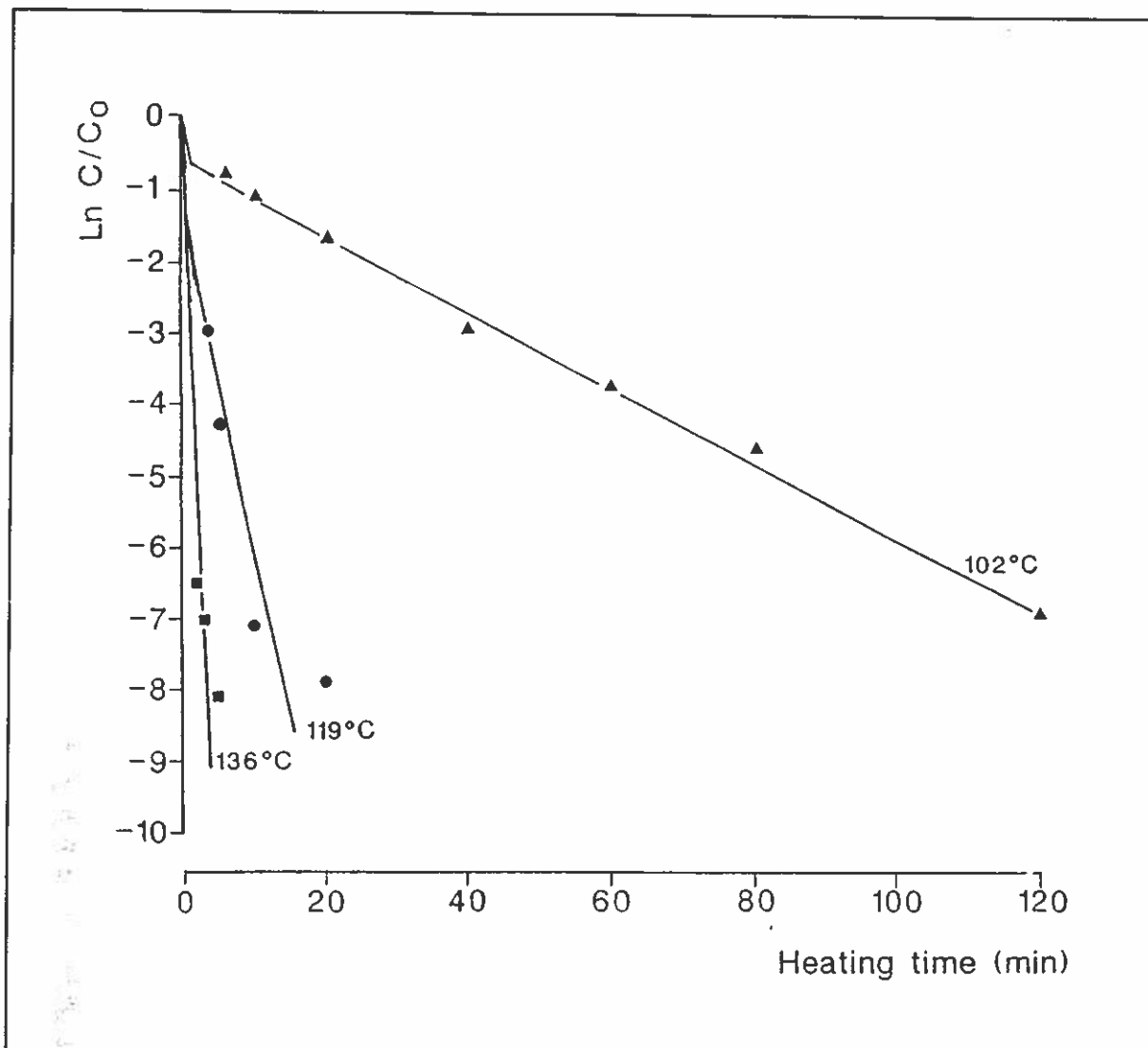
In Figuur 1 (Van der Poel, 1990) is de inactivering van *Phaseolus* lectinen weergegeven als $\ln C/C_0$, waarbij C_0 het lectinen gehalte is in onverhitte *Phaseolus* bonen, en C het gehalte in behandelde bonen. In de grafiek is de natuurlijke logaritme (\ln) van de verhouding C/C_0 uitgezet tegen de procestijd bij verschillende temperaturen.

Uit deze figuur valt slechts de procestijd af te leiden waarbij *Phaseolus* bonen dienen te worden getoast teneinde een zekere lectine restactiviteit over te houden.

Een restactiviteit van bijvoorbeeld van 8 % ($C/C_0 = 0.08$) betekent dat $\ln C/C_0 = -2.5$; dit wordt in de grafiek gerealiseerd bij een procestijd van ca. 35 minuten bij 102 °C.

Phaseolus bonen zijn, bij een behandeling van 102°C, gezien de schadelijkheid van de lectinen, alleen toepasbaar na langdurige hittebehandeling of een hittebehandeling onder druk. Bij éénmagige landbouwhuisdieren worden maximale opname percentages van 5 % aanbevolen. Dit mede door van de soms lage eiwitverteerbaarheid, veroorzaakt door de aanwezigheid van niet-gedenatureerd phaseoline.

Voor het berekenen van het negatieve effect van *Phaseolus* lectinen op de ileale eiwitverteerbaarheid kunnen geen rekenregels gegeven worden. De negatieve effecten hangen namelijk samen met de simultane aanwezigheid van lectinen, trypsineremmers en het (in



Figuur 1. Effect van verschillende procestijden en temperaturen op de inactivering van lectinen in *Phaseolus vulgaris* (ELISA; ▲, ●; ■).

niet gedenatureerde vorm slecht verteerbare) opslageiwit phaseoline. Elk van deze eiwitten heeft, afhankelijk van de mate van verhitting, invloed op de schijnbare ileale verteerbaarheid van RE.

Ons inziens zou de denaturatiegraad van het phaseoline een goede indicator kunnen zijn voor de eiwitkwaliteit van de *Phaseolus* boon onder de voorwaarde dat onder deze condities de lectinen zodanig zijn gedenatureerd dat ze niet langer toxisch zijn.

Pas na behandeling van *Phaseolus vulgaris* bonen onder druk is een sterk verbeterde eiwitverteerbaarheid te verwachten.

5.4 Tanninen in veldbonen (*Vicia faba* L.)

Gecondenseerde tanninen zijn polyfenolische verbindingen die voorkomen in de zaadhuid van vlinderbloemige zaden en in sorghum. De vanilline-zwavelzuur (Kuhla en Ebmeier, 1981) en de vanilline-HCl methoden zijn geschikte methoden om het gehalte gecondenseerde tanninen in deze grondstoffen vast te stellen. Deze beide methoden geven geen identieke respons. In het hieronder te evalueren Nederlandse onderzoek is de vanilline-zwavelzuur methode gebruikt. De ook wel gebruikte Folin Denis methode, waarbij het totaalgehalte aan fenolen worden bepaald, is in feite niet geschikt voor het analyseren van tanninen.

Het gehalte tanninen in veldbonen en sorghum varieert sterk tussen rassen. Binnen de veldbonen worden bontbloeiende en witbloeiende rassen onderscheiden. De eerstgenoemde bevatten tussen 0.3 en 1.2 % catechine equivalenten tanninen en de witbloeiende variëteiten zijn vrijwel vrij van gecondenseerde tanninen (<0.1 % catechine equivalenten). Bij sorghum kan het tanninengehalte variëren tussen 0 en 6 % catechine equivalenten.

In het in Nederland uitgevoerde onderzoek is het meeste aandacht besteed aan de effecten van gecondenseerde tanninen in veldbonen op de verteerbaarheid van het rantsoen voor jonge biggen. Hieruit blijkt dat met name de ileale en faecale verteerbaarheid van nutriënten (eiwit, aminozuren en mineralen, o.a. Fe, Cu en Zn) door tanninen in negatieve zin worden beïnvloed. Er blijkt voor deze nutriënten een negatief lineair verband te bestaan tussen de schijnbare ileale en faecale eiwitverteerbaarheid en het tanninengehalte in het rantsoen.

In het onderzoek van ILOB-TNO en de LUW met biggen (Jansman, 1993) werd vastgesteld dat door tanninen uit veldbonen gemiddeld 1.5 g RE/g catechine equivalent extra aan het einde van het ileum wordt uitgescheiden. Het negatieve effect van tanninen op de hoeveelheid schijnbaar ileaal verteerd RE ($sVRE_{i-tanninen-veldbonen}$) wordt dus als volgt berekend:

$$\text{afname } sVRE_{i-tanninen-veldbonen} = 1,5 * \text{catechine equivalent}_{veldbonen} \quad [F5.8]$$

waarbij:

afname $sVRE_{i-tanninen-veldbonen}$ in g/kg veldbonen;
catechine equivalent $_{veldbonen}$ in g/kg veldbonen.

De structuur van formule F5.8 wijkt af van de eerder gegeven formules voor de berekening van het negatieve effect van TIA en lectinen, waarbij de verandering in schijnbaar verteerbaar RE wordt berekend ten opzichte van een gemiddeld ANF-gehalte. Bij veldbonen is het geven van een gemiddeld tanninen-gehalte niet mogelijk, allereerst vanwege het bestaan van bontbloeiende en witbloeiende variëteiten en ten tweede omdat er ook binnen de bontbloeiende rassen grote verschillen voorkomen.

In hoeverre deze rekenregel toegepast kan worden voor tanninen uit andere grondstoffen (bijv. sorghum) is niet onderzocht. Vooralsnog wordt ervan uitgegaan dat genoemde rekenregel ook toepasbaar is voor het berekenen van het effect van gecondenseerde tanninen in andere grondstoffen dan veldbonen, mits dezelfde analysemethode wordt toegepast.

In Tabel 7 worden enkele voorbeelden van het berekende effect van tanninen op de siVC-RE gegeven.

Uit onderzoek met voeders met 160 g RE/kg waarin verschillende eiwitbronnen waren opgenomen, is gebleken dat de effecten van tanninen op de ileale RE-verteerbaarheid bij jonge biggen goed te voorspellen zijn m.b.v. de *in vitro* eiwitverteerbaarheid volgens Babinszki (1990). De volgende relatie werd vastgesteld:

Tabel 7. Voorbeelden van effecten van tanninen uit veldbonen op de schijnbare ileale verteerbaarheid van RE (sVC-RE), berekend met de rekenregel voor tanninen.

Tannine-gehalte (catechine equivalenten in g/kg veldbonen)	Afname ileaal verteerd RE (g/kg veldbonen)	RE-gehalte (g/kg veldbonen)	Effect op sVC-RE, (%)
5	7,5	250	- 3.0
10	15	250	- 6.1
15	22,5	250	- 9.1

$$Y = 1,01 X - 11,4 \quad (r^2 = 0,94)$$

[F5.9]

waarin:

Y = schijnbare ileale verteerbaarheid bij jonge biggen (Jansman, 1993);

X = *in vitro* eiwitverteerbaarheid volgens Babinszki (1990).

6. VOORBEELDBEREKENING VAN ANF AFFECTEN OP DE SCHIJNBARE ILEALE VERTEERBAARHEID VAN EEN RANTSOEN

Bij de inleiding van hoofdstuk 5 is aangegeven dat ervoor gekozen is de ANF effecten aan de grondstoffen toe te rekenen. In onderstaand voorbeeld is het effect van TIA en lectinen op de grondstoffen erwten en soja uitgewerkt. Vervolgens is een voorbeeldrantsoen voor jonge biggen opgesteld waarin deze grondstoffen opgenomen zijn. In het voorbeeldrantsoen zijn opgenomen: erwten met 2,5 g TIA/kg en een normaal getoast sojaschroot met 4 g TIA/kg en 0,2 g lectine/kg. Met behulp van de gehalten aan schijnbaar ileaal VRE van de grondstoffen met en zonder ANF is de hoeveelheid schijnbaar ileaal VRE in het voer met en zonder ANF berekend (Tabel 8).

Voor het berekenen van de ANF effecten vanuit de grondstoffen is het noodzakelijk de hoeveelheid schijnbaar ileaal VRE te berekenen met en zonder ANF's. Met de weergegeven rekenregels kan dit als volgt uitgewerkt worden:

Erwten: 227 g RE/kg met 2,5 g TIA/kg, een sVC_i-RE van 76 % of 172,5 g sVRE_i/kg.

Zonder ANF's zijn de criteria:

172,5 g sVRE_i/kg + (9 g RE x 2,5 TIA) = 195 g sVRE_i/kg of een sVC_i-RE van 85,9 %.

Sojaschroot:

425 g RE/kg met 4 g TIA/kg en 0,2 g lectine/kg, een sVC_i-RE van 80 % of 340 g sVRE_i/kg.

Zonder ANF's zijn de criteria:

340 g sVRE_i/kg + (9 g RE x 4 TIA + 13 g RE x 0,2 g lectine/kg) = 378,6 g sVRE_i/kg of sVC_i-RE van 89,1 %.

Tabel 8 Voorbeeldrantsoen voor jonge biggen waarin het effect van ANF's op de hoeveelheid schijnbaar ileaal verteerbaar RE wordt gekwantificeerd.

	sVC-RE, (%)	sVC-RE, bij ANF = 0 (%)	g/kg	RE (g/kg)	TIA (g/kg)	Lectine (g/kg)	sVRE, met ANF (g/kg)	sVRE, zonder ANF (g/kg)
Granen (10% RE)	82	82	510	51			41,8	41,8
Diermeel (58% RE)	73	73	20	11,6			8,5	8,5
Tapioca	0	0	50	-			-	-
Erwten (22,7% RE)	76	85,9	200	45,4	0,50		34,5*	39,0*
Sojaschroot (42,5% RE)	80	89,1	170	72,3	0,68	0,034	57,8*	64,4*
Diversen			50	-			-	-
Totaal			1000	180,3	1,18	0,034	142,6	153,7

* Berekend met de formules, zoals beschreven in Hoofdstuk 5.

Het verschil in VRE in het voorbeeldrantsoen, met en zonder ANF's is (153,7 - 142,6) = 11,1 g ruw eiwit.

De effecten van TIA en lectinen in het voorbeeldrantsoen rechtstreeks berekend uit de ANF-gehalten in het rantsoen zijn: (9 g RE * 1,18 g TIA) + (13 g RE * 0,034 g lectine) = 10,62 + 0,44 = 11,06 g ruw eiwit.

De resultaten laten zien dat het geen verschil maakt of de effecten rechtstreeks berekend worden via de grondstoffen of uit de ANF gehalten in het rantsoen.

Uit Tabel 8 blijkt ook dat in dit voorbeeld de negatieve bijdrage van sojalectinen relatief beperkt is. Er is op dit moment nog weinig zicht op de in de praktijk voorkomende variaties in de lectinengehalten in getoaste sojaschroot ten opzichte van het TIA-gehalte. Daarom is het nog niet mogelijk om het effect van soja-lectinen bij jonge biggen als marginaal te kunnen bestempelen of om dit effect te verdisconteren in een aangepaste berekening van het TIA-effect op de schijnbare ileale verteerbaarheid.

7. EFFECTEN VAN ANF'S OP DE SCHIJNBARE ILEALE VERTEERBAARHEID VAN AMINOZUREN

Voor de praktijk is het van belang de effecten van ANF's op de schijnbare ileale RE-verteerbaarheid te vertalen naar schijnbare verteerbaarheid van aminozuren. Exacte gegevens zijn hierover niet bekend, echter op basis van verschillende onderzoeksresultaten kan een globale indicatie worden gegeven. Voor het berekenen van effecten van ANF's op de sVC-AZ dient zowel de aminozurensamenstelling van het onverteerd endogeen eiwit als die van het onverteerd voereiwit betrokken te worden. Onderwerp van discussie in dit hoofdstuk is welk aminozurenpatroon voor het endogeen eiwit aangehouden moet worden.

De door TIA geïnduceerde secretie van specifiek endogeen eiwit ontstaat doordat de pancreas gestimuleerd wordt tot een hogere uitscheiding van pancreassap met daarin eiwit dat afkomstig is van pancreasenzymen. In Tabel 9 is hiervoor de aminozurensamenstelling van pancreassap weergegeven.

Het endogeen eiwit tengevolge van lectinen ontstaat doordat het darmwandepitheel gestimuleerd wordt tot een hogere produktie van mucus en darmwandenzymen en er tevens een verhoogd verlies aan beschadigde darmwandcellen is. In Tabel 9 is voor deze fractie de aminozurensamenstelling van dunne darmsap en van de mucus glycoproteïnen weergegeven; in de berekeningen van het effect van lectinen op de aminozuurverteerbaarheid wordt uitgegaan van de gemiddelde aminozuursamenstelling van deze beide bronnen van endogeen eiwit.

Het endogeen eiwit tengevolge van tanninen kan ontstaan door extra stimulatie van de produktie aan speeksel, maagslijm, pancreas enzymen, mucus en darmwandenzymen. Van deze endogene eiwitten zal een deel verteerd en geabsorbeerd worden en een deel zal gebonden worden aan tannine en als zodanig worden uitgescheiden. Een schatting van het aminozurenprofiel van deze fractie is moeilijk te geven omdat niet bekend is welke fractie van het endogeen eiwit het einde van het ileum bereikt. Als voorlopige schatting is het aminozuren profiel aangehouden van (basaal) endogeen eiwit dat uitgescheiden wordt. In Tabel 9 is hiervoor de gemiddelde samenstelling gegeven.

Tabel 9. Aminozurensamenstelling van endogeen eiwit (g/100 g endogeen RE).

Aminozuren	Pancreassap ¹	Dunne darmsap ²	Mucus glycoproteïnen ³	Basaal endogeen eiwit einde ileum ⁴
Lysine	5,5	8,4	2,2	3,4
Methionine	1,2	1,4	1,2	1,0
Cystine	3,4	3,4	4,3	1,8
Threonine	5,9	6,1	26,5	5,1
Tryptofaan	1,2	niet bepaald	niet bepaald	1,2

¹ Corring & Jung (1972)

² Buraczewska (1979) en Horszcraruk et al (1974)

³ Mantle & Allen (1981); exclusief afgestorven epitheelcellen

⁴ Jansman e.a. (1997)

Schulze (1994) onderzocht het effect van drie TIA niveaus op de uitscheiding van zowel onverteerd endogeen eiwit als onverteerd voereiwit aan het einde van het ileum. De drie TIA niveaus waren 0,2; 2,5 en 5,8 g TIA/kg voeder.

Het voeder bevatte 160 g RE uit soja-eiwitconcentraat als enige eiwitbron. Het onderzoek toonde aan dat bij het lage TIA niveau (= 0,2 mg geremde trypsine/g voer) het onverteerde eiwit aan het einde van het ileum voor 87 % uit onverteerd endogeen eiwit bestond en voor 13 % uit onverteerd voereiwit. Bij de hogere TIA niveaus (= 2,5 en 5,8 mg geremde

trypsine/g voer) neemt de uitscheiding aan totaal onverteerd eiwit toe, maar binnen deze fractie neemt het aandeel onverteerd endogeen eiwit af en wordt het aandeel onverteerd voereiwit groter. Alhoewel het slechts één proef betrof met drie TIA niveaus met vier dieren per niveau is een rekenregel opgesteld voor het berekenen van de verschuiving van het aandeel onverteerd endogeen eiwit resp. onverteerd voereiwit in de totale uitscheiding aan onverteerd eiwit aan het einde van het ileum.

Op basis van gegevens van deze proef kon worden afgeleid dat de ware VC-RE afnam wanneer het TIA-gehalte boven 1.7 mg/g voer kwam. Bij lagere TIA-gehalten is de daling van de hoeveelheid schijnbaar ileaal verteerd RE geheel toe te schrijven aan een toename van het onverteerde specifieke endogene eiwit. Boven het genoemde TIA-gehalte bestond het extra schijnbaar niet verteerde RE voor 70 % uit extra onverteerd voer-RE en voor 30 % uit extra onverteerd specifiek endogeen eiwit.

Met behulp van deze gegevens kunnen berekeningen worden gemaakt welk deel van de verlaagde sVC_i-RE tengevolge van TIA kan worden toegeschreven aan een verhoogde uitscheiding aan onverteerd (specifiek) endogeen eiwit en welk deel aan een verlaging van de ware vertering van het voereiwit. In tabel 10 worden de uitkomsten van dergelijke berekeningen voor een tweetal rantsoenen weergegeven.

Tabel 10. Schatting van het effect van TIA op de schijnbare ileale RE verteerbaarheid¹⁾.

RE-gehalte rantsoen (g/kg)	TIA gehalte rantsoen (mg/g produkt)	Verlies aan RE (g/kg produkt)	Effect op sVC _i -RE (%)	Berekend aandeel onverteerd endogeen eiwit		Berekend aandeel onverteerd voereiwit	
				g/kg produkt	sVC _i -RE (%)	g/kg produkt	sVC _i -RE (%)
175	0,5	4,5	2,6	4,5	2,6	-	0,0
175	1	9	5,1	9,0	5,1	-	0,0
175	2	18	10,3	16,1	9,2	1,9	1,1
175	3	27	15,4	18,8	10,7	8,2	4,7
175	5	45	25,7	24,2	13,8	20,8	11,9
220	0,5	4,5	2,0	4,5	2,0	-	0,0
220	1	9	4,1	9,0	4,1	-	0,0
220	2	18	8,2	16,1	7,3	1,9	0,9
220	3	27	12,3	18,8	8,5	8,2	3,7
220	5	45	20,5	24,2	11,0	20,8	9,5

¹⁾ opgesplitst naar de toename van de uitscheiding aan onverteerd endogeen eiwit enerzijds en een verlaging van de ware verteerbaarheid van het voereiwit.

Zoals beschreven, wordt het negatieve effect van TIA op de sVC_i van RE en AZ bij jonge biggen aanvankelijk alleen veroorzaakt door een verhoogde uitscheiding van pancreassap, hetgeen resulteert in een verhoogde excretie van endogeen eiwit aan het einde van het ileum, en bij hogere TIA gehalten tevens door een verlaagde vertering van het voer-RE.

Voor het schatten van de effecten van TIA op de sVC_i-AZ dienen daarom in principe de volgende gegevens in de berekening betrokken te worden:

- het aandeel van onverteerd endogeen eiwit in de sVC_i-RE (Tabel 8) door TIA en de aminozurensamenstelling van de pancreassap.
- het aandeel van onverteerd voereiwit in de sVC_i-RE (Tabel 8) en de aminozurensamenstelling van het voereiwit.

Hierboven staat met opzet "in principe". Bovenstaand is aangegeven dat op grond van de proef van Schulze (1994) is geconcludeerd dat pas boven 1,7 mg TIA/g voer de ware verteerbaarheid van het RE daalt. Ervan uitgaande dat in de praktijk maximaal 200 g sojaschroot/kg rantsoen voor (jonge) biggen wordt verwerkt, betekent dit dat een daling van de ware verteerbaarheid pas aan de orde zou zijn wanneer de sojaschroot $> 5 * 1,7$, ofwel $> 8,5$ g TIA/kg bevat. Dit terwijl een goed getoaste partij sojaschroot ca 3 g TIA/kg bevat. Voor TIA uit erwten is niet bekend vanaf welk niveau de ware verteerbaarheid van RE wordt verlaagd.

Als naast sojaschroot tevens erwten worden verwerkt, zal -afhankelijk van het TIA-gehalte van de erwten- voor sojaschroot een lagere grenswaarde dan 8,5 g TIA/kg moeten worden aangehouden. Vanwege het feit dat beide producten een variabele bijdrage kunnen leveren aan het TIA-gehalte van het voer, is het moeilijk per product afzonderlijk een grenswaarde aan te geven.

Een en ander overziend, is de meest praktische aanbeveling bij de voerformulering het maximaal toelaatbare TIA-gehalte in (jonge) biggenvoerders te stellen op 1,7 g TIA/kg, en voor sojaschroot (en erwten) bij de rekenregels aan te geven dat -mits het totale TIA-gehalte in het voer beneden 1,7 g/kg blijft- de TIA alleen een verhoging van de uitscheiding aan onverteerd (specifiek) endogeen eiwit tot gevolg heeft.

Voor vleesvarkens zijn geen experimentele gegevens beschikbaar over de TIA-niveaus waarbij er een verlaging optreedt van de ware RE-vertering. Het aanhouden van dezelfde grenswaarde als voor jonge biggenvoerders lijkt in elk geval aan de veilige kant.

Bij soja-lectine is vastgesteld dat het effect op de sVC_i -RE bij jonge biggen voornamelijk veroorzaakt wordt door een verhoogde uitscheiding aan onverteerd endogeen eiwit bestaande uit mucus, darmwandenzymen en afgesleten darmwandcellen. Het effect van lectinen op de sVC_i -AZ kan in dit geval derhalve berekend worden onder aanname dat het effect van lectinen op sVC_i -AZ bepaald wordt door de hoeveelheid lectinen en de aminozurensamenstelling van deze bronnen aan specifiek endogeen eiwit.

Voor soja-lectine betekent dit dat de sVC_i -AZ berekend worden uit de verlaging van de sVC_i -RE (Formule 5.6 en Tabel 6) en gegevens van de gemiddelde aminozurensamenstelling van dunne darmsap en mucus, dat voorshands wordt aangehouden voor het specifieke endogeen eiwit dat wordt uitgescheiden (Tabel 12).

Bij vleesvarkens zijn de negatieve effecten van soja-lectine niet afzonderlijk onderzocht, en worden alle effecten veroorzaakt door ANF's, toegeschreven aan TIA.

Bij tanninen is vastgesteld dat het effect op de sVC_i -RE globaal voor de helft kan worden toegeschreven aan een verhoogde uitscheiding aan onverteerd endogeen eiwit en voor de andere helft aan verlaging van de ware verteerbaarheid van het voereiwit. De effecten van tanninen op de sVC_i -RE kunnen als volgt berekend worden:

- * de helft van het effect van tanninen op de sVC_i -RE (Tabel 7) en de gemiddelde aminozurensamenstelling van het endogeen eiwit aan het einde van het ileum (Tabel 9).
- * de helft van het effect van tanninen op de sVC_i -RE (Tabel 7) en de aminozurensamenstelling van het voereiwit.

In de tabellen 11 en 12 zijn voorbeelden uitgewerkt op welke wijze het effect van TIA en lectinen op de sVC_i van RE en AZ bij erwten en sojaschroot uitwerken.

Zoals reeds eerder gesteld, wordt ervan uitgegaan dat de effecten van ANF's additief zijn. Bij de berekeningen is uitgegaan van de schijnbare ileale verteringscoëfficiënten zoals die in de Veevoedertabel van het CVB vermeld zijn. Na aftrek van de verliezen tengevolge van ANF's wordt de sVC_i van RE en AZ zonder ANF's verkregen. Voor het berekenen van de effecten van verschillende ANF-niveaus op de schijnbare ileale vertering is het noodzakelijk van deze gecorrigeerde sVC_i 's uit te gaan. Door het CVB zullen in de toekomst deze gecorrigeerde sVC_i 's in de tabel worden opgenomen.

Tabel 11. Voorbeeld van een berekening van het effect van TIA op de sVC_i van RE en AZ bij erwten met een RE-gehalte van 227 g/kg en een TIA gehalte van 2 mg/g product.

	Samenstelling (g/kg)*	sVC _i (%) (met TIA)*	sVRE _i of sVAZ _i (met TIA) (g/kg)	Samenstelling pancreassap (g/100 g RE)	Extra endogeen eiwit verlies (g/kg erwten)**	sVC _i (%) gecorrigeerd voor RE verlies veroorzaakt door TIA	Negatief effect van TIA op de sVC _i (%)
RE	227	74	168	100	18	82***	- 8
Lysine	16,3	83	13,5	5,5	0,99	89	- 6
Methionine	2,3	74	1,7	1,2	0,22	83	- 9
Cystine	3,2	63	2,0	3,4	0,61	82	-19
Threonine	8,4	69	5,8	5,9	1,06	82	-13
Tryptofaan	2,0	67	1,3	1,2	0,22	78	-11

* Gegevens CVB tabel.

** Uitscheiding endogeen eiwit, geïnduceerd door erwten TIA en afkomstig van de pancreas, aan het einde van het ileum.

*** Voorbeeld:
$$\frac{227 \times 0,74 + 18}{227} \times 100$$

Tabel 12. Voorbeeld van een berekening van het effect van TIA en lectinen op de sVC_i van RE en AZ van sojaschroot. Berekend is het effect van 3 mg TIA/g + 0,2 mg lectine/g bij een sojaschroot met 425 g RE/kg.

	Samenstelling (g/kg)	sVC _i (met TIA en lectinen)	sVRE, of sVAZ _i (met TIA en lectinen) (g/kg)	Samenstelling (in g/100 g RE) van:			Gemiddelde samenstelling dunne darm-sap en mucus (g/100 g RE) ¹⁾		Verlies aan specifiek endogeen eiwit aan het einde van het ileum, afkomstig van:		sVC _i (%) gecorrigeerd voor TIA + lectine verlies	Negatief effect op sVC _i (%)
				pancreassap	dunne darmsap	mucus	pancreas-sap t.g.v. TIA (g/kg soja)	dunne darm-sap en mucus t.g.v. lectinen (g/kg soja)				
RE	425	79	335,8	100	100	100	100	27,0	2,6	86 ²⁾	- 7	
Lysine	27,2	84	22,8	5,5	8,4	2,2	5,3	2,3	0,1	93	- 9	
Methionine	6,4	84	5,4	1,2	1,4	1,2	1,3	0,4	0,0	90	- 6	
Cystine	6,8	75	5,1	3,4	3,4	4,3	3,9	0,9	0,1	90	-15	
Threonine	17,0	77	13,1	5,9	6,1	26,5	16,3	1,6	0,4	89	-12	
Tryptofaan	5,5	81	4,5	1,2	??	??	??	0,2	??	??	??	

¹⁾ Op basis van 50 % RE uit dunne darmsap en 50 % RE uit mucus.

$$425 \times 0,79 + 29,6$$

²⁾ Voorbeeld: $\frac{\quad}{425} \times 100$

8. ENKELE ALGEMENE DISCUSSIEPUNTEN

Bij de toepassing van de rekenregels t.a.v. de negatieve effecten van ANF's op de ileale verteerbaarheid van RE en aminozuren zijn er enkele discussiepunten.

- a. Het onderzoek naar de schadelijke effecten van ANF's is voornamelijk uitgevoerd volgens een monofactoriële benadering, zowel t.a.v. de eiwitbron als de toegevoegde ANF's. Hierbij kon niet vastgesteld worden of er sprake is van additiviteit dan wel of er interacties optreden wanneer meer dan één ANF in een grondstof aanwezig is. Voor praktische toepassing wordt voorlopig aanbevolen de effecten van de verschillende ANF's in grondstoffen te sommeren.
- b. Een grondstof kan een hoog gehalte aan ANF bezitten waardoor de sVC_i-RE sterk verlaagd kan zijn. In de praktijk dienen grondstofpartijen met hoge gehalten aan ANF's een lagere waardering te krijgen. Aanbevolen wordt dergelijke partijen in lage percentages in het voer op te nemen, aangezien het negatieve effect op het voer als zodanig dan geringer zal zijn. Gezien het feit dat voor het negatieve effect van ANF's op de ileale eiwitvertering geen drempelwaarden aanwezig bleken te zijn, moet anderzijds gesteld worden dat het opnemen van een partij met een hoog ANF-gehalte altijd gepaard gaat met een (zij het soms zeer beperkt) negatief effect, ook al worden er slechts minimale hoeveelheden in het voer opgenomen. Uiteraard dienen bij de afweging een bepaalde grondstof al dan niet op te nemen ook de ANF-gehalten in eventueel andere grondstoffen betrokken te worden.
- c. In dit rapport is aangegeven dat momenteel nog onvoldoende kennis beschikbaar is om een betrouwbare waarde te geven voor de ware RE- en aminozuurverteerbaarheid van vlinderbloemigen in afwezigheid van ANF's. Daarom wordt aanbevolen de effecten van ANF's te verrekenen voor zover deze afwijken van wat als gemiddelde waarde in de betreffende grondstof kan worden aangehouden. Voor deze gemiddelde partijen zullen, wil men in de praktijk met de gepresenteerde rekenregels kunnen werken, nog wel tabelwaarden moeten worden vastgesteld. Dit valt echter buiten de doelstelling van deze publikatie, en zal door de werkgroep Veevoedertabel van het CVB dienen te geschieden.

ANF's veroorzaken onder andere een verhoogde uitscheiding aan endogeen eiwit. Zoals in dit rapport besproken, resulteert deze verhoogde uitscheiding aan endogeen eiwit in een verlaagde sVC_i van RE en aminozuren. Recent onderzoek laat zien dat door een verhoogde uitscheiding aan endogeen eiwit niet alleen de sVC_i-RE en aminozuren verlaagd is. Ook de N-uitscheiding met de urine kan hoger zijn, met als resultaat een verlaagde N-retentie. De effecten van ANF's op de N-uitscheiding met de urine worden in een apart rapport beschreven.

De gevoeligheid voor ANF's varieert tussen diersoorten. Het is bekend dat jonge biggen gevoeliger zijn voor een aantal ANF's dan vleeskuikens. Bijvoorbeeld in tegenstelling tot jonge biggen kan in voeders voor vleeskuikens 20% goed getoast sojaschroot worden opgenomen zonder dat schadelijke effecten optreden. Daarnaast zijn jongere dieren over het algemeen gevoeliger voor ANF's dan oudere dieren. In een recent uitgevoerde proef is echter waargenomen dat de uitscheiding aan endogeen N bij oudere varkens eveneens verhoogd kan zijn tengevolge van ANF.

9. EFFECTEN VAN ALKALOÏDEN IN LUPINEN

9.1 Algemeen

Alkaloïden komen met name voor in lupinen. Alkaloïden beïnvloeden het zenuwstelsel met o.a. als gevolg een verminderde eetlust. De nutriëntverteerbaarheid wordt niet beïnvloed door alkaloïden. In het Nederlandse onderzoekprogramma waren geen lupinen betrokken, zodat we geen aanbevelingen kunnen doen op basis van eigen onderzoek voor een drempelwaarde of dosis response relatie. In de literatuur is vrij veel gepubliceerd over de schadelijkheid van alkaloïden in lupinen. De gepubliceerde gegevens laten zien dat alkaloïden met name de voeropname beïnvloeden.

Algemeen kan gesteld worden dat alkaloïden momenteel geen groot probleem zijn omdat de zaden van lupinen die nu op de markt zijn voor het grootste deel afkomstig zijn van 'laag alkaloïde rassen' (< 500 mg alkaloïde per kg). Niettemin wordt aanbevolen alert te zijn op het alkaloïde gehalte in lupinen. In een recent onderzoek in een samenwerkingsprogramma van TNO/LUW en het Kielanowski Instituut in Polen bleek bij voeding van een 'laag alkaloïde ras' (230 mg alkaloïden per kg) aan vleeskuikens de voeropname negatief beïnvloed te zijn. Onderstaand wordt een voorbeeld gegeven van een proef met jonge biggen waarin verschillende lupine variëteiten verstrekt werden (Buraczewska et al., 1993).

9.2 Effecten bij jonge biggen 12 tot 14 kg levend gewicht.

In een verterings/N balans proef met jonge biggen werden rantsoenen verstrekt met ca. 12% ruw eiwit afkomstig van lupinen en 2,2% ruw eiwit afkomstig van ondermelkpoeder en 1,9 % ruw eiwit afkomstig van gerst, aangevuld met synthetische aminozuren. Het gehalte aan lupinen in de rantsoenen varieerde van 31 tot 41 % afhankelijk van het ruw eiwitgehalte van de lupinen.

Een samenvatting van de resultaten wordt in het volgende overzicht gegeven.

Tabel 13. Effect van lupinen met een verschillend alkaloiidegehalte op de schijnbare faecale verteerbaarheid en de N-retentie van jonge biggen.

Variëteit	RE gehalte lupine (%)	Alkaloïde gehalte (mg/kg)	Mest VC-RE van rantsoen	N-retentie biggen (g/dag)
<u>L. luteus</u>				
cv. Amulet	37,5	niet bepaald	89,4	11,8
cv. Cybis	38,8	500	91,0	12,1
<u>L. albus</u>				
cv. Hetman	31,9	600	82,7	10,8
<u>L. angustifolus</u>				
cv. Saturn	31,2	300	87,5	11,7
cv. ALS	29,4	niet bepaald	87,0	11,8

De resultaten van onderzoek met zowel vleeskuikens en jonge biggen laten zien dat ook lupinen die t.a.v gehalte aan alkaloiden aan het criterium van zoete lupinen voldoen, niet altijd optimale zoötechnische resultaten te zien geven. Ook zijn er variëteiten met gehalten > 500 mg alkaloiide/kg die relatief goede technische resultaten geven. Waarschijnlijk voldoet het criterium totaal alkaloiide gehalte niet geheel. Het is bekend dat het alkaloiide profiel verschilt tussen de variëteiten. Verder varieert de toxiciteit van de verschillende typen alkaloiden.

10. OVERZICHT VAN DE VOORGESTELDE REKENREGELS

Onderstaand worden de in dit rapport voorgestelde rekenregels voor de voedermiddelen soja, erwten en paardebonden/veldbonen samengevat.

10.1 Rekenregels voor soja

10.1.1 Jonge biggen

Voor jonge biggen moet zowel rekening worden gehouden met het negatieve effect van trypsineremmers als van lectinen (zie paragraaf 5.3.2).

Voor partijen met een gehalte aan trypsineremmers en/of lectinen dat afwijkt van de gemiddelde gehalten, kan de hoeveelheid schijnbaar ileaal verteerbaar RE berekend worden met formule F5.7 (zie hoofdstuk 5):

$$sVRE_{i(TIA_x; LECT_y)} \text{ (g/kg)} = \text{staVC}_i \cdot RE_{(TIA_{gem}; LECT_{gem})} * RE - 9 * (TIA_x - TIA_{gem}) - 13 * (LECT_y - LECT_{gem}) - oRE_{i-basaal} \quad [F10.1]$$

waarbij:

$sVRE_{i(TIA_x; LECT_y)}$ = de hoeveelheid schijnbaar ileaal verteerd RE bij een TIA en LECT (= lectinen) gehalte van resp. x en y;

$\text{staVC}_i \cdot RE_{(TIA_{gem}; LECT_{gem})}$ = de gestandaardiseerde ileale RE-verteerbaarheid bij een gemiddeld TIA- en lectinen-gehalte (resp. TIA_{gem} en $LECT_{gem}$)

RE = ruw eiwitgehalte in g/kg soja;

$oRE_{i-basaal}$ = de hoeveelheid basaal onverteerd endogeen eiwit aan het einde van het ileum (in g/kg)

Het vaststellen van wat als gemiddelde gehalten moet worden beschouwd, alsook de schijnbare ileale RE-verteerbaarheid die daarbij hoort, valt buiten het doel van deze publicatie.

Voor het kwantificeren van de gevolgen van trypsineremmers en lectinen uit soja op de schijnbare ileale verteerbaarheid van individuele aminozuren dient men als volgt te werk te gaan:

Bij TIA-gehalten die van het gemiddelde afwijken is de verandering in schijnbaar ileaal verteerd RE: $\delta sVRE_{i(TIA)} \text{ (g/kg)} = 9 * (TIA_x - TIA_{gem})$

Door vermenigvuldiging van $\delta sVRE_{i(TIA)}$ met het aandeel van het betreffende aminozuur in pancreassap (Tabel 9) wordt de verandering in schijnbaar ileaal verteerd aminozuur verkregen.

Bij lectinen-gehalten die van het gemiddelde afwijken is de verandering in schijnbaar ileaal RE ($\delta sVRE_{i(LECT)}$): $\delta sVRE_{i(LECT)} \text{ (g/kg)} = 13 * (LECT_y - LECT_{gem})$.

Door vermenigvuldiging van $\delta sVRE_{i(LECT)}$ met het aandeel van het betreffende aminozuur in de gemiddelde samenstelling van dunne darmsap en mucus (Tabel 12) wordt de verandering in schijnbaar ileaal verteerd aminozuur verkregen.

Voor de aminozuren lysine (LYS), methionine (MET), cystine (CYS), threonine (THR) en tryptofaan (TRP) worden de consequenties voor de gehalten aan schijnbaar ileaal verteerbaar aminozuur onderstaand in formule weergegeven:

$$\delta sVLYS_{i(TIA_x, LECT_y)} \text{ (g/kg)} = 9 * (TIA_x - TIA_{gem}) * 5,5/100 + 13 * (LECT_y - LECT_{gem}) * 5,3/100 \quad [F10.2]$$

$$\delta sVMET_{i(TIA_x, LECT_y)} \text{ (g/kg)} = 9 * (TIA_x - TIA_{gem}) * 1,2/100 + 13 * (LECT_y - LECT_{gem}) * 1,3/100 \quad [F10.3]$$

$$\delta sVCYS_{i(TIA_x, LEC_y)} \text{ (g/kg)} = 9 * (TIA_x - TIA_{gem}) * 3,4/100 + 13 * (LEC_y - LEC_{gem}) * 3,9/100 \quad [F10.4]$$

$$\delta sVTHR_{i(TIA_x, LEC_y)} \text{ (g/kg)} = 9 * (TIA_x - TIA_{gem}) * 5,9/100 + 13 * (LEC_y - LEC_{gem}) * 16,3/100 \quad [F10.5]$$

$$\delta sVTRP_{i(TIA_x, LEC_y)} \text{ (g/kg)} = 9 * (TIA_x - TIA_{gem}) * 1,2/100 + 13 * (LEC_y - LEC_{gem}) * 1,2/100 \quad [F10.6]$$

Opmerking: aangezien van dunne darmsap en mucus geen tryptofaangehaltes bekend zijn, wordt in F10.6 het tryptofaangehalte van basaal endogeen eiwit aangehouden.

10.1.2 Vleesvarkens

Voor vleesvarkens is in paragraaf 5.2.4 voorgesteld het negatieve effect van soja-lectinen niet afzonderlijk te verrekenen, en slechts rekening te houden met variaties in het gehalte aan soja-trypsineremmers. Dit betekent dat voor partijen met een gehalte aan trypsineremmers dat afwijkt van het gemiddelde gehalte, de hoeveelheid schijnbaar ileaal verteerbaar RE kan worden berekend met formule F5.6 (zie hoofdstuk 5):

$$sVRE_{i(TIA_x, vleesv.)} \text{ (g/kg)} = staVC_i-RE_{(TIA_{gem}, vleesv.)} * RE - 7 * (TIA_x - TIA_{gem}) - oRE_{i-basaal} \quad [F10.7]$$

waarbij:

$sVRE_{i(TIA_x, vleesv.)} =$ de hoeveelheid schijnbaar ileaal verteerd RE bij een TIA gehalte x (TIA_x);

$staVC_i-RE_{(TIA_{gem}, vleesv.)} =$ de gestandaardiseerde ileale RE-verteerbaarheid bij een gemiddeld TIA-gehalte (TIA_{gem});

$RE =$ ruw eiwitgehalte in g/kg soja;

$ORE_{i-basaal} =$ de hoeveelheid basaal onverteerd endogeen eiwit aan het einde van het ileum (in g/kg)

De bijbehorende formules voor het berekenen van de veranderingen in schijnbaar ileaal verteerbaar aminozuur worden voor de 5 eerst limiterende aminozuren onderstaand vermeld:

$$\delta sVLYS_{i(TIA_x)} \text{ (g/kg)} = 7 * (TIA_x - TIA_{gem}) * 5,5/100 \quad [F10.8]$$

$$\delta sVMET_{i(TIA_x)} \text{ (g/kg)} = 7 * (TIA_x - TIA_{gem}) * 1,2/100 \quad [F10.9]$$

$$\delta sVCYS_{i(TIA_x)} \text{ (g/kg)} = 7 * (TIA_x - TIA_{gem}) * 3,4/100 \quad [F10.10]$$

$$\delta sVTHR_{i(TIA_x)} \text{ (g/kg)} = 7 * (TIA_x - TIA_{gem}) * 5,9/100 \quad [F10.11]$$

$$\delta sVTRP_{i(TIA_x)} \text{ (g/kg)} = 7 * (TIA_x - TIA_{gem}) * 1,2/100 \quad [F10.12]$$

10.2 Rekenregels voor erwten

Bij erwten hoeft slechts rekening te worden gehouden met de negatieve effecten van trypsineremmers; de lectinen zijn niet of weinig schadelijk.

Op grond van de tot nu toe verkregen resultaten wordt voorgesteld voor jonge biggen en vleesvarkens dezelfde formule te hanteren (zie paragraaf 5.2.5), en wel F5.5:

$$sVRE_{i(TIA_x)} \text{ (g/kg)} = staVC_i-RE_{(TIA_{gem})} * RE - 9 * (TIA_x - TIA_{gem}) - oRE_{i-basaal} \quad [F10.13]$$

waarbij:

$sVRE_{i(TIA_x)} =$ de hoeveelheid schijnbaar ileaal verteerd RE bij een TIA gehalte x (TIA_x);

$\delta \text{aVLC}_i\text{-RE}_{i(\text{TIA}_{\text{gem}})}$ = de gestandaardiseerde ileale RE-verteerbaarheid bij een gemiddeld TIA-gehalte (TIA_{gem});
 RE = ruw eiwitgehalte in g/kg soja;
 $\text{ORE}_{i\text{-basaal}}$ = de hoeveelheid basaal onverteerd endogeen eiwit aan het einde van het ileum (in g/kg)

De bijbehorende formules voor het berekenen van de veranderingen in schijnbaar ileaal verteerbaar aminozuur worden voor de 5 eerst limiterende aminozuren onderstaand vermeld:

$$\delta \text{sVLYS}_{i(\text{TIA}_x)} \text{ (g/kg)} = 9 * (\text{TIA}_x - \text{TIA}_{\text{gem}}) * 5,5/100 \quad [\text{F10.14}]$$

$$\delta \text{sVMET}_{i(\text{TIA}_x)} \text{ (g/kg)} = 9 * (\text{TIA}_x - \text{TIA}_{\text{gem}}) * 1,2/100 \quad [\text{F10.15}]$$

$$\delta \text{sVCYS}_{i(\text{TIA}_x)} \text{ (g/kg)} = 9 * (\text{TIA}_x - \text{TIA}_{\text{gem}}) * 3,4/100 \quad [\text{F10.16}]$$

$$\delta \text{sVTHR}_{i(\text{TIA}_x)} \text{ (g/kg)} = 9 * (\text{TIA}_x - \text{TIA}_{\text{gem}}) * 5,9/100 \quad [\text{F10.17}]$$

$$\delta \text{sVTRP}_{i(\text{TIA}_x)} \text{ (g/kg)} = 9 * (\text{TIA}_x - \text{TIA}_{\text{gem}}) * 1,2/100 \quad [\text{F10.18}]$$

10.3 Rekenregels voor veldbonen

Voor veldbonen kan, gezien de wijze waarop tanninen de ileale verteerbaarheid beïnvloeden, voor zowel jonge biggen als vleesvarkens het effect van een verandering van het tanninengehalte ten opzichte van hetgeen voor resp. witbloeiende en bontbloeiende veldbonen als gemiddelde waarde kan worden aangehouden, worden berekend met formule 5.8 (zie paragraaf 5.4):

$$\delta \text{sVRE}_{i(\text{tanninen-veldbonen})} = - 1,5 * \delta \text{ catechine equivalent}_{\text{veldbonen}} \quad [\text{F10.19}]$$

waarbij:

$\delta \text{sVRE}_{i(\text{tanninen-veldbonen})}$ = de verandering in de hoeveelheid schijnbaar ileaal verteerd RE (in g/kg veldbonen)

$\delta \text{ catechine equivalent}_{\text{veldbonen}}$ = afwijking in het tanninengehalte ten opzichte van het gemiddelde gehalte in witbloeiende dan wel bontbloeiende veldbonen (in g/kg veldbonen)

Het vaststellen van de gemiddelde gehalten aan tanninen in witbloeiende en bontbloeiende veldbonen, en de daarbij behorende schijnbare ileale verteerbaarheid van RE valt buiten het kader van dit rapport.

In Hoofdstuk 7 is voorgesteld, gezien het werkingsmechanisme van tanninen, het effect ervan op de ileale verteerbaarheid van aminozuren als volgt te verrekenen:

- 50 % van het effect toeschrijven aan een verlaagde verteerbaarheid van endogeen eiwit, en daarvoor het aminozuurpatroon van basaal endogeen eiwit aanhouden;
- 50 % van het effect toerekenen aan een verlaagde ware verteerbaarheid van voereiwit, en daarvoor het aminozuurpatroon van veldbonen aanhouden.

Gebruikmakend van de gegevens in Tabel 9 voor het aminozuurpatroon van endogeen eiwit en van de Veevoedertabel (1997) voor dat van paardebonden/veldbonen, worden de rekenregels voor de vijf eerst limiterende aminozuren:

$$\delta sVLYS_{i(\text{tanninen-veldbonen})} = - 1,5 * \delta \text{ catechine equivalent}_{\text{veldbonen}} * 4,9/100^5 \quad [F10.20]$$

$$\delta sVMET_{i(\text{tanninen-veldbonen})} = - 1,5 * \delta \text{ catechine equivalent}_{\text{veldbonen}} * 0,9/100 \quad [F10.21]$$

$$\delta sVCYS_{i(\text{tanninen-veldbonen})} = - 1,5 * \delta \text{ catechine equivalent}_{\text{veldbonen}} * 1,6/100 \quad [F10.22]$$

$$\delta sVTHR_{i(\text{tanninen-veldbonen})} = - 1,5 * \delta \text{ catechine equivalent}_{\text{veldbonen}} * 4,3/100 \quad [F10.23]$$

$$\delta sVTRP_{i(\text{tanninen-veldbonen})} = - 1,5 * \delta \text{ catechine equivalent}_{\text{veldbonen}} * 1,1/100 \quad [F10.24]$$

⁵ Het lysine-gehalte in endogeen eiwit en veldbonen is resp. 3,4 en 6,3 g/100 g RE
 Dit betekent dat gerekend moet worden met een lysine-gehalte van $(0,5 * 3,4 + 0,5 * 6,3) = 4,85 = 4,9 \text{ g}/100 \text{ g RE}$.

De gehalten aan de andere genoemde aminozuren zijn op analoge manier berekend.

11. REFERENTIES

- Babinsky, L., Van der Meer, J.M., Boer, H. en Den Hartog, L.A. (1990). An *in vitro* method for prediction of the digestible crude protein content in pig feeds. *J. Sci. Food Agric.* 50, 173 - 178.
- Bertrand, G., L. Hingand, C. Kerlan, D. Tomé en B. Sève (1988). Absence d'effets antinutritionnels des lectines de pois, sous forme native ou purifiée chez le porcelet; comparaison avec les lectines de soja. *Sci. des Aliments* 8, 187-212.
- Boisen, S.B. en Moughan, P.J. (1996). Dietary influences on endogenous ileal protein and amino acids loss in the pig. A review. *Acta. Agric. Scand. Sect. A. Animal Sci.*, 46, 154-164.
- Buraczewska, L., 1979. Secretions of nitrogenous compounds in the small intestine of pigs. *Acta Physiol. Polou.* 30(2): 321-328.
- Buraczewska, L., B. Pastuszewska, S. Smulikowska en J. Wasilewko (1993). Response of pigs, rats and chickens to dietary level of alkaloids of different lupin species. In: *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds*. Eds. A.F.B. van der Poel, J. Huisman, H.S. Saini. Proc. of the second International Workshop on Antinutritional Factors in Legume Seeds, Wageningen, The Netherlands, 1-3 December 1993. pp. 371-376.
- Hamer, R.J., Koninkx, J., van Oort, M.G., Mouwen, J. en Huisman, J. (1989). New developments in lectin analysis. In: *Recent Advances of research in Anti-nutritional Factors in legume seeds*. Proceedings of the first international workshop on antinutritional Factors (ANF) in legume seeds. Wageningen. The Netherlands, pp. 30-33.
- Horszcraruk, F. L. Buraczewska en S. Buvaerewski (1974). Amount and composition of intestinal juice collected from isolated intestinal loops of pigs. *Rocs. Nauk. Rol. Ser. B*, 95(2): 69-77.
- Huisman, J. (1990). Proefschrift: Antinutritional effects of legume seeds in piglets, rats, and chickens.
- Huisman, J., Verstegen, M.W.A., Van Leeuwen, P. en Tamminga, S. (1993). Reduction of N pollution by decrease of the excretion of endogenous N in pigs. In: *Nitrogen flow in pig production and environmental consequences*, Pudoc, Wageningen, 55-62.
- Jansman, A.J.M. e.a. (1997). Reductie van de N-uitscheiding door vermindering van de secretie van endogeen eiwit bij éénmagige landbouwhuisdieren; bepaling van de relatie tussen de uitscheiding van endogeen eiwit op het einde van de dunne darm en de N-benutting door groeiende vleesvarkens (45-60 kg) bij gebruik van verschillende eiwitbronnen. ILOB/TNO rapport Nr. I 96-3998c.
- Jansman, A.J.M., Beelen, G.M. en Grala, W. (1996). Reductie van de N-uitscheiding door vermindering van de secretie van endogeen eiwit bij éénmagige landbouwhuisdieren. Bepaling van de relatie tussen de uitscheiding van endogeen eiwit op het einde van de dunne darm en de N-benutting door groeiende vleesvarkens (45 - 60 kg) bij gebruik van verschillende eiwitbronnen. ILOB/TNO Rapport Nr. I 96-3998c.
- Jansman, A.J.M. en J. Huisman (1995). Some antinutritional factors in feeds and feed-stuffs. Proceedings 10th European Symposium on Poultry Nutrition of the World's Poultry Science Association. October 15-19th 1995. Antalya - Turkey. p. 95-106.
- Jansman, A.J.M. (1993). Proefschrift: TANNINS IN FABA BEANS (*VICIA FABA L.*); antinutritional properties in monogastric animals. (Wageningen).
- 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.
- Kik, M.J.L. (1991). Proefschrift: Effects of Lectins in Legume Seeds on the structure and function of the small intestinal mucosa. *In vivo* and *in vitro* studies. (Utrecht).
- Koninkx, J.F.J.G., H.G.C.J.M. Hendriks, J.M.A. van Rossum, T.S.G.A.M. van den Ingh en J.M.V.M. Mouwen (1992). Interaction of legume lectins with cellular metabolism of

- differentiated Caco-2 cells. *Gastroenterology* 102, 1516-1523.
- Kuhla, S. en Ebmeier, C. (1981). Untersuchungen zum Tanningehalt in Ackerbohnen. *Archiv Tierernährung* 31, 573-588.
 - Kwaliteitreeks: nr 23, juni 1993, Anti-nutritionele factoren in vlinderbloemigen en nutritionele effecten bij éénmagige landbouwhuisdieren. Produktschap voor Veevoeder.
 - Koninkx, J.F.J.G., M.J.L. Kik en J.M.V.M. Mouwen (1993). Onderzoek naar de schadelijkheid van lectinen in in vitro en in vivo onderzoeksmodellen. In: Kwaliteitreeks: nr 23, juni 1993, Anti-nutritionele factoren in vlinderbloemigen en nutritionele effecten bij éénmagige landbouwhuisdieren. Produktschap voor Veevoeder. p. 37-51.
 - Le Guen, M.P. (1993). Proefschrift: Pea proteins for piglets: Effects on digestive processes.
 - NEN 3573, Ontwerpnorm "Bepaling van de trypsineremmersactiviteit van sojaproducten".
 - Proceedings van de internationale ANF-Workshops gehouden in 1988 en 1993 (resp. 389 en 550 pagina's).
 - Qin, G., E.R. ter Elst, M.W. Bosch, en A.F.B. van der Poel (1996). Thermal processing of whole soya beans: Studies on the inactivation of antinutritional factors and effects on ileal digestibility in piglets. *Animal Feed Science and Technology* 57, 313-324.
 - Schulze, H. (1994). Proefschrift: Endogenous ileal nitrogen losses in pigs. Dietary factors.
 - Souffrant, W.B. (1991). Endogenous nitrogen losses during digestion in pigs. Proceedings of the Vth International Symposium on Digestive Physiology in pigs. Wageningen, Netherlands, p. 147-166.
 - Van Leeuwen, P., Verstegen, M.W.A., Huisman, J. en Schulze, H. (1993). Endogene eiwitten als factor voor het optimaliseren van *in vitro* verteringstechnieken bij varkens (Evaluatie rapport). ILOB/TNO Rapport Nr. I 93-3864.
 - Van der Poel, A.F.B. (1990). Proefschrift: Effects of Processing on Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Protein Quality.

