

INSTITUUT VOOR BIOLOGISCH EN SCHEIKUNDIG ONDERZOEK
VAN LANDBOUWGEWASSEN

WAGENINGEN

Verslagen

nr. 69, 1974

PLANTAARDIG EIWIT IN VEEVOER

door

Mej. drs. J.M. Braber

INHOUD:

	blz.
1. Inleiding	1
2. Eiwitkwaliteit	1
3. Resorptie van een voeder- eiwit bij eenmagigen	2
4. Gebruikelijke methoden ter waardering van de eiwitkwali- teit	5
4.1. De zuiver chemische analyse	5
4.2. De biologische analyse	7
5. De aminozuursamenstelling van plantaardig eiwit	10
6. Mogelijkheden om de kwaliteit van het plantaardige eiwit te verbeteren	12
7. Literatuur	14
Tabellen 1 t/m 6	

1. Inleiding

Tot voor enkele jaren werd in de EEG-landen een groot deel van het benodigde eiwit voor het veevoeder als vismeel betrokken uit Peru. De lage visvangsten van de laatste tijd noodzaakten de veevoedingsindustrie andere bronnen te zoeken.

Sojameel, voornamelijk afkomstig uit de Verenigde Staten kon vismeel goed vervangen, maar dit werd spoedig schaars en duur. Om minder afhankelijk te worden van de Amerikaanse eiwitleveranciers werd in EEG-verband besloten om de produktie van plantaardig eiwit kwalitatief en kwantitatief te verbeteren.

2. Eiwitkwaliteit

Het begrip kwaliteit in verband met eiwit in de voeding verdient enige toelichting. Het lichaamseiwit wordt voortdurend opgebouwd en afgebroken, uitgezonderd dat van de hersenen. De benodigde bouwstenen, de aminozuren, worden in het lichaam gesynthetiseerd of omgevormd uit met de voeding opgenomen eiwitten of eenvoudige stikstofverbindingen of uit vrijgekomen aminozuren van afgebroken lichaamseiwitten.

Een groeiend individu heeft vooral aminozuren nodig voor de opbouw van het lichaamseiwit, bij volwassen individuen gaat het meer om onderhoud. Verder hebben manlijke, vrouwelijke, zwangere (drachtige), zogende (melkgevende), eierleggende, zieke en herstellende individuen alle hun eigen specifieke eisen ten aanzien van het op te nemen aminozuurpatroon.

De verwerking van de met de voeding opgenomen aminozuren (eiwitten) verloopt bij herkauwers (rund, schaap) anders dan bij eenmagigen (mens, varken, kip).

De laatste groep moet een aantal van de ruim twintig benodigde aminozuren met het voedsel opnemen, omdat ze niet gesynthetiseerd kunnen worden.

Voor de mens zijn deze essentiële aminozuren : lysine, fenylalanine, tryptofaan, methionine, threonine, leucine, isoleucine, en valine.

Semi-essentieel zijn tyrosine en cystine, ze hoeven niet in het voedsel voor te komen als er voldoende fenylalanine respectievelijk methionine aanwezig is. Deze aminozuren kunnen namelijk worden omgezet tot tyrosine en cystine.

Arginine kan wel in het lichaam aangemaakt worden, maar bij sterk groeiende individuen is de produktie te klein zodat het dan uit de voeding moet komen. Voor mestvarkens, kippen en kinderen is het dus essentieel. Zuigelingen hebben ook histidine nodig. Voor ratten, honden en varkens is histidine ook essentieel, voor kippen bovendien nog glycine.

Een eiwit, dat het rijkst is aan essentiële aminozuren en deze in een verhouding bevat, die het dichtst die van het lichaamseiwit benadert, zal de hoogste kwaliteit of voedingswaarde hebben, mits het volledig geresorbeerd wordt.

Het essentiële aminozuur, dat naar verhouding het minst voorkomt is de beperkende factor voor de eiwitbenutting. De overbodige aminozuren worden ongebruikt uit het lichaam afgevoerd met de urine, waar ze als ureum (zoogdieren) of urinezuur (vogels) in terecht komen.

Bij herkauwers speelt de samenstelling van het opgenomen voedereiwit een veel kleinere rol. In de pens bevindt zich een bacterieflora, die in staat is te leven van koolhydraten en van eenvoudige stikstofverbindingen als amides (ureum), ammoniumzouten of nitraat. Het bacterie-eiwit wordt dan door de herkauwers verder verteerd. De aminozuursamenstelling van het opgenomen voedsel is dus niet belangrijk, alleen het stikstofgehalte en het koolhydraatgehalte zijn dat. Ureum, een gemakkelijk te verkrijgen stikstofbron, kan tot 1 % aan het voer worden toegevoegd (3). Er zijn ook proeven, waarbij varkensmest (dat ureum bevat) aan rundvee wordt gevoerd. Een ander verschil met éénmagigen is, dat runderen en schapen in staat zijn ruwvezelige gewassen zoals gras, te verteren, die voor varkens en kippen niet eetbaar zijn. Maar gras bevat meer eiwit dan een rund nodig heeft, zodat een gedeelte toch niet benut wordt.

Voor rundveevoeding is de kwalitatieve eiwitproduktieverbetering niet van belang, alleen de kwantitatieve. Daarom kunnen we ons beperken tot het in beschouwing nemen van de eisen die varkens en kippen aan hun voer stellen. Zie tabel I. (1,2)

3. Resorptie van een voedereiwit bij eenmagigen (3) (4)

In het ideale geval dat 100 % van het voedereiwit geresorbeerd wordt, moet de aminozuur samenstelling gelijk zijn

aan die van het lichaamseiwit. In dat geval is de voederwaarde van een eiwit of een mengsel te berekenen uit een chemische analyse.

In de praktijk is de resorptie niet volledig en bovendien voor ieder aminozuur verschillend. Wat gebeurt er tijdens de vertering en wat is de nettoresorptie van de aminozuren dan wel ?

Het voedsel eiwit wordt door verteringsenzymen gedeeltelijk gehydrolyseerd. Een gedeelte wordt als aminozuur geresorbeerd (V 1); een gedeelte wordt wel tot aminozuur gehydrolyseerd, maar niet geresorbeerd (V 2); een gedeelte wordt tot peptide gehydrolyseerd (een peptide is een kleine eiwitketen met slechts enkele aminozuurresten) (V 3) en een gedeelte wordt niet gehydrolyseerd (V 4). Deze fracties hebben meestal niet hetzelfde aminozuurpatroon en verschillen daarin ook van het oorspronkelijke voedingseiwit.

Bij de portie N die met het voedsel is opgenomen wordt een hoeveelheid metabolische N gevoegd als enzym of als afgestoten delen van de maagdarwand. Deze portie is vaak groter dan die van het voedsel-N. Deze metabolische N wordt op dezelfde manier verteerd als het voedsel eiwit en levert ook vier (M) fracties.

De fracties V 2 t/m V 4 en M2 t/m M4 worden in het darmkanaal verder omgezet door bacteriële activiteiten.

Onder omstandigheden waarbij bacteriën afsterven en het lichaam verlaten, kan het aminozuurpatroon zich wijzigen, door ontleding en omvorming. Het verschil in lysine tussen rantsoen-lysine en faeces behoeft niet gelijk te zijn aan de netto hoeveelheid geresorbeerde lysine. Zie fig. 1.

Om de juiste voedingswaarde van een eiwit te kennen is het dus noodzakelijk om de resorptie van de aminozuren te weten, of ten minste die van het beperkende aminozuur. Op basis van aminozuursamenstelling zijn lysine en methionine meestal beperkend en deze aminozuren zullen ook vaak beperkend zijn in de resorptie, omdat ze gemakkelijk beschadigd en daardoor onopneembaar worden.

Onderzoek naar de resorptie van eiwitten wordt uitgevoerd in Hoorn, Beekbergen en Zeist.

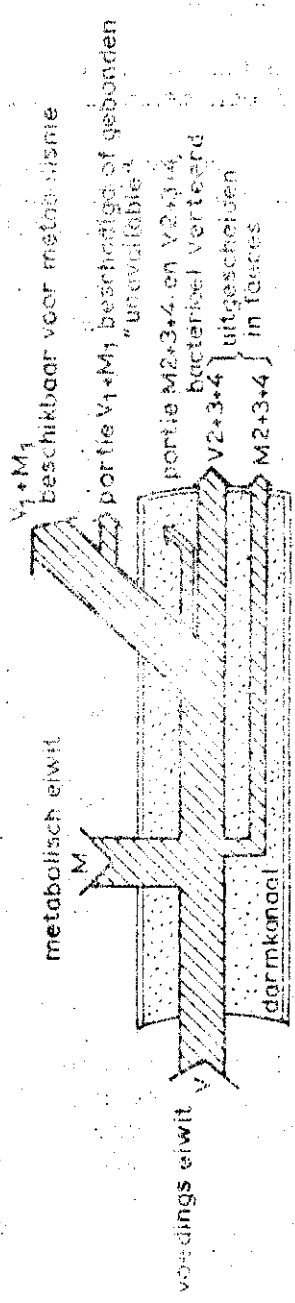


Fig. 1. Schematische voorstelling van een voedingsreiwit bij een mens.

4. Gebruikelijke methoden ter waardering van de eiwitkwaliteit

(5) (6)

Hoe kunnen we de kwaliteit van een voedingseiwit uitdrukken in een getal? Hiervoor zijn verschillende benaderingen mogelijk.

4.1. De zuiver chemische analyse.

Deze is onmisbaar als eerste benadering. Van een voeder-eiwit wordt chromatografisch de aminozuursamenstelling bepaald. Van de essentiële aminozuren worden de relatieve gehalten t.o.v. het als ideaal beschouwde voedingseiwit voor het betreffende dier (of de mens) berekend. Het laagste relatieve gehalte geeft het beperkende aminozuur aan en tevens de chemische waarde van het eiwit (chemical score, volgens Mitchell en Block)

Voor de menselijke voeding heeft de FAO een referentie-eiwitsamenstelling afgeleid van ei-eiwit, als ideaal gesteld. In graaneiwit is lysine de beperkende factor, met bijvoorbeeld in tarwe een gehalte van 27%. Het referentie-eiwit voor de mens moet 6,4% lysine bevatten. De chemische waarde is dus $27/6,4 \times 100 = 42\%$. Dat betekent, dat van iedere 100 gram gegeten graaneiwit slechts 42 gram benut kan worden. De rest is verspild.

De benutting kan verbeteren als tegelijk met het graaneiwit een eiwit wordt gegeten, dat een ander beperkend aminozuur en een overschot aan lysine heeft, bijvoorbeeld eiwit van melk of peulvruchten. De optimale mengverhouding is te berekenen als in het voorbeeld.

	ILEU	LEU	LYS	METH. + CYS	PHE + TYR	THR	TRY	VAL	
Rogge	4,0	6,1	3,8	3,4	6,5	3,5	1,1	4,9	g AZ/100 g eiwit
Erwt	4,9	7,0	7,2	1,9	6,7	4,1	1,0	5,0	
FAO-ref. eiwit	6,6	8,8	6,4	5,5	10,0	5,1	1,6	7,3	
Rogge	61	69	59	62	65	69	69	67	%AZ t.ov. ref. eiwit
Erwt	74	80	113	35	67	80	63	68	

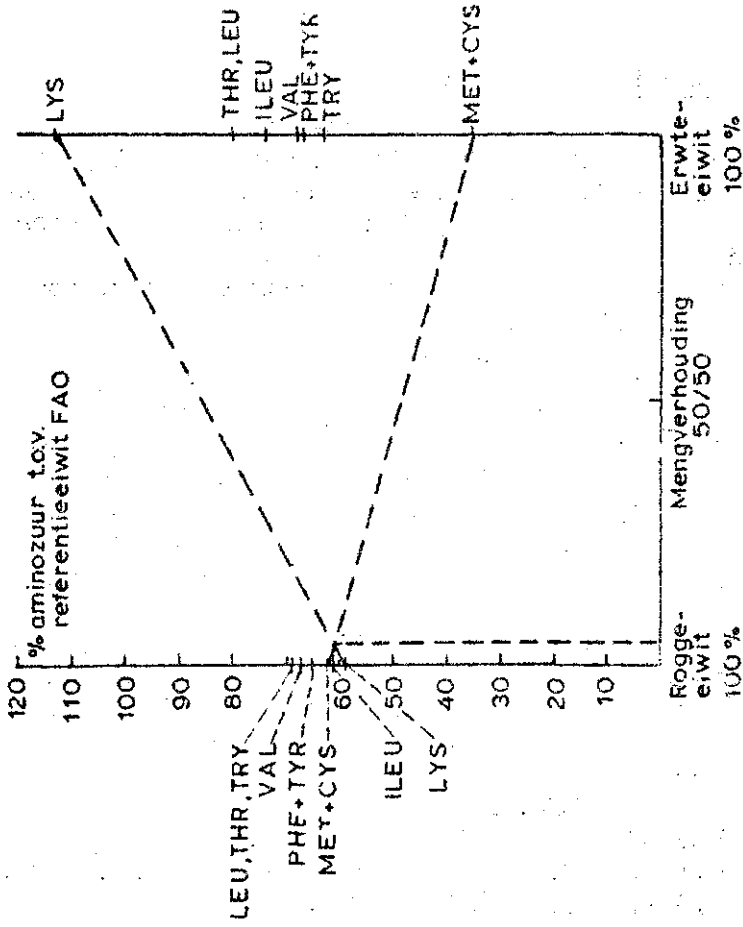


Fig. 2. Grafiek van de chemische waarde van mengfels van rogge- en erwt-eiwit.

In het rogge-eiwit is lysine beperkend, de chemische waarde is 59; in het erwte-eiwit is een tekort aan zwavelhoudende aminozuren, de chemische waarde is 35. Het gehalte aan essentiële aminozuren t.o.v. het FAO referentie-eiwit is als volgt:

Aminozuur	Afkorting	Gehalte in rogge-eiwit	Gehalte in erwte-eiwit
Isoleucine	ILEU	61	74
Leucine	LEU	69	80
Lysine	LYS	59	113
Methionine + Cystine	MET + CYS	62	35
Phenylalanine + Tyrosine	PHE + TYR	65	67
Threonine	THR	69	80
Tryptofaan	TRY	69	63
Valine	VAL	67	68

Uit de grafiek (fig. 2) is de optimale mengverhouding af te lezen. Bij een mengsel van 95 % rogge-eiwit met 5 % erwte-eiwit is een chemische waarde te bereiken van 61. Het erwte-eiwit kan al door een geringe toevoeging van rogge-eiwit sterk in chemische waarde stijgen. Het oude gebruik om erwte-soep met een snee roggebrood te eten is dus erg zinvol.

4.2 De biologische analyse

Hieronder wordt verstaan de waardering van een voedingseiwit via een dierproef. Hiervoor zijn verschillende standaardprocedures in zwang:

a. Bepaling van de biologische waarde (biological value = BV) door Thomas en Mitchell gedefinieerd als het percentage van de hoeveelheid geresorbeerde stikstof dat door het lichaam wordt benut.

In formule:

$$BV = \frac{\text{de nuttig gebruikte stikstof}}{\text{de uit het voedsel geresorbeerde stikstof}} \times 100$$

Deze kan worden bepaald in een stikstofbalansproef met dieren. De biologische waarde van ei-eiwit voor de mens is bijvoor-

beeld 96 %. Als aan een eiwit een essentieel aminozuur ontbreekt is de BV = 0. Een voorbeeld is gelatine, dat tryptofaan mist.

b. De bepaling van de werkelijke verteerbaarheid, of true digestibility (TD). Dat is het percentage voedselstikstof dat geresorbeerd wordt. Voor ei-eiwit 97 %.

c. De bepaling van de netto eiwitbenutting (Net protein utilization (=NPU).

De netto eiwitbenutting houdt rekening met wat werkelijk geresorbeerd is van het in het voer opgenomen eiwit. Als 97 % wordt geresorbeerd is de NPU voor ei-eiwit voor de mens $0,97 \times 96 = 93 \%$.

d. Bepaling van de protein efficiency ratio (PER, volgens Osborne). Deze berust op de groeitoename van jonge proefdieren, die een dieet krijgen met als enige stikstofbron een bekende hoeveelheid van het te onderzoeken eiwit. Uit de gewichtstoename tijdens de proefperiode volgt de PER.

$$\text{PER} = \frac{\text{gram gewichtsvermeerdering}}{\text{gram gegeten eiwit}}$$

Voor een groot aantal voedingsmiddelen zijn de aminozuren-samenstellingen, de chemische waarde en de biologische waarde voor de mens getabelleerd. Wat daarbij opvalt is dat de chemische waarde niet overeenkomt met de biologische. Dat heeft verschillende oorzaken:

1. Het niet helemaal ideaal zijn van het standaardeiwit.

Voor een groeiend individu is de behoefte aan de verschillende essentiële aminozuren niet zo moeilijk vast te stellen. Het meest ideale eiwit geeft de hoogste groei per eenheid eiwit.

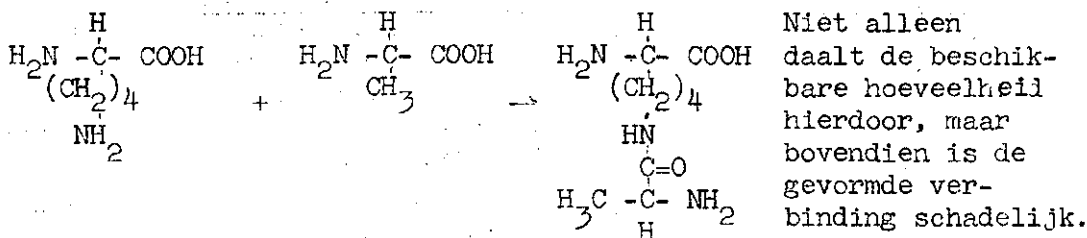
Voor een volwassen individu is de groei geen criterium meer, maar de gezondheidstoestand, die slechts op lange termijn bestudeerd kan worden. Voor de volwassen mens is de minimale hoeveelheid benodigd eiwit niet eens nauwkeurig bekend, laat staan de ideale samenstelling.

Bij de laatste wereldvoedselconferentie werd de norm voor mannen verlaagd tot 0,58 gram hoogwaardig eiwit per kg lichaamsgewicht per dag bij voldoende calorietoever uit koolhydraten of vetten. Bij onvoldoende calorievoorziening uit de rest van het voedsel wordt een gedeelte van het eiwit voor energie gebruikt en is dus verloren voor eiwitonderhoud of -opbouw. De caloriebehoefte voor mannen wordt gesteld op 3000 per dag,

maar die is weer afhankelijk van de activiteiten van het individu. De eiwitnorm ligt dus niet vast en is waarschijnlijk nog te hoog gesteld. Door deze norm te verlagen wordt het berekende wereldvoedseltekort iets minder groot dan het was.

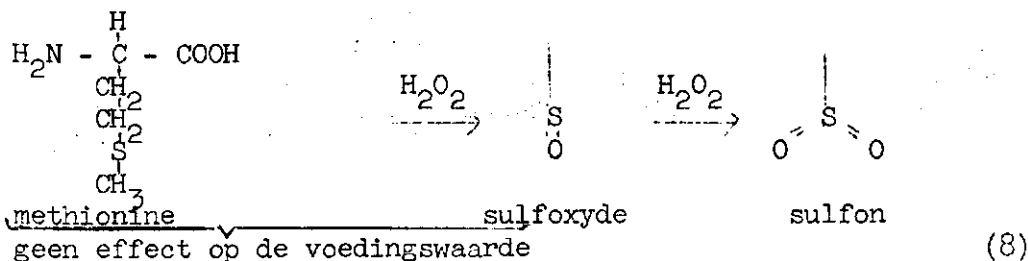
2. Het gedeeltelijk niet beschikbaar zijn van essentiële aminozuren door chemische reactie.

Dit komt vooral voor bij bewerkte voedingsmiddelen, bijvoorbeeld bij de extractie van eiwitten uit slecht verteerbaar plantenmateriaal (Leaf Protein Concentrate = LPC). De lysine wordt bij de toegepaste loogbehandeling omgezet tot lysine-alanine, dat niet meer opneembaar is, maar wel in de chemische analyse als lysine wordt bepaald.



De Maillardreactie, tussen aminogroepen en reducerende suikers bij verhitting of vriesdrogen is ook een oorzaak van blokkade van de -aminogroep van lysine. Bij extractie van bladeiwitten is er dan nog de mogelijkheid van uitschakeling van de aminogroep van lysine door reactie met polyfenolen en chinonen, waarna polymerisatie van de polyfenolen tot tannine-eiwitcomplexen optreedt. (7).

Methionine, in vele voedingsmiddelen het beperkende aminozuur, kan beschadigd worden, in de praktijk door waterstofperoxydebehandeling die wordt toegepast voor bleking of conservering. Het wordt omgezet tot het sulfon via het sulfonyde.



Er zijn pogingen gedaan om via chemische analyse niet de totale hoeveelheid maar de beschikbare hoeveelheid lysine te bepalen.

Carpenter ontwikkelde een methode die geschikt was voor dierlijk eiwit, maar faalde bij plantaardige monsters of mengsels (7). Allison werkt aan een methode voor plantaardig eiwit en komt hiermee tot een betere correlatie tussen de chemische en de biologische waarde. Dan is er nog een microbiologische analysemethode van Ford (7).

3. De fout in een aminozuuranalyse volgens de chromatografische methode is vrij groot, $\pm 5\%$.

4. De biologische waarde van een eiwit voor de menselijke voeding wordt afgeleid uit voederproeven met groeiende ratten.

De resultaten van dergelijke proeven zouden eventueel toepasbaar zijn voor groeiende kinderen, maar ratten hebben een relatief grotere behoefte aan zwavelhoudende aminozuren (methionine en cystine) omdat ze een dichte vacht hebben, die opgebouwd en onderhouden moet worden en die relatief veel zwavel bevat.

Voor varkens of kippen, waar de aminozuurbehoefte vrij nauwkeurig van bekend is, kan uit de chemische analyse hoogstens de maximale voedingswaarde worden berekend.

Voor een betrouwbare kwaliteitsbeoordeling van welk voedingseiwit dan ook zijn tot nu toe dierproeven onmisbaar gebleken.

5. De aminozuursamenstelling van plantaardig eiwit

Van veel voedingsmiddelen in de aminozuursamenstelling bekend en getabelleerd. Deze wordt opgegeven in g aminozuur per 16 g stikstof, g aminozuur per 100 g eiwit of g aminozuur per 100 g voedingsmiddel (5, 15, 16, 17). Dit laatste vooral voor de praktische bruikbaarheid van de getallen bij het berekenen van diëten. Voor de omrekening van stikstof naar eiwit is een factor nodig, die niet voor iedere soort eiwit precies bekend is. Vaak wordt 6,25 gebruikt, de factor die past bij een stikstofgehalte van 16 %, maar deze hoort eigenlijk bij vleeseiwit. Voor melkeiwit (caseïne) is de factor 6,38, voor ei-eiwit 6,35. Voor plantaardig eiwit ligt de factor beneden de 6, voor tarwe (graan) is hij bijvoorbeeld 5,7. Voor bladeiwit is 5,9 gebruikelijk.

De aminozuursamenstellingen van dezelfde organen van verschillende soorten planten vertonen grote overeenkomst. Verschillen treden op in de aard en de relatieve hoeveelheden van de vrije aminozuren en in de relatieve hoeveelheden van de verschillende samenstellende eiwitten. Deze worden beïnvloed door factoren als ras, voeding, leeftijd van het weefsel. (18).

Om een idee te krijgen van de spreiding in het lysinegehalte van granen zijn vele rassen onderzocht:

Triticum durum	2,0 - 2,7	% lysine v.h. eiwit
Triticum aestivum	2,5 - 2,9	
Triticum diploid, tetraploid, hexaploid	2,6 - 3,5	
Secale	2,4 - 4,3	
Triticale	2,6 - 3,7	(19)

Stikstofbemesting zou het lysinegehalte van graan verhogen, omdat het een verschuiving veroorzaakt in de relatieve hoeveelheden van de graaneiwwitten, terwijl de aminozuursamenstelling van die eiwitten dezelfde blijft. (20)

Graaneiwwitten zijn doorgaans arm aan lysine, peulvruchten aan methionine. Bladeiwitten hebben een veel hoger lysinegehalte dan granen, maar zijn vaak ontoegankelijk door een te hoog cellulosegehalte in het blad. Zie tabel II, III en IV. De meeste aminozuuranalyses die in tabellen zijn gepubliceerd hebben betrekking op planten die in een gematigd klimaat zijn opgegroeid. De aminozuursamenstelling van in de tropen opgegroeide planten komt overeen met die van planten uit een gematigd klimaat. (CFTRI, Midore, Byers 1970).

Een serie analyses van planten uit India (Devi e.a. 1965) gaf een lysinegehalte dat slechts de helft of minder was dan van vele andere analyses van soortgelijke planten, vermoedelijk ten gevolge van een slechte analysemethode. Ongelukkigerwijze zijn deze getallen opgenomen in de tabellen van Harvey, zodat het hieruit lijkt of alle planteneiwitten lysinedeficiënt zijn. (7)

Om de grote voorraden plantaardig eiwit, die er bijvoorbeeld zijn in de vorm van gras, toch te kunnen benutten, zijn van vele soorten planten concentraten gemaakt en bekeken op voedingswaarde. (7, 21, 22, 23)

De aminozuursamenstelling van de produkten (LPC = leaf protein concentrate) was in de meeste gevallen gunstiger dan van het uitgangsprодукt, maar de voedingswaarde viel tegen. Methionine is het beperkende aminozuur en het wordt door de bewerking

gedeeltelijk onopneembaar. Zie tabel V.

De werkelijke verteerbaarheid (true digestibility) van gevriesdroogd LPC is 75 - 85 %, de biologische waarde 70 - 80 %. Door drogen bij 100° daalt de TD met 10 - 20 % en de BV met 5 - 6 %. (7)

De soort, variëteit of leeftijd van het geëxtraheerde bladmateriaal had nauwelijks invloed op de chemische samenstelling van het LPC, wel op het extraheerbaar eiwitgehalte en ook op de biologische waarde. Deze laatste neemt toe met de leeftijd omdat de hoeveelheid beschikbare methionine dan toeneemt, terwijl het totaal eiwitgehalte door een maximum gaat. De optimum oogsttijd ligt daarom iets na het maximum eiwitgehalte.

Bij de bereiding van een LPC wordt vers plantenmateriaal fijngemalen, de pulp wordt uitgeperst en uit het perssap wordt het eiwit geïsoleerd door aanzuren, verhitten, TCA-toevoeging of uitzouten met ammoniumsulfaat.

Het verhitten kan in fasen gebeuren. De fractie die tot 53° uitvloeit wordt het chloroplastische eiwit genoemd, de fractie die dan neerslaat bij verder verhitten tot 80° is het cytoplasmatische eiwit.

De samenstelling van deze fracties is onafhankelijk van de leeftijd van het bladmateriaal. Het cytoplasmatische eiwit is rijker aan lysine en histidine dan het chloroplastische. De samenstelling van de verschillende preparaten uit gersteblad is vermeld in tabel V. (7). Tevens is ter vergelijking vermeld de samenstelling van Fractie-1-eiwit. (24). Dit eiwit dat zich in de chloroplasten bevindt, vormt vooral in jong blad het grootste deel van het oplosbare eiwit en te verwachten is daarom, dat het ook een aanzienlijk deel van het LPC vormt.

In tabel VI zijn een aantal grassoorten opgenomen, om een indruk te krijgen van de spreiding in het gunstige lysinegehalte.

6. Mogelijkheden om de kwaliteit van het plantaardige eiwit te verbeteren.

Door veredeling is het nog wel mogelijk om lysinerijkere graansoorten te kweken, wat bij mais reeds gelukt is. Vaak

wordt de opbrengst per ha echter lager, wat ook het geval is als het totaal eiwitgehalte hoger is. Wat aan de ene kant gewonnen wordt aan kwaliteit gaat aan de andere dan weer verloren aan kwantiteit. Dit geldt ook voor de teelt van sojabonen. Dit aantrekkelijke gewas met 40 % eiwit in de boon heeft onder Europese omstandigheden niet zulke hoge opbrengsten als in Amerika. Veldbonen (*Vicia faba*) lijken voorlopig geschikter voor ons klimaat. (25)

Bij de beoordeling van de geschiktheid van een gewas als groenvoer voor het varker spelen niet alleen de eiwitkwaliteit en de eiwitopbrengst per ha een rol, maar ook de verteerbaarheid van het eiwit. Deze is voor vele planten bepaald, zie tabel II, III en IV, en voor jonge planten hoger dan voor oudere.

Vanwege het hoge ruwvezelgehalte is de verteerbaarheid van de meeste planten voor het varken niet hoger dan 70 %. Het eiwit van vers jong gras (*Lolium perenne*) wordt voor 65 % verteerd, van gedroogd jong gras voor 52 %. Herkauwers verteren 81 % van het jonge graseiwit. Ouder gras is slechter verteerbaar (26).

Om verschillende redenen is gras een geschikt gewas om via bladconcentraten tot een betere benutting te komen. Er zijn grote voorraden gras aanwezig, het heeft een hoge seizoenopbrengst per hectare, het bevat eigenlijk teveel eiwit voor het rundvee. In Engeland wordt geëxperimenteerd om het graseiwit geschikt te maken als LPC voor varkensvoer en zelfs voor de menselijke voeding. Het residu kan dan alsnog aan het rundvee worden gevoerd. Van *Lolium perenne* blijkt 40 - 50 % van het eiwit als LPC te isoleren te zijn. (21)

De verteerbaarheid voor varkens hiervan is ongeveer 80 %. (23) Het uitpersen van gras kan alleen op kleine schaal gebeuren en is arbeidsintensief, kost energie en is daarom duur op dit moment.

Een andere dure, maar efficiënte methode om de plantaardige eiwitkwaliteit te verbeteren is door toevoeging van synthetisch bereide lysine en/of methionine.

7. Literatuur

1. J.P. Cornelissen, Officieel Orgaan FNZ 66 (1974) 214
Alternatieve mogelijkheden bij de eiwitvoorziening van de veestapel in de EEG.
2. Klostermeyer, Gravert, Reisch. Kraftfutter 57 (1974) 159
Welternährungsprobleme lösbar.
3. A.J.H. van Es, De waardering van het eiwit voor de voeder-
middelen voor éénmagigen (discussiebijdrage op stencil,
1974)
4. P. van der Wal, Views on the pig's requirements for amino-
acids and new sources of these nutrients suitable for use
in the feeding of pigs.
Symposium on new developments in the provision of amino-
acids in the diets of pigs and poultry. December 1972.
5. FAO nutritinonal studies no. 24, Aminoacid content of
foods, FAO Rome, 2 e druk 1970.
6. C. den Hartog. Nieuwe voedingsleer. Het Spectrum, Utrecht,
1966.
7. N.W. Pirie. Leaf protein. It's agronomy, preparation,
quality and use. IBP Handbook nr. 20. Blackwell
Scientific publications Oxford 1971.
8. M. Byers. Journal of the science of food and agriculture
22 (1971) 242. Amino acid composition and in vitro diges-
tibility of some protein fractions from three species
of leaves of various ages.
9. McDonald, Edwards, Greenhalgh. Animal Nutrition.
2 e druk, 1973.
10. Nutrient requirements of domestic animals, no. 2, Nutrient
requirements of swine. National Academy of Sciences,
6e druk, 1968.
11. Feedstuffs Yearbook 1972.
12. Handboekje voor de varkenshouderij 1973.
13. J.T. Abrams. Recent advances in animal nutrition. J. & A.
Churchill Ltd London 1966.
14. Journées Avicoles I.N.R.A. Paris 1973.

15. K. Nehring, M. Beyer, B. Hoffmann. Futtermitteltabellenwerk, Oskar-Kellner Institut für Tierernährung des Forschungszentrums für Tierproduktion, Dummerstorf-Rostock, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 2 e druk 1972.
16. L.R. McDowell, J.H. Conrad, J.E. Thomas, L.E. Harris, Latin American Tables of Feed Composition, University of Florida, Gainesville, Florida 1974.
17. D. Harvey. Tables of the aminoacids in foods and feeding-stuffs. Commonwealth Bureau of Animal Nutrition, Technical Communication no. 19. Commonwealth agricultural bureaux, Farnham Royal, Bucks, England, 2 e druk 1970.
18. F. Haghiri. Agronomy Journal 58 (1966) 609. Influence of macronutrient elements on the aminoacid composition of soybean plants.
19. E. Villegas, C.E. McDonald, K.A. Gilles. Variability in the lysinecontent of wheat, rye and triticale proteins. Research Bulletin no. 10. International maize and wheat improvement centre, Mexico 1968.
20. I. Arnon. The influence of fertilization on the quality of the harvested product. Phytotechnie et fertilisation conference. Contribution from the Volcani Center. Agricultural Research Organization, Bet Dagan Series no. 179 E, 1973.
21. K. Lexander, R. Carlsson, V. Schalen, A. Simonsson. T. Lundborg. Annals of applied biology 66 (1970) 193. Quantities and qualities of leaf protein concentrates from wild species and crop species grown under controlled conditions.
22. E.D. Gerloff, I.H. Lima, M.A. Stahmann. Journal of agricultural and food Chemistry. 13 (1965) 139. Aminoacid composition of leaf protein concentrates.
23. K.M. Henry, J.E. Ford. Journal of the science of food and agriculture 16 (1965) 425. The nutritive value of leaf protein concentrates determined in biological tests with rats and by microbiological methods.
24. S.M. Ridley, J.P. Thornber, J. Leggett Bailey. Biochimica et Biophysica Acta 140 (1967) 62. A study of the water soluble proteins of spinach beetchloroplasts with particular reference to Fraction-I-protein.

25. H. Hammann. Die Grüne 102 (1974) 365. Möglichkeiten der betriebseigenen Proteinversorgung.
26. O. Kellner, M. Becker, Grundzüge der Fütterungslehre, Paul Parey Hamburg 15 e druck 1971.
27. Y. Nakashima, S. Kikuchi. Journal of the faculty of agriculture, Iwate University 10 (1970) 95.
Studies on the amino acid composition of roughage.
II Analysis table of amino acid contents in grass.
28. A. Lorenzo-Andreu, E. Bach, K.J. Frandsen. Acta Agricultura Scandinavica 14 (1964) 79. Studies on the variation in content and production of nitrogen and some essential amino acids in forage plants.
III Determination of lysine, histidine and arginine in plant material.
29. I. Krasnodebska, T. Ernest. Roczniki Nauk Rolniczych Tom 92 - B 4 (1970) 607. Chemical composition of four red clover varieties.
Part III Amino acid composition of red clover varieties at various stages of growth.
30. B. Maymone, E. Bergonzini. Annali della sperimentazione agraria 17 (1963) 247. Research on the essential amino acid content and biological value of the proteins of some fodders widely cultivated in the southern regions.
31. Y. Th. Bakker. Bedrijfsontwikkeling 5 (1974) 617. De verwerking van ureum en andere synthetische stikstofverbindingen in het rundveevoeder.

Tabel I. Essentiële aminozuren, behoefte van varkens en kippen, in % van het rantsoen dat ca. 90 % droge stof bevat

Soort	g AZ per 100 g rantsoen										g AZ/100 g eiwit			Kcal/kg rantsoen		
	ARG	HIS	ILEU	LEU	LYS	MET	MET + CYS	PHE	THR	TRY	VAL	LYS	MET + CYS		%RE	
Groeiende varkens																
1,4- 4,5 kg	0,45	1,2	1,3	2,0		1,2			0,8	0,3	0,9	6,7	4,0	30		4120
4,5- 9,0 kg	0,3	0,8	0,9	1,4		0,8			0,4	0,2	0,6	6,1	3,5	23		3250
9 -20 kg	0,2	0,6	0,6	1,0		0,6			0,45	0,1	0,45	5,6	3,3	18		3450
20 -50 kg		0,7	0,7	0,8		0,6			0,5	0,15		4,7	3,5	16,5		
50 -90 kg (9)		0,7	0,7	0,6		0,6			0,5	0,15		4,3	4,2	-18		
													MET	-15		
5 -10 kg	0,27	0,76	0,90	1,20	0,80				0,70	0,18	0,65	5,5	3,6	22		3500
20 -35 kg	0,20	0,18	0,50	0,60	0,70	0,50			0,50	0,45	0,13	4,4	3,1	16		3300
Slachtvarkens		0,35		0,50						0,09		3,5		14		3100
Fokzeugen en gelten(10)	0,20	0,43	0,66	0,49	0,35				0,52	0,42	0,08	3,5	2,5	14		3300
Slachtvarkens																
4,5-13,5 kg	0,37	0,34	0,76	0,84	0,73				0,79	0,14		4,3	3,7	20		3122
13,5-54 kg	0,25	0,23	0,52	0,67	0,50				0,54	0,11		4,6	3,1	16		3137
> 54 kg	0,15	0,14	0,33	0,40	0,30				0,32	0,07		4,3	2,1	14		3159
drachtige zeugen	0,25	0,17	0,37	0,56	0,42	0,28			0,33	0,07		3,5	2,3	12		3144

Tabel II. Aminozuursamenstelling van granen, peulvruchten en zaden

Soort	Aminozuur, gram per 16 gram totaal stikstof													% verteerbaar eiwit voor het varken	
	ARG	CYS	HIS	ILEU	LEU	LYS	MET	PHE	THR	TRY	TYR	VAL	%RE		
Tarwe Triticum vulgare	5	4,6	2,5	2,3	3,3	6,7	2,9	1,5	4,5	2,9	-	3,0	4,4	12,2	81
	15	5,2	2,0	2,1	4,2	6,7	2,8	1,6	4,5	3,2	1,1	3,0	4,6	12,1	
Rogge Secale cereale	5	4,6	1,9	2,2	3,5	6,2	3,4	1,5	4,4	3,3	-	1,9	4,8	11,0	77
	15	5,0	1,8	2,3	4,0	6,1	3,8	1,6	4,5	3,5	1,1	2,0	4,9	9,9	
Haver Avena sativa	5	6,3	2,7	2,1	3,8	7,3	3,7	1,7	5,0	3,3	-	3,3	5,1	13,0	73
	15	7,0	2,1	2,1	4,8	7,1	3,7	1,6	4,7	3,6	1,3	3,3	5,5	13,0	
Gerst Hordeum vulgare	5	4,7	2,3	2,1	3,6	6,7	3,5	1,7	5,1	3,3	-	3,1	5,0	11,1	81
	15	5,1	2,1	2,1	4,0	7,0	3,8	1,6	5,0	3,8	1,2	2,5	5,5	11,4	
Maïs Zea mais	5	4,2	1,6	2,7	3,7	15,5	2,7	1,9	4,9	3,6	0,7	3,8	4,9	9,5	79
	15	4,6	1,7	2,5	4,0	11,8	2,9	2,0	4,5	3,8	0,7	3,0	5,0	10,7	
Veldboon Vicia faba	5	8,9	0,8	2,4	4,0	7,1	6,5	0,7	4,3	3,4	-	3,2	4,4	23,4	65
	15														
Boon Phaseolus vulgaris	5	5,7	0,9	2,8	4,2	7,6	7,2	1,1	5,2	4,0	-	2,5	4,6	22,1	88
	15	6,0	0,7	3,0	5,5	7,6	7,0	0,9	5,4	4,3	0,9	2,7	4,8	24,0	
Erwt Pisum sativum	5	9,5	1,1	2,3	4,3	6,8	7,5	0,9	4,6	4,1	-	2,7	4,7	22,5	88
	15	9,1	1,1	2,3	4,9	7,0	7,2	0,8	4,5	4,1	1,0	2,2	5,0	24,6	

Vervolg Tabel II.

Soort	Amino-zuur, gram per 16 gram totaal stikstof													% verteerbaar eiwit voor het varken	
	ARG	CYS	HIS	ILEU	LEU	LYS	MET	PHE	THR	TRY	TYR	VAL	%RE		
Sojaboon	5	7,2	1,3	2,5	4,5	7,8	6,4	1,3	4,9	3,9	1,3	3,1	4,8	38,0	85
Glycine maximus	15	7,5	1,6	2,4	5,5	7,6	6,4	1,3	4,9	3,9	1,3	3,2	5,2	38,7	
Lupine luteus	5	9,5	1,4	2,6	4,4	7,2	5,3	0,8	3,7	3,7	-	3,5	4,0	31,2	91
	15	9,5	1,4	2,5	5,0	7,2	4,7	0,8	3,8	3,5	0,9	3,7	4,0	46,0	

Tabel III. Aminozuursamenstelling van klavercrachtige erwassen

Soort	Br.	Stadium	g aminozuur/16 g N of g aminozuur per 100 g totaal aminozuren											Verteerbaarheid voor varkens		
			ANG	CYS	HIS	ILEU	LEU	LYS	MET	PHE	THR	TRY	TYR		VAL	%NE
Rode klaver	5		6,4	0,7	2,5	5,3	9,5	10,0	1,7	6,1	5,4	1,7	4,4	6,8		
Rode klaver	15	1e snee	4,6	1,0	2,0	4,2	7,2	5,0	1,6	4,7	4,4	1,1	2,5	5,4	18,9	69-47
Trifolium pratense																
" Var. Gloria	29	voor knopv.	5,1		1,9	9,3		7,7	0,9	4,3	3,3			4,7	20,7	
" "	17	vroeg bloei	4,7		1,7	9,9		7,4	0,9	3,9	3,9			9,7	19,9	
" "		volle bloei	4,7		1,4	10,0		6,9	0,9	4,3	3,7			4,7	18,9	
" "	27	vegeta-tief	6,7		2,1	5,6	6,6	6,6	1,7	5,3	4,9		4,1	5,8		
" "		volle bloei	5,8		3,4	5,8	9,5	8,8	1,5	5,7	4,3		2,9	5,7		
" Var. Hruszowska	29	voor knopv.	3,5		1,9	9,0		5,8	0,8	4,8	3,7		2,9	5,8	20,0	
" "		vroeg bloei	3,4		1,6	8,7		5,6	0,7	4,9	3,4		2,2	4,8	18,1	
" "		volle bloei	3,8		1,8	8,0		5,6	0,6	4,4	3,5		2,1	4,6	17,7	
" " Skrzyszowieka		voor knopv.	5,7		2,1	13,0		7,2	1,2	4,8	3,6		3,0	5,5	18,2	

Tabel IV. Aminozaarsamenstelling van hele planten (bovengronds gedeelte)

Soort Gramineeën	g aminozuur per 16 g totaal stikstof													% verteerbaarheid v. varkens.
	ARG	CYS	HIS	ILEU	LEU	LYS	MET	PHE	THR	TRY	TYR	VAL	%RE	
Tarwe Triticum vulgare	5	6,8	0,8	2,1	5,0	9,6	6,2	2,4	6,2	5,3	4,1	6,3		63-51
Rogge Secale cereale	15	4,4	1,3	1,9	4,1	7,2	5,5	1,8	4,5	4,0	2,0	5,5	9,7	69-61
Haver Avena sativa	5	6,2	1,3	1,6	5,2	8,0	5,5	1,3	4,0	4,6	1,1	6,6	16,8	52-39
Mais Zea mais	15	5,0	1,2	1,7	6,3	8,8	5,3	1,3	4,8	4,6	1,3	6,1	10,3	37-29
Vlinderbloemigen	5	6,4	0,6	2,0	5,2	10,1	6,1	2,2	5,8	5,0	3,9	6,4		
Veldboon Vicia faba	15	7,6	0,8	1,1	-	11,0	3,8	2,1	3,9	4,5	1,1	6,1	10,0	68-60
Erwt Pisum sativum	30	5,0	1,2	2,5	4,4	8,0	5,5	1,3	3,5	3,3	1,1	5,7	19,0	81
Lupine Lupinus luteus	5	6,3		1,3	2,9	4,5	4,4	1,4	3,2	3,0	1,0	4,0		
	5	4,6		1,6	4,4	7,8	4,9	1,0	6,0	4,4	1,5	5,7		
	15	4,4	0,6	2,4	6,8	7,8	6,3	0,9	4,7	4,5	1,0	6,1	20	69-61
	5	2,8	0,7	1,6	3,9	5,7	4,0	0,7	4,8	3,7	2,1	3,2		
	15	4,5	1,2	1,8	4,3	7,5	5,9	1,8	4,8	4,3	1,4	5,4	22.	73-61
Sojaboon Glycine max.	16	5,2		1,4	4,3	7,4	5,2	1,4	4,7	4,0	2,5	6,2	22,9	
Luzerne Medicago sativa	5	3,8	1,2	1,5	4,6	7,9	5,9	1,5	4,9	4,6	3,7	5,7		
	15	4,3	1,3	2,1	4,4	7,4	5,2	1,5	4,6	4,2	1,3	5,5	22,1	75-58

Vervolg Tabel IV.

Soort Gramineeën	g aminozuur per 16 g totaal stikstof											% verteerbaarheid v. varkens			
	ARG	CYS	HIS	ILED	LEU	LVS	MET	PHE	THR	TRY	TYR		VAL	ΣRE	
Diversen															
Bladkool Brassica oleracea capitata	5	8,3	1,1	2,5	3,1	5,3	3,1	1,0	3,0	3,8		1,8	4,2		
Suikerbiet Beta vulgaris	5	2,8	0,9	1,6	1,9	4,4	2,8	0,8	2,6	2,9		2,4	2,9		
	15	4,1	1,1	1,6	4,0	6,4	4,0	1,2	3,4	3,2	1,0	2,1	4,7	13,5	58

Tabel V. Aminozuursamenstelling van gras en bladeiwitconcentraten (LPC's)

Soort	Br.	g aminozuur per 100 g eiwit of 16 g totaal stikstof											% verteerbaarheid voor varkens	
		ARG	CYS	HIS	ILEU	LEU	LYS	MET	PHE	THR	TRY	TYR		VAL
Engels raaigras	5	6,8	0,9	2,5	4,8	9,5	7,3	2,1	6,2	5,6	1,8	4,5	6,6	
Lolium perenne	15	5,0	1,3	1,9	4,6	7,6	5,4	1,7	4,8	4,4	1,5	2,2	5,4	15,5
" vegetatief	27						7,4	1,9						
" aarschietend							6,9	3,7						
5 mei	28	3,6		0,8			3,8							10,1
1 juni		2,8		0,6			2,9							10,3
23 juni		2,6		0,5			3,1							6,1
Bladeiwitconcentraten	23													% RE in LPC
Engels raaigras		6,9	0,9	2,8	5,2	9,1	6,6	2,1	6,1	5,1	1,8	4,5	6,4	66,7
Lolium perenne		6,7	0,6	2,2	5,0	9,4	6,1	2,0	6,1	5,3	2,2	3,8	6,4	63,8
Tarwe Triticum vulg.		7,3	0,8	2,4	5,0	9,7	7,3	2,4	5,8	5,3	1,6	3,7	6,3	61,9
Mais Zea mais		6,6	0,3	2,1	5,2	10,1	6,3	2,8	4,9	4,7	1,3	3,1	6,5	61,6
		6,3	0,6	1,9	5,2	9,7	6,0	2,4	5,5	5,0	1,3	4,1	6,4	63,6
Rode klaver Trif.pr.		6,4	0,7	2,5	5,3	9,5	6,8	1,7	6,1	5,4	1,7	4,4	6,8	59,0
Brassica napus		6,6	0,6	2,9	5,3	9,7	6,6	1,6	6,5	5,3	1,3	4,4	6,5	62,0

Soort	Br.	g aminozuur per 100 g eiwit of 16 g totaal stikstof												% verteerbaarheid voor varkens
		ARG	CYS	HIS	ILEU	LEU	LYS	MET	PHE	THR	TRY	TYR	VAL	
Gerst niet gefract.	7	6,9		2,3	5,0	9,3	6,6	2,2	6,2	5,1		4,5	6,4	
chloroplastisch		6,3		1,8	5,3	10,4	5,6	2,3	7,0	4,8		4,5	6,2	
cytoplasmatisch		7,0		2,7	4,7	8,4	7,1	2,4	5,8	5,4		4,9	6,5	
Fractie-1-eiwit uit spinazieblad	24	6,4	1,7	3,4	4,6	8,8	6,3	2,2	6,0	5,8	2,3	6,0	7,3	

Tabel VI. De spreiding in de lysinegehalten van eiwit van diverse grassoorten blijkt uit de volgende tabel (27). Lysine en methionine in gram per 100 gram totaal aminozuren.

Soort	STADIUM I	LYS	MET	STADIUM II	LYS	MET
<i>Dactylis glomerata</i>	vegetatief	7,4	2,6	volle bloei	6,3	2,1
<i>Lolium multiflorum</i>	"	7,3	2,7	bloei	7,3	2,0
<i>Phleum pratense</i>	"	6,6	2,8	generatief	6,9	2,4
<i>Lolium perenne</i>	"	7,4	1,9	"	6,9	3,7
<i>Phalaris arundinacea</i>	"	8,5	3,5	vegetatief	7,6	3,7
<i>Arrhenatherum elatius</i>	"	7,3	2,4	generatief	7,7	3,3
<i>Festuca pratensis</i>	"	6,9	3,3	bloei	8,4	2,9
<i>Bromus carinatus</i>	"	6,4	2,5	generatief	6,8	3,1
<i>Bromus racemosus</i>	"	5,5	3,8	"	6,3	3,8
<i>Poa pratensis</i>	"	6,5	1,9	"	6,6	2,3
<i>Agrostis gigantea</i>	"	7,4	3,5	vegetatief	7,1	2,9
<i>Holcus lanatus</i>	"	6,4	3,0	"	6,4	3,6
<i>Eragrostis curvula</i>	"	7,0	3,2	"	6,6	3,6
<i>Miscanthus sinensis</i>	-	7,3	0,9	-		
<i>Zoysia japonica</i>	-	7,4	3,4	-		

Het gemiddelde lysinegehalte bij stadium I is $6,96 \pm 0,69$, het methioninegehalte is $2,85 \pm 0,60$.
 Bij stadium II is het lysinegehalte $6,99 \pm 0,63$ en het gehalte aan methionine $3,03 \pm 0,65$.