

Nuwe ontwikkelings in pluimveevoeding

G.A. Smith* en Karin de Beer

Departement Veekunde, Universiteit van Pretoria, Pretoria, 0001 Republiek van Suid-Afrika

Ontvang 18 Mei 1987

A review is given of developments in poultry nutrition, with specific reference to aspects concerning the broiler industry. The role of fat in feeds and its influence on body composition are discussed. Attention is paid to the importance of a commercial amino acid balance, interaction between amino acids, the use of synthetic amino acids and the bio-efficiency of these components, as well as the immunological role of nutrients in poultry feeds.

'n Oorsig van nuwe ontwikkelings in pluimveevoeding, met spesifieke verwysing na aspekte van belang in die braaikuikenbedryf, word gelewer. Bespreking oor die rol van vet in die dieet en die invloed daarvan op liggaamsamestelling, word gevoer. Hierbenewens word aandag geskenk aan die belang van 'n korrekte aminosuurbalans, aminosuur-interaksies, die gebruik en bio-effektiwiteit van sintetiese aminosure, sowel as die immuniteitsrol van nutriënte in die diëte van pluimvee.

Aangebied by die simposium oor 'Moderne aspekte van Dierreproduksie' by die 26ste Jaarlikse Kongres van die Suid-Afrikaanse Vereniging vir Dierreproduksie, Pretoria, 6 – 9 April, 1987

* Aan wie korrespondensie gerig moet word

Inleiding

In die landbousektor neem die pluimveebedryf steeds die leiding betreffende produktiwiteit en doeltreffendheid. Die doelmatigheid van die bedryf word voortdurend verhoog deur verbeterde bestuurspraktyke, genetiese deurbrake en voedingsinnovasies. Dié tendense geld in die braaikuiken-, sowel as die eierproduksie-eenhede.

Produsente in albei hierdie vertakings moet dus daarop ingestel wees om die nuutste ontwikkelinge te evalueer en toepaslike aspekte tot voordeel van die bedryf en die verbruiker, te implementeer. Inligting wat aan die bedryf oorgedra word, moet dus op wetenskaplik gefundeerde beginsels berus en verantwoordbaar wees. Sover dit die bevrediging van die verbruiker betref, kan die ideaal alleen verwesenlik word, indien die finale produk wat gelewer word, aan die behoeftes van die verbruiker voldoen.

In die braaikuiken- sowel as die eierproduksiebedrywe is die ontwikkeling egter so omvangryk, dat dit onmoontlik is om in 'n skrywe van hierdie omvang, aandag aan beide te skenk. Selfs waar hier slegs op die braaikuikenbedryf gekonsentreer sal word, kan slegs enkele voedingsaspekte, wat tans en in die toekoms 'n belangrike bydrae tot die bedryf se strewende na hoër produktiwiteit mag lewer, in oënskou geneem word.

In sover dit die produk betref wat deur die verbruiker vereis word, het Frank Perdue, van 'Eastern Seaboard, Perdue Farms' die situasie duidelik opgesom. Hieruit is dit duidelik dat die verbruiker aan die braaikuikenbedryf die sein gestuur het dat, hoewel braaikuikens reeds minder vet as beesvleis en vark bevat, die produk met 12,2% vet, steeds te vet is. Die pluimveekundige moet dus deur die toepassing van moderne bestuurstegnieke, genetiese verbetering en korrekte voedingsprogramme, daarna streef om 'n hoëkwaliteit-produk op die mees

ekonomies doeltreffende wyse aan die verbruiker te lewer. Spesifieke voedingskundige aspekte, wat 'n bydrae tot die bereiking van hierdie doelwit mag lewer, sal derhalwe in hierdie bespreking onder die kollig geplaas word.

Dieetinname en faktore wat dit beïnvloed

Omgewingstemperatuur

Die respons op diëte, wat vir optimale produksie van die braaikuiken saamgestel is, staan nie geïsoleerd van die voedingsbestuurspraktyk waaronder die diëte aan die braaikuiken voorsien word nie. Gevolglik mag die omgewing waarin 'n spesifieke prestasie van die braaikuiken verlang word, die samestelling en vorm van die diëte, sowel as die frekwensie van aanbieding dikteer.

Die invloed van die omgewingstemperatuur word in 'n studie geïllustreer waarin die prestasie van braaikuikenhaantjies onder 'n beheerde voedingsregime met die op *ad lib.* voeding vergelyk is. Die studie is by 'n optimale groeitemperatuur (21°C) en by 'n hoë temperatuur (33°C) uitgevoer. Groeidiëte met onderskeidelik 13,00 of 13,43 MJ.Kg⁻¹ is in 'n verpilde- of krummelvorm aan die braaikuikens voorsien. By 21°C het die beheerde voeding die groeitempo betekenisvol verlaag en voeromset nadelig beïnvloed. Onder hoë temperatuurstoestande het die beheerde voedingsregime voeromset verbeter, maar egter geen betekenisvolle invloed op groeitempo uitgeoefen nie. Onder warm omgewingstoestande was die respons op beheerde voeding beter wanneer die kuikens krummels in plaas van diëte in 'n verpilde vorm ontvang het. Die respons wat met die kuikens onder die verskillende omgewingstoestande verkry is, word in Tabel 1 en 2 geïllustreer (Reece, Bott, Deaton & Branton, 1986).

Tabel 1 Respons van braaikuikens op dieetaanbieding, in verpilde vorm, onder matige (21°C) omgewings-toestande (Reece, *et al.*, 1986)

	Beheerde*	
	voeding	<i>Ad lib.</i>
Liggaamsmassa, kg	1,770 ^a	1,793 ^a
Voermassa, g	1,91 ^a	1,895 ^b
Abdominale vet, %	2,35 ^a	2,22 ^a
Kropkapasiteit, cm ³	199 ^a	139 ^b
Kropmassa, g	8,40 ^a	7,52 ^a

1. Waardes met verskillende letters verskil betekenisvol ($P < 0,05$)
2. *Beheerde voedingstyd van ligsiklus, 3,5 h lig, 4,5 h donker, vir drie siklusse per 24 h
3. Albei studies met verpilde diëte uitgevoer

Tabel 2 Respons van braaikuikens op dieetvorm en aanbieding, onder hoë temperatuurstoestande (23–33°C) (Reece, *et al.*, 1986)

	Krummels		Verpil	
	Beheerde*		Beheerde*	
	voeding	<i>Ad lib.</i>	voeding	<i>Ad lib.</i>
Liggaamsmassa, kg	1,701 ^a	1,689 ^a	1,636 ^a	1,633 ^a
Voermassa, g	1,85 ^a	1,880 ^b	1,953 ^a	1,965 ^a
Abdominale vet, %	2,51 ^a	2,20 ^b	2,59 ^a	2,45 ^a

1. Waardes met verskillende letters verskil betekenisvol ($P < 0,05$)
2. *Beheerde voedingstyd van ligsiklus, 3,5 h lig, 4,5 h donker vir drie siklusse per 24 h.

Energiekonsentrasie van die dieet

Dit is 'n welbekende feit dat 'n verhoogde energie-konsentrasie in die dieet, groeitempo verhoog en voeromset verbeter indien die konsentrasie van die ander nutriënte ook verhoog word (Hurwitz, Sklan & Bartov 1978 & Harms, 1986a) (Tabel 3). Eweneens is dit so dat die vrywillige inname van die dieet, onder andere ook deur die energie-konsentrasie van die dieet bepaal word. In die geval van die braaikuiken bring dit mee dat waar die veselinhoud van die dieet met 'n gepaardgaande afname in energie-konsentrasie verhoog word, die kuiken nie altyd in staat is om deur 'n verhoogde inname, daarvoor te vergoed nie (Summers & Leeson 1986) en die verhoogde veselinhoud van die dieet lei tot 'n linieêre verlaging in die liggaamsmassa. 'n Verdunning van 'n dieet met slegs 10% vesel, het tot 'n verlaagde energie-inname en derhalwe tot verlaagde prestasie van die braaikuiken gelei. Hoewel daar wel 'n linieêre toename in dieetinname waargeneem is, kan die braaikuiken nie sonder 'n verlaging in prestasie, ten volle vir die laer energiedigtheid kompenseer nie. Nir, Nitsan, Dior & Shopira (1978) en Newcome & Summers (1984) het die onvermoë van die braaikuiken om vir verlaagde dieetdigtheid te kompenseer deur voerinname te verhoog, aangetoon. Bewyse word voorts gelewer, wat

daarop dui dat dieetvesel bo en behalwe die invloed op energie-inname, 'n invloed op lipiedneerlegging in die karkas uitoefen (Akiba & Matsumoto, 1980 & Akiba & Matsumoto, 1982).

Die veselvlak, of dan spesifiek die volume van die dieet *per se*, is egter nie die enigste faktor wat die inname van laedigheidsdiëte beïnvloed nie. Hoewel dieetdigtheid een van die belangrikste faktore is wat inname beïnvloed, is dit veral die smaaklikheid van die dieet, wat in die aanvanklike aanpassing 'n rol speel (Cherry, 1982 & 1983, Savory & Gentle, 1976a & b en Shurlock & Forbes, 1981).

In die braaikuikenbedryf is die belangstelling egter in die voorsiening van hoë-energiesdigheidsdiëte gesetel. Daar word dus eerder gestreef na die insluiting van vet, sonder om 'n afname in inname te bewerkstellig. Gevolglik speel hoër veselbevattende diëte dus inderwaarheid nie 'n rol nie.

Dieetvetinhoud

Die verhoogde vetinhoud van die dieet verhoog die energie-konsentrasie en verlaag dus die massa per volume, of anders gestel, die spesifieke massa, van die voer. Indien, in 'n poging om die verlangde vertering te verkry, die ingewande se grootte, eerder as gevolg van die volume as die massa van die voer wat daardeur beweeg, verander word, mag dit die laer tempo van beweging wat met hoër vetdigte verkry word, verklaar (Mateos, Sell & Eastwood, 1982 en Savory & Gentle, 1976). Vertering en benutting van ander nutriënte mag dus as gevolg van die respons, bevoordeel word.

Indien vet by diëte ingesluit word, sonder dat 'n verandering van die totale dieetenergie-inhoud bewerkstellig word, word die vetdeponering in die karkas min beïnvloed. Die hoër vetinsluiting in die dieet lei wel tot 'n verlaagde lipogenese in die kuiken, maar slegs tot 'n vlak wat verband hou met die vetinsluitingspeil in die dieet. Die moontlikheid bestaan egter dat die effek teëgewerk mag word deur die verhoogde beskikbaarheid van vetsure, wat tot vetdeponering mag aanleiding gee. Die verhoogde groei wat met die hoër vetinsluiting verkry is, mag dus deels 'n weerspieëling wees van die hoër totale energie- en nutriëntinname,

Tabel 3 Invloed van dieetvetpeil (E:P-verhouding) op liggaamsmassa, voeromset, lewermassa en lipogeniese parameters in 3-weke-oue kuikens (Donaldson, 1985)

Dieetvet, %	Liggaams-massa g	Voer-omset	Lewer-massa g	Lewer-vet %	<i>In vivo</i> lipogenese (g.kg ⁻¹)
2,0	521 ^a	1,75 ^a	18,2 ^a	2,5 ^a	18,4 ^a
4,1	539 ^a	1,66 ^b	17,2 ^a	2,6 ^a	11,6 ^a
6,3	561 ^c	1,63 ^b	16,5 ^a	2,7 ^a	7,1 ^b
8,6	556 ^c	1,61 ^b	17,9 ^a	2,6 ^a	3,7 ^b

1. Waardes in kolommet met verskillende letters verskil betekenisvol ($P < 0,05$)

maar mag ook uit hoër energiedoeltreffendheid spruit (Donaldson, 1985).

Indien die ME-waardes van die vet korrek bepaal en die energie-inhoud van die dieet konstant gehou word, behoort die kuikens nie 'n neiging te toon om vet te word nie. Daar bestaan egter 'n tendens by kuikens om vet te word sodra dierevet by die dieet ingesluit word, hoewel die diëte dieselfde ME-waardes het. Dit dui daarop dat die ME-waarde van vette onderskat word. (Deator, Reece, Lott, Kubena & May, 1972 & De Groot 1974). Die situasie kan egter reggestel word deur 'n hoër ME-waarde aan dierlike vet te heg.

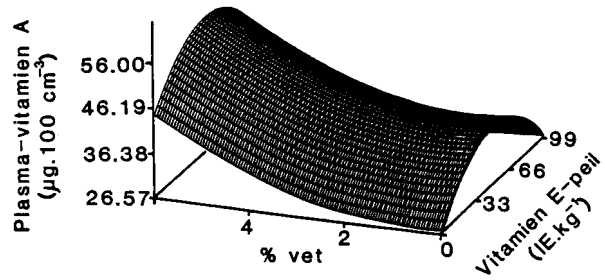
Vet-nutriëntinteraksie

Die effek van vet in die dieet is egter nie slegs beperk tot die energie wat daardeur voorsien word nie, maar mag ook die benutting van ander nutriënte beïnvloed. Dit is dus noodsaaklik dat aandag aan die moontlike interaksie tussen die benutting van vette en ander nutriënte geskenk word. Die absorpsie en benutting van sekere vetoplosbare vitamieë word byvoorbeeld deur die absorbeerbaarheid van vette en olies (Hathcock & Coon, 1978; Mattson, Hollenbach & Kuelthau, 1979), ransigheid (Flodin, 1980), oksidatiewe kapasiteit (Dvinskaya, 1978), vetsuursamestelling en kettinglengte (Weber, 1981) beïnvloed.

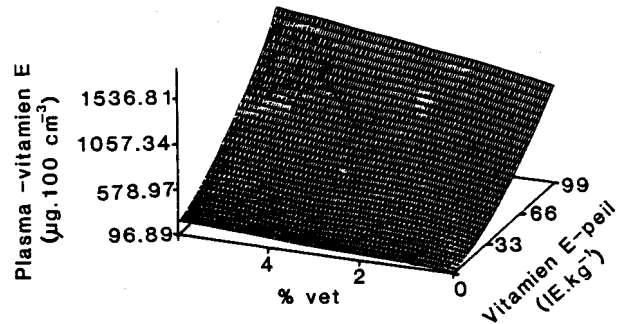
Poli-onversadigde vetsure beïnvloed byvoorbeeld die opname van tokoferole nadelig (Hollander 1981 en Weber 1981). In studies met kuikens is bewys gelewer dat hoër persentasie mono-oleïen of tri-oleïen, tokoferolabsorpsie verhoog, terwyl linoleïensuur vitamien E-absorpsie onderdruk het. In studies waar dierevet teen 'n vlak van 1-5% in die dieet van braaikuikens ingesluit is, is 'n verhoogde konsentrasie van vitamien A en E in die liggaam waargeneem. Dit mag deels deur die verhoogde oplosbaarheid van die vitamieë in die missela-fase (Hollander,1981), 'n vertraging in die deurvloeï deur die spysverteringskanaal a.g.v. die hoër persentasie vet in die dieet (Nishigaki, Awaqu, Hanano & Fuwa, 1976), asook die verhoogde doeltreffendheid van absorpsie en vervoer met die insluiting van vet te weeg gebring word. Die tendense word in Figure 1a & b geïllustreer.

Hoewel die byvoeging van addisionele vet nie 'n vereiste vir die absorpsie van vitamieë is nie, word die absorpsie van vitamieë, wat in lae konsentrasies teenwoordig is, egter wel bevorder. Die voordeel van vetbyvoeging moet dus deels aan die ekstra kaloriese en ekstra metaboliese effek van die toegevoegde vette toegeskryf word. Die verbeterde benutting van die vetoplosbare vitamieë is dus 'n baie belangrike rede vir die insluiting van dierevet (3-4%) in aanvangs- en groeiëte.

Dit kan egter voorsien word dat die verbruiker in die toekoms, nie slegs 'n spesifieke vetinhoud in die karkas gaan vereis nie, maar dat aspekte soos vetsuursamestelling ook van belang sal wees. Derhalwe word die kwalitatiewe eienskappe van die vette, te wete die vetsuursamestelling, dus belangrik.



Figuur 1a Invloed van die interaksie tussen vitamien E en dieetvet op plasma-vitamien A-konsentrasie



Figuur 1b Invloed van die interaksie tussen vitamien E en dieetvet op plasma-vitamien E-konsentrasie

Dieetvetsuursamestelling

Palmetien en oleïensuur is die belangrikste langkettingvetsure, wat in die *de novo* lipogenese in pluimvee gesintetiseer word. Die insluiting van vette in die dieet het tot gevolg dat die persentasie reeds gevormde vetsure, wat aan die braaikuiken voorsien word, verhoog en lipogenese verminder word. Die ingenome vetsure is in die sin van kettingverlenging en

Tabel 4 Vetsuursamestelling van vetweefsel van braaikuikens op diëte met verskillende vetinhoude (Whitehead, 1986)

Diëte	Toegevoegde vet	Abdo-minale vetlaag	Vetsure, %				
			16:0	16:1	18:0	18:1	18:2
Basaal	—	1,94	28,9	10,2	6,0	44,5	10,4
koring gebasser	—	3,35	32,5	11,0	6,3	43,2	7,0
Basaal mielie-soja gebaseer	—	1,67	19,7	5,0	5,1	47,3	23,0
	4 % mielies						
	olie	3,24	23,2	6,2	5,3	47,0	18,3
Gesuiwer	1 % mielie-olie		29,5	10,5	5,3	48,3	6,4
	15 % mielie-olie		12,8	0,1	2,3	27,8	56,2
Basaal mielie-soja gebaseer	—		20,6	6,7	9,1	28,0	32,5
	4 % katoen-saadolie		20,5	2,0	9,8	22,7	42,8
	4 % beesvet		18,6	6,3	11,4	36,9	23,0

versadiging, aan modifikasies onderworpe. Gevolglik is die gedeponeerde vetsure 'n kombinasie van gesintetiseerde en gedeeltelik gemodifiseerde vetsure. 'n Toename in die dieetvetinhoud het die bydrae, wat laasgenoemde tot die gedeponeerde vet gelewer het, verhoog. Die vetsuursamestelling van die karkas deur die vetsuursamestelling van die dieet het derhalwe 'n noemenswaardige invloed op die vetsuursamestelling van die karkas, soos blyk uit die werk van Whitehead (1986) en Edwards, Denmar, Abou-Ashour & Nugara (1973).

Die byvoeging van vet in braaikuikendiëte hou egter nie net onvoorwaardelik voordele in nie. Die insluiting van hoë vetpeile in die diëte van braaikuikens mag byvoorbeeld die mineraalmetabolisme nadelig beïnvloed in die sin dat kalsiummetabolisme onderdruk word. Dit gee daartoe aanleiding dat die kalsiuminhoud van bene betekenisvol ($P < 0,01$) verlaag word (Atteh & Leeson 1985).

Proteïen: energie-verhouding

Sodra vette in die dieet ingesluit word, bestaan die gevaar dat die hoeveelheid vet in die karkas tot 'n onaanvaarbare vlak verhoog kan word. Indien in ag geneem word dat die vetinhoud van braaikuikens van 9,5 tot 23% kan varieer, is daar besliste begrip vir die probleem. In die formulering van diëte, moet die probleem dus pertinent aangespreek word.

In gevalle van sub-optimale proteïenvoorsiening mag die beginsel van toenemende voerinnome, om aan die behoefte van sekere beperkende nutriënte te voldoen, tot oormaat energie-inname lei. Dit mag byvoorbeeld die geval wees in 'n poging om die inname van proteïene vir spiergroei te optimeer. Die oormaat energie wat in die proses ingeneem mag word, sal as vet gedeponeer word. Die proteïen: energie-verhouding (P:E) is dus van kardinale belang in die regulering van vetdeponering in die braaikuikenkarkas. 'n Toename in die P:E-verhouding verlaag liggaamsvet, terwyl 'n verlaging vetdeponering bevorder (Summers & Leeson, 1979).

Tabel 5 Invloed van metaboliseerbare energie en proteïeninhoud in die dieet op die massa en liggaamsamestelling van braaikuikens (Whitehead, 1986)

Dieet- inhoud ME(MJ.kg ⁻¹)	Proteïen g/kg ⁻¹	Liggaams- massa g	Totale ligg. vet (% v DM)	Abdominale vet (% v lewende)	Proteïen (% v DM)
10,9	260	1635	37,5	1,46	51,9
13,4	260	1764	42,6	2,13	46,9
15,0	260	1797	47,9	2,70	42,9
13,0	160	1625	50,0	3,12	40,7
13,0	240	1766	42,4	1,92	47,7
13,0	280	1762	39,4	1,67	49,2
13,0	320	1762	39,2	1,73	50,3
13,0	360	1762	38,3	1,49	50,7

DM - Droëmateriaal

Tipiese responstempo's van liggaamsvetkomponente op veranderinge in P:E-verhouding, word in Tabel 5 uitgebeeld.

Hieruit blyk dit dat die twee benaderings om die P:E-verhouding te wysig, ewe doeltreffend in die manipulering van liggaamsvet is. Die proporsie abdominale- tot totale liggaamsvet is onderskeidelik deur 'n faktor van 2,1 en 1,3 verlaag, wanneer die P:E-verhouding van 12 tot 28 gm.MJ⁻¹ verhoog is. Die karkasproteïen is in 'n omgekeerde verhouding tot die vet verander. 'n Belangrike aspek wat egter nie uit die oog verloor moet word nie, is die feit dat groeitempo onderdruk word, sodra die energie of die proteïen in onvoldoende hoeveelhede in die dieet voorkom. In situasies waartydens 'n optimale groeitempo gehandhaaf is, kan die liggaamsvet die beste deur die verhoogde dieetproteïenkonsentrasie eerder as 'n verlaagde energie-inhoud in die dieet, verminder word.

Die stadium waartydens die P:E-verhouding gewysig word, het egter 'n betekenisvolle effek op die prestasie van die braaikuiken. Die aspek is uit verskillende invalshoeke deur Elvery (1983) en Pesti & Fletcher, (1984) ondersoek. In die strewe na karkasse met 'n laer vetinhoud, blyk die effektiëste benadering dié te wees, waar die aanvangsdieet met 'n normale proteïen- en energie-inhoud en 'n afrondingsdieet met 'n hoër as normale P:E-verhouding gevoer word. Dit kan bewerkstellig word deur:

- 'n Verlaging van die dieetenergiekonsentrasie.
- 'n Verhoging van die dieetproteïeninhoud.

Beide die benaderings het nadelige implikasies uit 'n kommersiële oogpunt. Benadering (a) het 'n afname in groei tot gevolg, terwyl (b) duurder diëte vereis. Kommersiëel is die voedingskundige benadering om minder vet braaikuikens te produseer dus nie aantreklik nie, aangesien daar geen direkte finansiële voordeel uit die lewering van dié tipe braaikuiken spruit nie.

Ander faktore wat egter in die besluitnemingsproses 'n rol mag speel, is die feit dat die laer energie diëte goedkoper sal wees, terwyl die hoër proteïeninsluiting selfs in die afwesigheid van 'n groeierespons, voeromset sal verbeter (Holsheimer, 1975). Voorts mag die addisionele proteïen wat voorsien word, van 'n laer kwaliteit wees (Griffith, Leeson & Summers, 1977), terwyl nie-proteïen stikstofbronne ook selfs 'n rol mag speel in die situasie (Velu, Scott & Baker, 1972). Wanneer die voedingsprogram 'n rol in die manipulering van die karkasvetinhoud speel, moet die ekonomiese implikasies van die besluit egter voorrang geniet.

Tydens die aanpassing van die P:E-verhouding, is ondersoek ingestel na die invloed van 'n oormaat proteïen in die dieet van braaikuikens. Uit die werk het dit geblyk dat waar 'n 30%-proteïendieet, in die teenwoordigheid van voldoende energie, *ad lib.* aan braaikuikens voorsien is, die liggaamsvet 40% laer was, in vergeleke met 'n groep wat 23% *ad lib.* ontvang het (Rosenbrough & Steele, 1985). Die hipotese is dat die inname van 'n oormaat proteïen die kuiken forseer om energie te kanaliseer om die oormaat stikstof as uriensuur uit te skei. Derhalwe was daar minder energie vir die sintese van vet beskikbaar (Buttery & Boorman,

1976). Voorts is Rosenbrough & Steele (1985) van mening dat die proteïen 'n invloed op lipogenese *per se* gehad het, hoewel die meganisme wat in die proses betrokke is, nie verklaar kon word nie.

Aminosuursamestelling van diëte

Aminosuurbalans

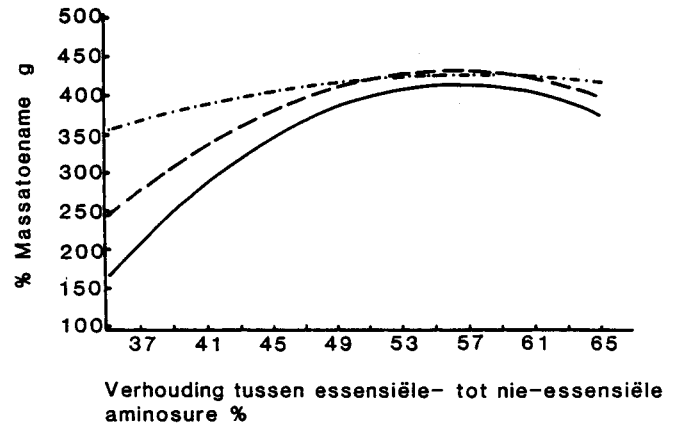
Ten einde optimale produksie te verkry, is dit egter nie net die totale hoeveelheid proteïen in die dieet wat vir die handhawing van 'n gewenste proteïen-energiebalans of -verhouding van belang is nie, maar wel baie spesifiek die aminosuursamestelling van die proteïen. Die standpunt is 'n geruime tyd gehuldig, dat wanneer een essensiële aminosuur bo die behoeftevereistes voorsien word, die addisionele hoeveelheid gedeammineer en die oorblywende ketosuur as energiebron aangewend word. Die scenario blyk egter nie die ware situasie te wees nie. Die jongste inligting dui daarop, dat wanneer sekere aminosure in 'n oormaat teenwoordig is, hul teenwoordigheid die benutting van ander aminosure onderdruk. Dit mag tot 'n verlaagde groei en dieetinname lei. Hoewel die verlaagde dieetinname deels vir die laer prestasie verantwoordelik is, is die invloed as gevolg van die metaboliese veranderinge selfs meer betekenisvol.

Hierdie invloed en interaksies is van besondere belang, wanneer die addisionele byvoeging van aminosure in die sintetiese vorm oorweeg word. Dit kan basies in drie kategorieë geklassifiseer word.

- 'n Aminosuurwanbalans, wat tot 'n onderdrukking van groei lei en deur die byvoeging van die beperkende aminosuur opgehef kan word.
- Aminosuur-antagonisme is 'n verandering in die aminosuursamestelling, wat tot groei-onderdrukking lei en deur die byvoeging van 'n struktureel vergelykbare aminosuur (nie die mees beperkende aminosuur) opgehef kan word. 'n Voorbeeld van die antagonisme is die interaksie tussen metionien en arginien. Die nadelige effek van 'n hoë arginien-insluiting kan deur die byvoeging van 'n metieldonor-bron soos metionien, cholien of betaiën in die dieet opgehef word. Dit is bewys dat oormatige peile van arginien die behoefte aan die metielgroep vir die vorming van kreatinien verhoog en daardeur 'n metionientekort skep.
- Aminosuurtoksisiteit ontstaan wanneer oormatige vlakke van 'n essensiële aminosuur prestasie nadelig beïnvloed. Die graad van aminosure se toksisiteit verskil egter, met metionien as een van die mees toksiese aminosure (Keshavarz, 1986b).

Essensiële: nie-essensiële aminosuurverhouding

Proteïensintese behels die benutting van nie-essensiële sowel as essensiële aminosure, dus is alle aminosure op sellulêre terme essensiël. Dit kan dus gepostuleer word, dat daar 'n optimum behoefte t.o.v. nie-essensiële aminosure is. Indien dit die geval is, sou dit beteken dat indien die nie-essensiële aminosure teen dié vlak voorsien word, die katabolisme van essensiële aminosure vir die sintese van nie-essensiële aminosure verlaag kan word. Hierbenewens sal die voorsiening van



Figuur 2 Die verwantskap tussen liggaamstoename en essensiële- tot nie-essensiële aminosuurverhouding

alle essensiële aminosure, in die verhouding waarin dit benodig word, die moontlikheid van wanbalans verminder. In dié situasie sal die proteïen dan teen maksimum doeltreffendheid benut word. Navorsing dui daarop dat die maksimum voerinname, massatoename en die beste voeromset verkry word by 'n 55:45 verhouding van essensiële tot nie-essensiële aminosure in die dieet. Die maksimum karkasproteïen is verkry by 'n verhouding van 65:35. Die respons, wat deur Bedford & Summers (1985) voorgestel is, word in Figuur 2 uitgebeeld.

Aminosuur-mineraalinteraksies

Ten einde optimale benutting van die proteïen te bewerkstellig, moet die balansering van die dieet, en veral die byvoeging van sintetiese aminosure, met groot oordeelkundigheid uitgevoer word. Dit is egter nie slegs die interaksie tussen die aminosure wat van belang is nie, maar bewys is ook gelever dat 'n verbinding wat byvoorbeeld tussen sink en metionien of triptofaan vorm, absorpsie en benutting van die mineraal mag beïnvloed (Hill, Peo, Lewis & Crenshaw, 1986 en Evans, 1980). Bettger (1985) dui op die verlaging van plasma-sink-konsentrasie met verhoogde proteïeninname.

Addisionele aminosure

Dit word dikwels aanvaar dat die NRC aanbevelings vir aminosuur- en vitamienvlakke optimale produksierespons sal lewer. Al-Nasser, Al-Awadi, Diab, Hussein, Ilian & Salman (1986) lewer egter in studies bewys, dat waar braaikuikens onder hoë temperatuurtoestande (36°C) addisionele aminosure en vitamien ontvang het, daar 'n betekenisvolle verbetering in groeitempo waargeneem is. 'n Vergelyking t.o.v. die respons wat met slegs die aminosuurbyvoeging en dit wat met aminosuur- en vitamienbyvoeging verkry is, (soos weerspieël in Tabela 6 & 7), dui op die voordelige effek wat verkry word sodra aminosure en addisionele vitamien bygevoeg word.

Inname is nie betekenisvol deur die byvoeging van lisien, DL-metionien en 'n mengsel van vitamien beïnvloed nie, maar daar was 'n tendens om voeromset te verbeter (Tabel 7).

Tabel 6 Invloed van verhoogde (25–50 %) metionien en L-lisien op die prestasie van 5-weke-oue braaikuikens (Al-Nasser, Al-Awadi, Diab, Hussein, Ilian & Salman, 1986)

Behandeling no.	Dieetvlak DL-metionien & L-lisien (g 100g ⁻¹)	Liggaams- massa (g voël ⁻¹)	Voer- verbruik (g voël ⁻¹)	Voer- omset (g voer: g toename)
T1	0,89 DL-metionien & 1,01 L-lisien	723 ^c	1481 ^a	2,05 ^b
T2	T1 + 0,252 L-lisien	822 ^a	1496 ^a	1,82 ^a
T3	T1 + 0,222 DL-metionien	782 ^{bcd}	1483 ^a	1,90 ^{ab}
T4	T1 + 0,252 L-lisien + 0,222 DL-metionien	816 ^{ab}	1454 ^a	1,78 ^a
T5	T1 + 0,252 L-lisien + 0,445 DL-metionien	749 ^{de}	1410 ^a	1,88 ^{ab}
T6	T1 + 0,505 L-lisien	813 ^{ab}	1435 ^a	1,77 ^a
T7	T1 + 0,445 DL-metionien	772 ^{ce}	1451 ^a	1,88 ^{ab}
T8	T1 + 0,505 L-lisien + 0,222 DL-metionien	831 ^a	1410 ^a	1,70 ^a
T9	T1 + 0,505 L-lisien + 0,445 DL-metionien	804 ^{abc}	1425 ^a	1,84 ^{ab}

1. Waardes in kolommet met verskillende letters verskil betekenisvol ($P < 0,05$)

Die werkers het die verbeterde prestasie aan 'n verbeterde benutting van die nutriënte en 'n verhoogde verteerbaarheid toegeskryf. Die verklaring moet egter bevraagteken word aangesien die omgewingstemperatuur (36°C) waaronder die studies uitgevoer is, besonder hoog was en Wallis & Balnave (1984b) bewys gelewer het dat hoë temperature die vertering van aminosure verlaag het. 'n Aspek wat ook in gedagte gehou moet word, is die feit dat proteïenomisette met hoër lisienpeile verhoog is (Akinwande & Bragg, 1985).

Benutting van sintetiese aminosure

Variasie in die benutbaarheid van aminosure in dieetkomponente speel 'n belangrike rol wanneer bepaalde komponente gebruik word vir die bevrediging van spesifieke aminosure se behoefte. Indien die benutbaarheid van nutriënte op 'n akkurate en betroubare wyse gekwantifiseer kan word, kan voorsien word dat behoeftestandaarde in die toekoms verfyn mag word om spesifieke vlakke van benutbare aminosure te vereis.

Lisien

Wanneer die suplementering van lisien en metionien plaasvind, moet die benutting van die sintetiese bron in ag geneem word. Dikwels word in studies aanvaar dat L-lisien mono-hidrochloried 100% benutbaar is. Uit die werk van Sibbald & Wolynetz (1985) blyk dit egter dat die lisien in die L-lys.HCl vorm slegs $91,9 \pm 3,6\%$ biologies beskikbaar was. Indien die aanname dat sintetiese lisien 100% beskikbaar is, aanvaar sou word, sal dit meebring dat die lisienbehoefte te hoog beraam

Tabel 7 Invloed van verhoogde aminosuur- en vitamienpeile op die prestasie van braaikuikens (Al-Nasser, *et al.*, 1986)

Behandeling no.	Dieetvlak (g 100g ⁻¹)	Massa- toename (g voël ⁻¹)	Voer- verbruik (g voer: g toename)	Voer- omset (g voer: g toename)
T1	0,89 DL-metionien + 0,01 L-lisien	540 ^c	924 ^a	1,71 ^a
T2	T1 + L1 Vitamien + 0,505 L-lisien	625 ^b	1043 ^a	1,67 ^a
T3	T1 + L1 Vitamien + 0,222 DL-metionien	572 ^c	1025 ^a	1,79 ^a
T4	T1 + L1 Vitamien + 0,22 DL-metionien + 0,505 L-lisien	613 ^b	1043 ^a	1,70 ^a
T5	T1 + L2 Vitamien + 0,505 L-lisien	684 ^a	1123 ^a	1,64 ^a
T6	T1 + L2 Vitamien + 0,222 DL-metionien	648 ^b	1003 ^a	1,55 ^a
T7	T1 + L2 Vitamien + 0,222 DL-metionien + 0,505 L-lisien	686 ^a	1079 ^a	1,57 ^a

1. Waardes met verskillende letters verskil betekenisvol ($P < 0,05$)

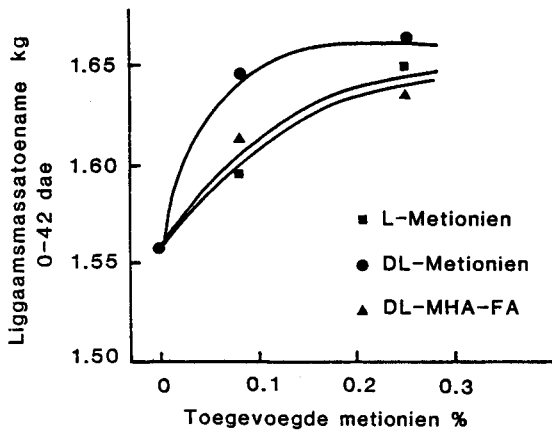
- Gekontroleerde dieet bevat normale vlakke van 'n vitamien-mineraalmengsel per kilogram dieet as volg: Vit. A, 5500 IE; Vit. D₃, 1650 IE; Vit. E, 10 IE; Riboflavin, 3,6 mg; Niasien, 36 mg; Ca-pantoteensuur, 5,4 mg; Choliënchloried, 650 mg; Vit. B₁₂ 11 ug; Fe, 60 mg; I, 1,4 mg; Cu, 5 mg; Mn, 60 mg; Zn, 65mg.
- ²L₁ Vitamienmengsel voorsien die volgende per kilogram van die dieet: Vit. A, 6875 IE; Vit. D₃, 2062 IE; Vit. E, 12,5 IE; Riboflavin, 4,5 mg; Niasien, 45 mg; Ca-pantoteensuur, 6,75 mg; Choliënchloried, 812,5 mg; Vit B₁₂, 13,75 mg.
- ³L₂ Vitamienmengsel voorsien die volgende per kilogram van die dieet: Vit. A 8250 IE; Vit. D₃ 2475 IE; Vit. E 15 IE; Riboflavin, 5,4 mg; Niasien, 54 mg; Ca-pantoteensuur, 8,1 mg; Choliënchloried, 975 mg; Vit. B₁₂, 16,50 mg.

word. Die ontwikkeling van betroubare analitiese en biotoetse vir die bepaling van aminosuurbeskikbaarheid (Liskuski & Dorrel, 1978 en Sibbald, 1979) maak behoeftebepalings, wat op berekende waardes of aannames oor beskikbaarheid gebaseer is, onaanvaarbaar.

Metionien en metionienhidroksie-analoë

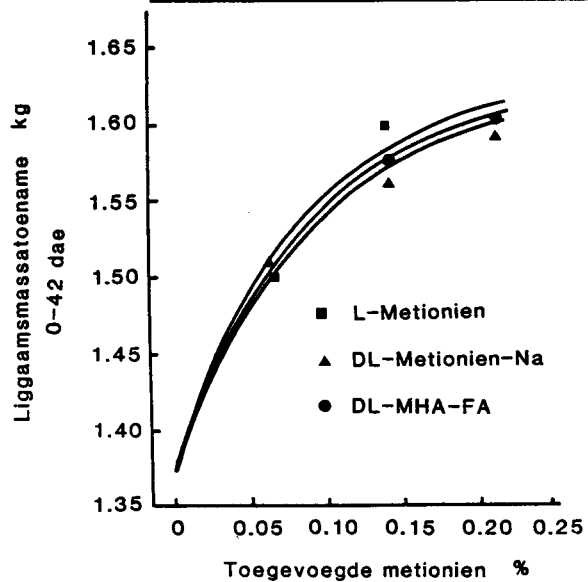
In die situasies waar metionien in die vorm van D-metionien, DL-metionien-hidroksie-analoog of isomere daarvan gebruik word, word die keuse daarvan bemoelijk deur die variasie in gerapporteerde syfers soos blyk uit die volgende voorbeelde. 'n Vergelyking is tussen DL-metionien, L-metionien en DL-metionien hidroksie-analoog-vry-suur vorm getref, deur die komponente op 'n ekwimolare basis in praktiese braaikuikendiëte in te sluit (Elkin & Hester, 1983). Eksponensiële analise van die data het op 'n bio-effektiwiteit van 28% vir beide L- en DL-metionien-hidroksie-analoog gedui. Die groot variasie dui op die

Metionien-bron	Relatiewe potensie	Vertrouings-interval
(% per massa)		
DL-Metionien	100	
L-Metionien	28	-9-65
DL-MHA-FA	28	-9-65



Figuur 3 Invloed van DL-metionien en DL-metionien-hidroksie-analoog op liggaamstoename van braaiukuikens

Metionien-bron	Relatiewe potensie	Vertrouings-interval
(% per massa)		
DL-Metionien Na	40	
L-Metionien	111	59-163
DL-MHA-FA	77	44-111



Figuur 4 Invloed van L-metionien-NA en DL-metionien-hidroksie-analoog op liggaamsmassatoename van braaiukuikens

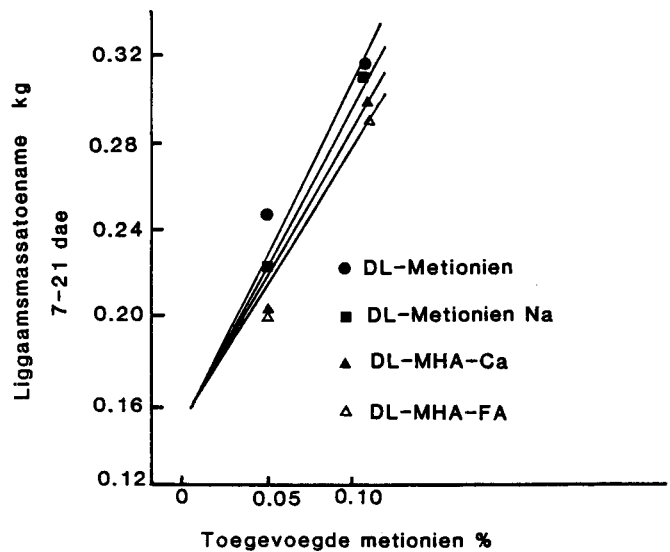
lae sensitiviteit van die studie. Die bevinding dat L-metionien 'n laer biologiese effektiwiteit as DL-metionien gehad het, is biologies onmoontlik (Figuur 3).

In die werk van Garlich & Schisla (1983), word gevind dat L-metionien, DL-metionien-Na en DL-metionien-hidroksie-analoog-FA gelyke waardes gehad het. Die gevolgtrekking is gebaseer op die feit dat daar geen verskille in die liggaamsmassa van die kuikens in die studie was nie. Die variasie was egter so groot dat verskille wat kan bestaan nie aangedui sou kon word nie (Garlich & Schisla, 1983). In statistiese analise deur middel van nie-linieêre regressies, word gevind dat DL-metionien-hidroksie-analoog-FA 'n bio-effektiwiteit van 77% gehad het, en dat L-metionien beter as DL-metionien-Na en DL-metionien-hidroksie-analoog-FA benut is (Garlich & Schisla, 1983) (Figuur 4).

In 'n studie met nouer vertrouingsintervalle en wat tans beskou word as een van die mees betroubare studies vir die bepaling van bio-effektiwiteit, is gevind dat die bio-effektiwiteit van die vloeibare metionien-analoë betekenisvol laer is as die van metionien. Die hellingsverhoudings-analise van die data dui op 'n bio-effektiwiteit van onderskeidelik 71 en 73% op 'n massa basis in die droë en vloeibare hidroksie-analoë (Thomas, Crissey, Bossard & Soverns, 1983). Die effektiwiteit van die verskillende metionienvorms word in Figuur 5 uitgebeeld.

Studies waarin 'n duidelike respons en lae variasie verkry is, het betekenisvol laer metionienaktiwiteit vir die hidroksie-analoë in vergeleke met die DL-metionien gedemonstreer. Dit blyk dat die DL-metionien-hidroksie-analoog in die droë vorm 'n metionien-aktiwiteit van 70% gehad het in vergeleke met 'n aktiwiteit van 65% in die geval van die analoog in

Metionien-bron	Relatiewe potensie	Vertrouings-interval
(% per massa)		
DL-Metionien	100	
DL-Metionien-Na	38	34-42
DL-MHA-Ca	71	64-80
DL-MHA-FA	73	65-81



Figuur 5 Invloed van verskillende vorme DL-metionien en DL-metionien-hidroksie-analoë op liggaamsmassatoename van braaiukuikens

die vloeibare vorm (Annoniem, 1986). Die meganisme wat verantwoordelik is vir die laer doeltreffendheid van die hidrosie-analoog in vergelyke met DL-metionien is nog onbekend (Saroka & Combs, 1986). Harms (1986b) beveel aan dat die mg metionien, wat benodig word om 1 g toename in liggaamsmassa te bewerkstellig, as 'n aanvaarbare vergelykingsbasis vir die komponente gebruik behoort te word. Voorts moet vergelykings alleen met kuikens van dieselfde massa uitgevoer word.

Dit is interessant om daarop te let dat die absorpsie van die metionien-hidrosie-analoog in die braaikuiken, 'n konsentrasie-afhanklike proses is, terwyl L-metionien waarskynlik deur beide 'n konsentrasie- en 'n energie-afhanklike proses bepaal word. Die tempos van absorpsie vir die twee komponente varieer volgens die posisie in die dermkanaal waar absorpsie plaasvind. Die metionien-hidrosie-analoog word teen 'n vinniger tempo in die proksimale lus van die duodenum en die mid-jejunum geabsorbeer, terwyl L-metionien, vinniger in die ileum geabsorbeer word (Tabel 8) (Knight & Dibner, 1984).

Tabel 8 Absorpsie van ^{14}C -gemerkte MHA en L-metionien in plasma van kuikens van afgebinde segmente van die dunderm (Knight & Dibner, 1984)

Plek	n	Absorpsie van ^{14}C in die plasma			
		MHA		L-metionien	
		nmol.cm $^{-3}$	n	nmol.cm $^{-3}$	
Duodenum	3	7,099 ± 0,832	3	4,064 ± 0,832	
Jejunum	4	4,540 ± 0,721	5	3,204 ± 0,645	
Ileum	4	4,524 ± 0,721	5	5,460 ± 0,645	

1. MHA - metionien-hidrosie-analoog

'n Belangrike bevinding van die studie is dat die vermoë van die kuiken om die metionien-hidrosie-analoog as metionienbron te benut, nie deur die absorpsie van die komponent beperk word nie. Dit is voorts insiggewend dat 'n matige tekort van Vitamien B6 ook nie die metabolisme en gevolglik die benutting van die analoog as bron van metionien benadeel nie. Gevolglik sal die piridoksienvlak, wat inherent aan 'n mielie-soja dieet is, byvoorbeeld selde of ooit die biologiese benutting van die metionien-hidrosie-analoog as metionienbron vir die kuiken nadelig beïnvloed (Saroka & Combs 1985).

Sintetiese aminosure kan dus suksesvol gebruik word om op 'n ekonomiese wyse diëte vir optimale braaikuikenprestasie te formuleer. Dit is egter noodsaaklik dat die benutbaarheid van die aminosuur bekend sal wees, ten einde optimale insluiting en dus benutting te bewerkstellig.

Triptofaan

'n Interessante respons word byvoorbeeld verkry wanneer die triptofaaninnome verhoog word. Dit blyk eerstens dat die normale funksionering van die brein se serotoniese sisteem 'n verband toon met die

Tabel 9 Gemiddelde kumulatiewe voerinnome by *ad lib.* voeding van enkele White Leghorn kuikens, na intraperitoneale inspuiting met triptofaan (try) (Lacy, *et al.*, 1986)

Behandeling	Voerinnome (g)					
	30 min	60 min	90 min	120 min	180 min	1440 min
Soutopl. g	6,4	9,8	12,2	14,3	19,5	94,6
12,5 mg try	5,8	8,1	10,6	12,4	17,1	86,6
25 mg try	6,1	8,0	11,4	13,4	18,4	96,6
50 mg try	4,0	6,2	8,4	10,5	15,0	83,4
100 mg try	3,8	5,6	7,8	9,9	14,2	81,2
SA	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	3,5
	<i>F</i> (1,72).waardes					
Linieër	13,45	14,31	10,80	8,26	8,72	6,94
Kwadratiese	2,02	0,60	0,75	0,32	0,27	0,02

SA - Standaardafwyking

beskikbaarheid van triptofaan, die voorganger van serotonien (5 - hidrosie triptamien). 'n Verhoogde innome van triptofaan lei tot 'n toename in die plasma triptofaan-vlakke, verhoogde plasma 5-hidrosie triptamienpeile en 'n onderdrukking van innome in vry-etende kuikens. (Lacy, Van Krey, Skewes & Denbow, 1986). Die respons wat verkry word, word in Tabel 9 weerspieël.

Voorts is bewyse nou vir die eerste keer gelewer, dat selfs 'n baie kort periode van matige hoër as normale innome van L-triptofaan, abnormale morfologiese effekte in die lewer tot gevolg het (Trulson & Sampson, 1986). Die lewer is gevoelig vir die beskadiging, aangesien 'n oormaat triptofaan hoofsaaklik in die lewer via die kinurinienroete gemetaboliseer word ten einde uiteindelik niasien, asetiel-Co-A en aseto-asetiel-Co-A te vorm. Dit is nog nie duidelik of die proses van vetakkumulاسie in die lewer omkeerbaar is nie. Soortgelyke effekte mag ook t.o.v. ander aminosure geld.

Immunitetsrol van nutriënte

Nutriënte word oor die algemeen aan braaikuikens voorsien in 'n poging om optimale produksie in terme van groei te bewerkstellig. Op die vraag of daar nie 'n verband tussen siekte-immuniteit en voeding is nie, blyk die antwoord positief te wees.

Die insluiting van nutriënte in 'n dieet word gewoonlik op grond van hul koste en voedingsbydrae oorweeg. 'n Nutriënt wat duur is, word ingesluit teen 'n vlak wat aan die minimum behoeftes sal voldoen, om sodoende kostes te beperk. Hierteenoor mag 'n nutriënt wat goedkoop is in 'n oormaat ingesluit word ten einde te verseker dat die dieet voldoende hoeveelhede bevat. In beide gevalle word die volle immunitetspotensiaal van die nutriënt nie gerealiseer nie. Kuikens wat van hennie wat geen sink-aanvulling ontvang het nie, geproduseer is, het 'n verlaagde immuniteit gehad en het neigings tot vere-pik getoon. Die byvoeging van 10 mg.kg $^{-1}$ sink het die

toestand opgehef maar, 40 mg.kg⁻¹ het 'n negatiewe effek op immuniteit en vere gehad. Dit sal dus in die toekoms belangrik wees om nie alleen oor die voedings-behoefte nie, maar ook oor die vlak van nutriënt-insluiting, wat verhoogde immuniteit sal bewerkstellig en mortaliteite sal verlaag, bevredigende inligting te verkry (Cook, 1985).

Gespesialiseerde voedingsprogramme

Huidige voedingsprogramme is primêr op die produksie van die mees gewenste braaikuikenkarkas in die kortste moontlike tyd teen die laagste insetkoste gerig. Daar is egter duidelike aanduidings dat ten einde die finansiële doelwit in die toekoms te bereik, innoverende voedingsprogramme 'n bydrae tot die voorkoming van hartaanvalle 'flip-over', askites-beenprobleme en swak lewenskrachtige kuikens sal moet lewer (Dale, 1986 en Raine, 1986).

Terselfdertyd mag 'n bydrae tot die verlaging van die abdominale vet, met gevolglike verbetering in prosesseringsopbrengste, gelewer word. Beenprobleme is weliswaar nie primêr 'n voedingsprobleem nie, maar bewys is wel gelewer dat die huidige voedingsprogramme baie vinnige groei bevorder, wat in sekere gevalle tot been- en heupprobleme aanleiding mag gee. Raine (1986) se werk dui daarop dat die insidensie van hartaanvalle, beenprobleme en lae lewenskrachtigheid van kuikens verlaag kan word, deur 'n laer proteïen- en energiedieet te voorsien (Figuur 6).

Die gebruik van diëte wat deur Raine (1986) voorgestel word, sal in terme van verlaagde insetkoste en laer prestasie, maar ook laer mortaliteite en abnormaliteite onder die kuikens, oorweeg moet word. Die voorlopige aanduidings is dat die voorgestelde

voedingsprogramme ekonomies geregverdig kan word, indien hartaanvalle en beenprobleme meer as 5% mortaliteite in die kudde tot gevolg het. Plaaslik is daar dus verskeie eenhede wat die benadering met vrug sal kan gebruik. Vinnige groei *per se* mag dus 'n stresfaktor wees, wat deur die korrekte voeding en bestuur verlig mag word (Brake, 1986).

Formuleringsbenaderings

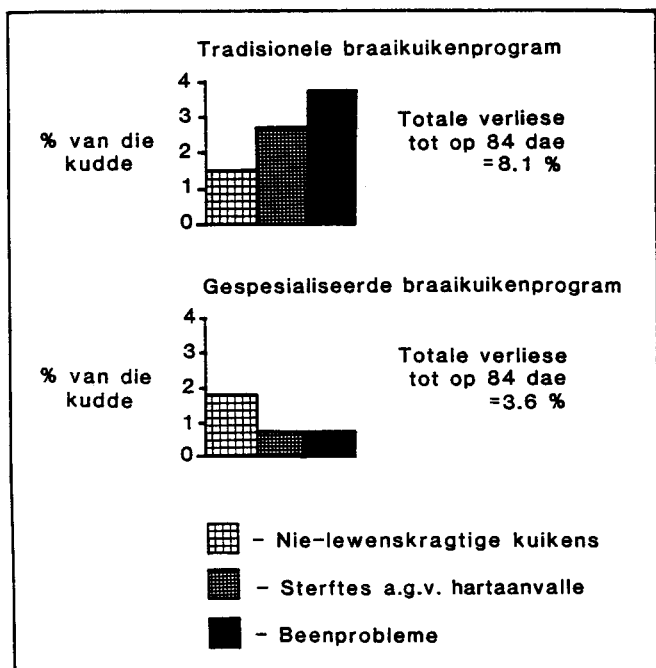
In die lig van die voorafgaande bespreking is die korrekte formulering van diëte dus van kardinale belang. Keshavarz (1986a) beklemtoon dan ook verskillende aspekte wat voortdurend in berekening gebring moet word. Ten einde ook aan die veranderde vereiste van braaikuikens te voldoen, wat bv. 'n hipergroeivermoë sal openbaar weens die fisiologiese manipulasie, sal dieetformulering nog meer gesofistikeerd moet word. Die tendens wat tans bestaan om weg te beweeg van lineêre laagste koste dieetformulering na maksimum toename per inset, of te wel kwadratiese formulering, sal dus waarskynlik reeds in die nabye toekoms 'n bydrae tot hoër produktiwiteit lewer (Akbar, Harris & Arboleda, 1986 en Pesti, Arraes & Miller, 1986).

Slotsom

Daar kan voorsien word dat die suksesvolle toepassing van 'n geskikte voedingsprogram, waarin die verskillende aspekte wat in die bespreking aangeraak is, aandag geniet, 'n al hoe belangriker rol in die produksie van braaikuikens sal speel. Benewens die konvensionele voedingkundige aspekte, mag fisiologiese ingrepe, soos byvoorbeeld die passiewe immunisering van die braaikuiken met somatostatien, anti-serum en die gevolglike positiewe invloed op die handhawing van groeihormoonsekresie, 'n totale verandering in die braaikuiken se voedingsbehoefte bewerkstellig (Harvey, Lam & Hall, 1986 en Ross, Tsagarakis, Grossman, Preece Rodda, Davies, Rees, Savage & Besser, 1987). Hierdie en ander innovasies op byvoorbeeld genetiese gebiede, sal dus voortdurend aan die voedingkundige die uitdaging daarstel om volle groeipotensiaal van die braaikuiken op so 'n wyse te manipuleer, dat nutriënte op die mees optimale wyse benut sal word. In die finale instansie, sal die lewering van 'n produk, wat op 'n ekonomiese wyse aan die behoefte van die verbruiker voldoen, egter die deurslaggewende faktor wees wat die sukses van die pluimvee- en voedingkundige se insette sal bepaal. Alle aanduidings dui egter daarop, dat ook hierdie mikpunt met vlieënde vaandels bereik sal word.

Verwysings

AKBAR, M.K., HARRIS, D.L. & ARBOLEDA, C.R., 1986. Development of the relative economic weights for linear and quadratic bioeconomic objectives in commercial broilers. *Poult. Sci.* 65, 1834.
 AKIBA, Y. & MATSUMOTO, T., 1980. Effects of several types of dietary fibres on lipid content in liver and plasma, nutrient retentions and plasma transaminase activities in force-fed growing chicks. *J. Nutr.* 110, 1112.



Figuur 6 Afname in verliese van braaikuikens op 'n gespesialiseerde voedingsprogram, in vergeleke met dié op 'n tradisionele program

- AKIBA, Y. & MATSUMOTO, T., 1982. Effect of dietary fibre on lipid metabolism in the liver and adipose tissue in chicks. *J. Nutr.* 112, 1577.
- AKINWANDE, A.I. & BRAGG, D.B., 1985. Effect of the level of dietary lysine on turnover rate of liver protein in the chick. *Poult. Sci.* 64, 1938.
- AL-NASSER, A.Y., AL-AWADI, A.A., DIAB, M.F., HUSSEIN, M.D., ILIAN, M.A. & SALMAN, A.J., 1986. The effect of adding essential amino acids and vitamins to the rations of broilers. *Poult. Sci.* 65, 742.
- ANONIEM, 1986. Bioefficacy: Methionine and its hydroxy analogue-helping you make an informed decision. Degussa Corporation.
- ATTEH, J.O. & LEESON, S., 1985. Poultry, swine products shown calcium-fat interaction. *Feedstuffs*, 4 March, 12.
- BEDFORD, M.R. & SUMMERS, J.D., 1985. Influence of the ratio of essential to non essential amino acids on performance and carcass composition of the broiler chick. *Br. Poult. Sci.* 26, 483.
- BETTGER, W.J., 1985. Effect of dietary protein or amino acids on the rapid change in plasma zinc concentration in rats fed zinc deficient diets. *Nutr. Research.* 5, 1153.
- BRAKE, J., 1986. Anti - stress products need to reduce immuno-suppression. *Feedstuffs*, 6 January, 11.
- BUTTERY, P.J. & BOORMAN, K.N., 1976. The energetic efficiency of amino acid metabolism. In: Protein metabolism and nutrition. Butterworths, London, England. Bld 197.
- CHERRY, J.A., 1982. Non calorie effect of dietary fat and cellulose on the voluntary feed consumption of white Leghorn chicks. *Poult. Sci.* 61, 345.
- CHERRY, J.A., 1983. Feed intake responses of mature White Leghorn chickens to changes in feed density. *Poult. Sci.* 62, 1846.
- COOK, M., 1985. Research should identify immunity role of nutrients. *Feedstuffs*, 18 February, 16.
- DALE, N., 1986. Ascites in broilers. *Feedstuffs*, 7 April, 11.
- DEATOR, J.W., REECE, F.N., LOTT, R.D., KUBENA, L.F. & MAY, J.D., 1972. The efficiency of cooling broilers in summer as measured by growth and feed utilization. *Poult. Sci.* 51, 69.
- DE GROOTE, G., 1974. A comparison of a new energy system with the metabolisable energy system in broiler diet formulation, performance and profitability. *Br. Poult. Sci.* 15, 75.
- DVINSKAYA, L.M., 1978. Effects of fat quality, α -tocopherol and antioxidants on morphofunctional changes in tissue, availability of vitamins and productivity of broiler chickens. *Nutr. Abstr. Rev. Ser. B.* 48, 622.
- DONALDSON, W.E., 1985. Lipogenesis and body fat in chicks: Effect of calorie-protein ratio and dietary fat. *Poult. Sci.* 64, 1199.
- EDWARDS, H.M., DENMAR, F., ABOU-ASHOUR, A. & NUGARA, D., 1973. Carcass composition studies. 1. Influences of age, sex and type of dietary fat supplementation on total carcass and fatty acid composition. *Poult. Sci.* 54, 1230.
- ELKIN, R.G. & HESTER, P.Y., 1983. A comparison of methionine sources for broiler chickens fed corn-soybean meal diets under simulated commercial grow-out conditions. *Poult. Sci.* 62, 2030.
- ELVERY, R.L., 1983. Ph.D Thesis, University of Nottingham.
- EVANS, G.W., 1980. Normal and abnormal zinc absorption in man and animals: The tryptophan connection. *Nutr. Rev.* 38, 137.
- FLODIN, N.W., 1980. Vitamin trace mineral protein interactions. Vol. 3. Eden Press, Inc., St. Albans VT.
- GARLICH, J.D. & SCHISLA, R.M., 1983. Comparison of DL - MHA free acid, DL-metionine and L-metionine in corn-soy broiler diet. *Poult. Sci.* 62, 1347.
- GRIFFITH, L., LEESON, S. & SUMMERS, J.D., 1977. Fat deposition in broilers. Effect of dietary energy to protein balance and early life caloric restriction on production performance and abdominal fat pad size. *Poult. Sci.* 56, 638.
- HARMS, R.H., 1986a. Benefits of added fat in poultry diets examined. *Feedstuffs*, 14 April, 22.
- HARMS, R.H., 1986b. A look at the flaws of past methionine biopotency assays. *Feedstuffs*, 27 Oktober, 24, 26.
- HARVEY, S., LAM, S.K. & HALL, T.R., 1986. Somatostatin tonically inhibits growth hormone secretion in domestic fowls. *J. Endocrin.* 111, 91.
- HATHCOCK, J.N. & COON, J., 1978. In :Nutrition and drug interrelations. Academic Press, Inc. New York. NY. Bld.124.
- HILL, D.A., PEO, E.R., LEWIS, A.J. & CRENSHAW, J.D., 1986. Zinc-amino acid complexes in swine. *J. Anim. Sci.* 63, 121.
- HOLLANDER, D., 1981. Intestinal absorption of vitamin A, E, D, and K. *J. Lab. Clin. Med.* 97, 449.
- HOLSHEIMER, J.P., 1975. Proceedings of the second European Symposium on Poultry Meat Quality.
- HURWITZ, S., SKLAN, D. & BARTOV, I., 1978. New formal approaches to the determination of energy and amino acid requirements of chicks. *Poult. Sci.* 57, 197.
- KESHAVARZ, K., 1986a. Poultry feed formulation, feeding management must receive utmost consideration. *Poult. Digest.* 45, 176.
- KESHAVARZ, K., 1986b. Amino acid interaction in poultry nutrition *Poult. Digest.* 45, 45.
- KNIGHT, C.D. & DIBNER, J.J., 1984. Comparative absorption of 2-hydroxy-4-(methylthio)-butanoic acid and L-methionine in the broiler chick. *J. Nutr.* 114, 2179.
- LACY, M.P., VAN KREY, H.P., SKEWES, P.A. & DENBOW, D.M., 1986. Intraperitoneal injections of tryptophan inhibit food intake in the fowl. *Poult. Sci.* 65, 786.
- LISKUSKI, H.J.A. & DORREL, H.G., 1978. A bioassay for rapid determination of amino acid availability values. *Poult. Sci.* 57, 1658.
- MATEOS, G.G., SELL, J.L. & EASTWOOD, F.A., 1982. Rate of passage (transit time) as influenced by level of supplemental fat. *Poult. Sci.* 61, 94.
- MATTSON, F.H., HOLLENBACH, E.J. & KUEHLTHAU, C.M., 1979. The effect of a non-absorbable fat, sucrose polyester, on the metabolism of vitamin A by the rat. *J. Nutr.* 109, 1688.
- NEWCOME, M. & SUMMERS, J.D., 1984b. Effect of increased cellulose in diets fed as crumbs or mash on the food intake and weight gain on broilers and Leghorn chicks. *Br. Poult. Sci.* 26, 35.

- NIR, I., NITSAN, Z., DIOR, Y. & SHOPIRA, N., 1978. Influence of overfeeding on growth obesity and intestinal tract in young chicks of light and heavy breeds. *Br. J. Nutr.* 39, 27.
- NISHIGAKI, R., AWAQU, S., HANANO, M. & FUWA, T., 1976. The effect of dosage form on absorption of vitamin A into lymph. *Chem. Pharm. Bull.* 24, 3207.
- PESTI, G.M., ARRAES, R.A. & MILLER, B.R., 1986. Use of the quadratic growth response to dietary protein and energy concentrations in least-cost feed formulation. *Poult. Sci.* 65, 1040.
- PESTI, G.M. & FLETCHER, D.L., 1984. The response of male broiler chickens to diets with various protein content during the grower and finisher phase. *Br. Poult. Sci.* 25, 415.
- RAINE, H., 1986. Manipulating broiler growth curve improves profitability. *Poult. Internat.*, March, 82 + 84.
- REECE, F.N., BOTT, B.D., DEATON, J.W. & BRANTON, S.L., 1986. Meal feeding and broiler performance. *Poult. Sci.* 65, 1497.
- ROSS, R.J.M., TSAGARAKIS, S., GROSSMAN, A., PREECE, M.A., RODDA, C., DAVIES, P.S.W., REES, L.H., SAVAGE, M.O. & BESSER, G.M., 1987. Treatment of growth-hormone deficiency with growth-hormone-releasing hormone. *Lancet*. 3 January. Bld. 5-8.
- ROSENBROUGH, R.W. & STEELE, N.C., 1985. Energy and protein relationship in broilers. 1. Effect of protein levels and feeding regimes on growth, body composition and *in vitro* lipogenesis of broiler chicks. *Poult. Sci.* 64, 119.
- SAROKA, J.M. & COMBS, G.F., 1986. The lack of effect of pyridoxine deficiency on the utilization of the hydroxyl analogue of methionine by the chick. *Poult. Sci.* 65, 764.
- SAROKA, J.M. & COMBS, G.F., 1986. Studies of the renal excretion of the hydroxyl analogue of methionine by the chick. *Poult. Sci.* 65, 1375.
- SAVORY, C.J. & GENTLE, M.J., 1976a. Effect of dietary dilution with fibre on the food intake and gut dimensions of Japanese quail. *Br. Poult. Sci.* 17, 561.
- SAVORY, C.J. & GENTLE, M.J., 1976b. Changes in food intake and gut size in Japanese quail in response to manipulation of dietary fibre content. *Br. Poult. Sci.* 17, 571.
- SIBBALD, I.R., 1979. A bioassay for available amino acids and true metabolisable energy in feedingstuffs. *Poult. Sci.* 57, 1658.
- SIBBALD, I.R. & WOLYNETZ, M.S., 1985. The bioavailability of supplementary lysine and its effect on the energy and nitrogen excretion of adult cockerels fed diets diluted with cellulose. *Poult. Sci.* 64, 1972.
- SHURLOCK, T.G.H. & FORBES, J.M., 1981. Factors affecting food intake in the domestic chicken: The effect of infusions of nutritive and non-nutritive substances into the crop and duodenum. *Br. Poult. Sci.* 22, 323.
- SUMMERS, J.D. & LEESON, S., 1979. Composition of poultry meat as affected by nutritional factors. *Poult. Sci.* 58, 536.
- SUMMERS, J.D. & LEESON, S., 1986. Influence of nutrient density on feed consumption, weight gain and gut capacity of broilers, leghorns and turkeys reared to 26 days of age. *Anim. Sci. Technol.* 16, 129.
- THOMAS, O.P., CRISSEY, E.H., BOSSARD, E.H. & SOVERNS, M.B., 1983. An evaluation of DL-methionine and related compounds. Proceedings Maryland Nutrition Conference for Feed Manufacturers, 26.
- TRULSON, M.E. & SAMPSON, H.W., 1986. Ultra-structural changes of the liver following L-tryptophan ingestion in rats. *J. Nutr.* 116, 1109.
- VELU, J.G., SCOTT, H.M. & BAKER, D.B., 1972. Body composition and nutrient utilization of chicks fed amino acid diets containing graded amounts of either isoleucine and lysine. *J. Nutr.* 102, 741.
- WALLIS, I.R. & BALNAVE, D., 1984a. A comparison of amino acid digestibility bioassays for broilers. *Brit. Poult. Sci.* 25, 389.
- WALLIS, I.R. & BALNAVE, D., 1984b. The influence on environmental temperature, age and sex on the digestibility of amino acids in growing broiler chickens. *Brit. Poult. Sci.* 25, 401.
- WEBER, F., 1981. Absorption mechanisms for fat soluble vitamins and the effect of other food constituents. Symp. XII Intr. Cong. Nutr. Bld. 119.
- WHITEHEAD, C.C., 1986. Nutritional factors influence fat in poultry. *Feedstuffs*, 20 January. 31, 32, 34, 40 & 41.