

Mikrogolf-geproseseerde volvetsojabone vir gebruik in braaikuikendiëte

B.J. Welgemoed

Pluimvee Afdeling, Navorsingsinstituut vir Vee- en Suiwelkunde, Privaatsak X2, Irene 1675, Republiek van Suid-Afrika

G.A. Smith*

Departement Veekunde, Universiteit van Pretoria, Pretoria 0002, Republiek van Suid-Afrika

Received 13 March 1990; accepted 13 September 1990

Microwave-processed full-fat soy beans for use in broiler diets. An experimental microwave oven, delivering microwaves of 1,3 kW (frequency of 2450 MHz), was used to process air-dry (9,13% moisture) and moistened (23,08% moisture) full-fat soy beans. The processed beans were chemically evaluated by measuring the trypsin inhibitor activity (TIA), whereas biological quality was evaluated by means of true metabolizable energy (TME) and amino acid availability (AA). Broiler growth was used as a final criterium of processing success. The broiler diets were formulated so as to include 20% treated soy beans, which resulted in a crude-protein level of 15% and an energy concentration of 12,8 MJ ME/kg. It was established that the optimal processing time was 9 min for air-dry and 8 min for moistened soy beans. TIA, TME and AA were reasonably accurate indicators of actual responses as measured in the broiler growth trial.

'n Eksperimentele mikrogolfoond wat 1,3 kW golwe van 2450 MHz frekwensie lewer is gebruik om lugdroë (9,13% vog) en benatte (23,08% vog) volvetsojabone te behandel. Die behandelde sojabone is chemies geëvalueer deur die bepaling van die tripsieninhibeerderaktiwiteit (TIA), terwyl biologiese evaluasies ware metaboliseerbare energie (WME) en beskikbare aminosure (BA) ingesluit het. Die groei van braaikuikens is as finale kriterium gebruik om die sukses van sojaboonverhitting te bepaal. Die braaikuikendiëte is geformuleer om 20% behandelde sojabone te bevat sodat die diëte uiteindelik 15% ruproteïen en 'n energiepeil van 12,8 MJ ME/kg bevat het. Die resultate toon dat die lugdroë sojabone by 9 min en die hoë-vog sojabone by 8 min optimaal behandel was. TIA, WME en BA was redelik akkuraat in die voorspelling van die kuikens se groeiprestasies.

Keywords: Broiler, soy beans, microwave processing.

* Aan wie korrespondensie gerig moet word.

Die teenwoordigheid van 'n reeks anti-groeifaktore beperk die aanwending van rou volvetsojabone as proteïenbron in die diëte van enkelmaagdier (Anderson *et al.*, 1979). Die belangrikste anti-groeifaktore, naamlik tripsieninhibeerders, word geredelik deur hitte vernietig. Die hittebehandeling verbeter derhalwe die verteerbaarheid van die sojaproteïen. Sorg moet egter gedra word dat 'n punt nie bereik word waar hittebeskadiging van die sojaproteïen plaasvind nie (Liener, 1980).

Die aanwending van mikrogolwe om rou volvetsojabone suksesvol te proses, is deur Gustafson *et al.* (1970), Pour-el *et al.* (1981), Hafez *et al.* (1983) en Ekermans (1984) ondersoek. Die sukses wat met hierdie studies behaal is, het aanleiding gegee tot die ondersoek na die moontlikheid om sojabone op 'n kommersiële vlak met mikrogolwe te proses. 'n Eksperimentele loodseenheid van 'n kommersiële mikrogolfoond is beskikbaar gestel om die laboratoriumresultate by die praktyk aan te pas.

Hierdie studie is uitgevoer om die optimale behandelings-tyd in 'n eksperimentele mikrogolfoond te bepaal. Volgens resultate van Gustafson *et al.* (1970) en Ekermans (1984) kan lugdroë sojabone nie suksesvol met mikrogolwe behandel word nie en is dit nodig om die bone se voginhoud voor behandeling na 15–20% vog te verhoog. In teenstelling hiermee het Pour-el *et al.* (1981) en Hafez *et al.* (1983) aangedui dat lugdroë bone met 'n voginhoud van 7–9% wel suksesvol met mikrogolwe behandel kan word. Na aanleiding van dié teenstrydigheid is in die onderhawige studie ook ondersoek ingestel na die invloed van voginhoud

op die doeltreffendheid van sojaprosessering met behulp van mikrogolwe.

Materiaal en Metodes

Die mikrogolfeenheid bestaan uit 'n oondruimte van 60 × 45 × 45 cm (121,5 m³). Die oond was in staat om met 'n enkel magnetron mikrogolwe van 1,3 kW en 'n frekwensie van 2450 MHz te lewer. Die sojabone is in die oondruimte binne-in 'n glasbottel (volume 5 l) wat om sy eie as roteer, behandel. Twee kilogram volvetsojaboonmonsters (graad SP3; van die '86/87 oes; afkomstig vanuit die Brits-omgewing) is per keer op 'n lugdroë basis (9,13% vog) en met 'n aangepaste voginhoud van 23,08% vanaf 7 tot 10 min en vanaf 8 tot 11 min onderskeidelik, met 1-min-intervalle, in die mikrogolfeenheid behandel. Nadat die sojabone vir die verlangde tyd verhit is, is die bone in plastiekpanne uitgesprei om vinnig tot kamertemperatuur van ongeveer 23 °C af te koel.

Die aangepaste voginhoud van 23,08% in die bone is verkry deur die bone vir 2 min in kraanwater te dompel, waarna alle vrye water toegelaat is om af te drup. Hierna is die sojabone oornag in verseëlde houers by kamertemperatuur gestoor ten einde verdere vogabsorpsie te bewerkstellig. Die mate van sukses wat met die prosessering verkry is, is bepaal deur die bone aan die volgende chemiese en biologiese evaluasiemetodes te onderwerp:

Chemiese evaluasieprosedure

Tripsieninhibeerderaktiwiteit (TIA)

Daar is gebruik gemaak van Smith *et al.* (1980) se metode met BAPNA (bensoïël-DL-arginien-*p*-nitroaniliedhidrochloried) as substraat om die TIA van die bone te bepaal.

Biologiese evaluasieprosedures

Ware metaboliseerbare energie (WME)

Ten einde die invloed van hittebehandeling op die metaboliseerbare energie van sojabone te bepaal, is die WME-metode van Sibbald (1976), soos aangepas deur McNab & Fisher (1984), gebruik. Metaboliseerbare energie is suksesvol deur Renner & Hill (1960) as evaluasie metode vir die bepaling van behandelde sojabone gebruik, terwyl McNab (1987) in ongepubliseerde studies WME-bepalings vir dié doel gebruik het. Ten einde die akkuraatheid van die WME-bepaling vir hitte-behandelde roumateriale te verbeter, is die volwasse hane wat tydens die studie gebruik is volgens die metode van Payne *et al.* (1971) gesektomiseer (Duckitt *et al.*, 1985). Die WME-waardes wat vir die formulering van die proefdiëte gebruik is, is na AME₈₀-waardes (skynbare metaboliseerbare energie) volgens Fisher (1982) omgeskakel.

Beskikbare aminosure (BA)

In aansluiting by die WME-bepalings met volwasse hane is die beskikbaarheid van aminosure volgens die metode van Likuski & Darrell (1978), soos aangepas deur McNab & Fisher (1984), bepaal. Tydens aminosuurbepalings is die monsters volgens die metode van die AOAC (1965) gehidroliseer. Die konsentrasie van die aminosure is chromatografies met behulp van 'n Beckman System 7300 bepaal.

Kuikengroeiproef

Gustafson *et al.* (1970) en Simovic *et al.* (1972) het aangedui dat die prestasie van groeiende kuikens die betroubaarste maatstaf is om die waarde van optimaal-behandelde sojabone te kwantifiseer. Gevolglik het die finale evaluasie van die geprosesseerde bone in hierdie

studie op 'n kuikengroeiproef berus. Die agt geprosesseerde sojaboonmonsters, naamlik die vier lugdroë en vier hoë-vog behandelings, is teen 20% in die diëte met 'n proteïenpeil van 15% gemeng (Tabel 1) en vir 'n groeiperiode van 14 dae vanaf vier-dae-ouderdom aan vyf herhalings van 10 kuikens elk toegeken. Die res van die diëet is volgens spesifikasies van die NRC (1984) geformuleer. Braaikuikenhaantjies van die Ross-lyn is op dagoud individueel geweeg, aan ekwivalente massagroepe toegeedeel en in 'n omgewingsbeheerde huis in batterye geplaas.

Na 'n 14-dae-proefperiode is liggaamsmassa en voerinnome van elke kuiken bepaal vir die berekening van die doeltreffendheid van voerverbruik (DVV):

$$DVV = \frac{\text{Toename} - \text{gemiddelde liggaamsmassa (g)}}{\text{Gemiddelde voerinnome (g)}}$$

Statistiese analise

Die data is met behulp van die eenrigtingvariensie-analise van Rayner (1967) ontleed. Betekenisvolheid is met behulp van die *F*-toets van Duncan (1955) bepaal met $P \leq 0,05$ as betekenisvol en $P \leq 0,01$ as hoogs betekenisvol.

Resultate en Bespreking

Chemiese evaluasie

Tripsieninhibeerderaktiwiteit (TIA)

Die resultate met die lugdroë bone verkry (Tabel 2) toon dat die bone wat vir 9 min aan die mikrogolwe blootgestel was, 'n betekenisvol ($P \leq 0,01$) laer TIA as die ander behandelings getoon het wat daarop dui dat die 9 min-behandeling optimaal vir die lugdroë bone is. Die feit dat 'n 1,09 mg/g hoër TIA-lesing by die 10 min-behandeling verkry is, mag die gevolg van 'n verbruiningsreaksie wees. Daar word deur Hafez *et al.* (1983) aangevoer dat die verbruiningsprodukte van die Maillard-reaksie tripsieninhibeerderaktiwiteit toon.

Tabel 2 TIA-waardes van die behandelde lugdroë (9,13% vog) en benatte (23,08% vog) sojabone

Behandeling	TIA (mg / g)	% TIA vernietig
Lugdroë bone		
Rou sojabone	27,38 ^a (± 0,62)	0
7 min	16,64 ^b (± 0,98)	39
8 min	9,94 ^c (± 0,53)	64
9 min	6,83 ^d (± 0,49)	75
10 min	7,42 ^d (± 0,70)	73
Benatte bone		
8 min	6,58 ^a (± 0,20)**	76
9 min	7,95 ^b (± 0,82)	71
10 min	6,51 ^a (± 0,92)	76
11 min	6,27 ^a (± 0,45)	77

^{a-c} Waardes met dieselfde boskrif (kolomgewys), vir lugdroë en benatte bone apart, verskil nie betekenisvol ($P \leq 0,01$) van mekaar nie.

** $P \leq 0,05$.

(±) Standaardfout.

Tabel 1 Samestelling van die basisdiëet vir toetsing van die behandelde volvetsojabone

Grondstof	%
Mielie-meel	70,165
Koringsemels	5,000
Monokalsiumfosfaat	1,600
Voerkalk	1,700
Fyn sout	0,452
Sintetiese metionien ^a	0,083
Vit. + min.-voermengsel ^b	1,000
Behandelde volvetsojabone	20,000
Totaal	100,000

^a DL-metionien (98% suiwer).

^b Vitamiene + minerale-voermengsel.

Hierdie styging is egter nie betekenisvol nie en behoort dus geen invloed op die voedingswaarde van die sojabone uit te oefen nie.

By die bone met 'n verhoogde voginhoud van 23,08% (Tabel 2), is 76% van die tripsieninhibeerders reeds na 8 min-blootstelling vernietig en was daar geen betekenisvolle verandering in die aktiwiteit tot en met 'n prosessering van 11 min nie. Dit wil dus voorkom asof die verhoogde voginhoud 'n beskermende invloed teen hittebeskadiging getoon het.

Biologiese evaluasie

Ware metaboliseerbare energie (WME)

Die ware metaboliseerbare energiewaarde van die behandelde sojabone (Tabel 3) het na 9 min-mikrogolfprosessering vanaf 11,57 MJ ME/kg tot 'n maksimum van 14,8 MJ ME/kg toegeneem. Hierdie resultate stem ooreen met die resultate van Renner & Hill (1960) en McNab (1987; ongepubliseer) wat aandui dat die metode van WME-bepaling wel as geldige metode vir die evaluasie van verhitte sojabone gebruik kan word. Dit is egter belangrik om daarop te let dat die spesifieke WME-waarde van 14,8 MJ ME/kg nie as kriterium vir alle monsters van verhitte sojabone kan dien nie. Die metode moet eerder gebruik word om uit 'n betrokke reeks verhitte sojaboonmonsters die beste behandeling aan te wys.

In ooreenstemming met die TIA-waardes blyk dit dat die 9 min-behandeling van die lugdroë bone se WME-waarde betekenisvol ($P \leq 0,01$) hoër as die ander lugdroë behandelings was. Vir die benatte bone was daar geen betekenisvolle ($P \leq 0,05$) verskil tussen die WME-waardes nadat die bone vir 8 min geprosesseer is nie. Dit ondersteun die gevolgtrekking dat 8 min-prosessering voldoende vir die hoë-vog bone is terwyl 9 min-prosessering vir die droë bone benodig word.

Beskikbare aminosure (BA)

Aangesien die beskikbaarheid van aminosure deur die prosesseringsproses beïnvloed mag word, enersyds as gevolg van die teenwoordigheid van residuele

Tabel 3 Ware metaboliseerbare energiewaardes van rou en mikrogolfbehandelde sojabone op 'n lugdroë basis

Behandeling	WME (MJ / kg)	Standaard-afwyking
Rou sojabone	11,57 ^a	(± 0,46)
Lugdroë sojabone (9,13% vog)		
7 min	12,05 ^a	(± 0,57)
8 min	14,05 ^{bc}	(± 0,50)
9 min	14,85 ^d	(± 0,69)
10 min	14,03 ^{bc}	(± 0,83)
Vogtige sojabone (23,08% vog)		
8 min	14,49 ^{cd}	(± 0,68)
9 min	14,86 ^d	(± 0,72)
10 min	13,81 ^b	(± 0,56)
11 min	13,84 ^b	(± 1,37)

^{a-d} Waardes met dieselfde boskrif verskil nie statisties-betekenisvol van mekaar nie ($P \leq 0,01$).

tripsieninhibeerders en andersyds as gevolg van aminosuurbeskadiging weens hitteblootstelling, is dit noodsaaklik dat die beskikbaarheid van aminosure van die geprosesseerde soja bepaal moet word. Uit Tabel 4 blyk dit dat die beskikbaarheid van die onderskeie aminosure van die lugdroë bone deurgaans vanaf 7- tot 9 min-verhitting gemiddeld met 20% verbeter het. Die lugdroë bone wat vir 9 min behandel is, se aminosure was betekenisvol meer beskikbaar as dié van die 7- en 8 min-behandelings. Hieruit volg dat 9 min die optimale behandelingstyd vir die lugdroë bone was. Alhoewel die aminosuurbeskikbaarheid van die bone van die 10 min-behandeling 'n verlaging aandui, is hierdie aanduiding van hittebeskadiging nie betekenisvol nie en behoort dit dus geen nadelige invloed op die voedingswaarde van die sojabone te hê nie.

In die geval van die vogtige bone (Tabel 4), het die aminosuurbeskikbaarheid van die bone wat aan die onderskeie tye van prosessering onderwerp is, nie betekenisvol

Tabel 4 Beskikbare aminosure van lugdroë sojabone (9,13% vog) en benatte sojabone (23,08% vog) wat vir verskillende periodes in 'n mikrogolfoond behandel is

Behandeling	Beskikbare aminosure (%)										
	Thr	Val	Leu	Tir	Phe	His	Lys	Arg	Met	Cys	Gemid.
Lugdroë bone											
7 min	69,1 ^{****}	68,7 [†]	72,2 [†]	61,6 ^{**}	72,6 ^{***}	76,9 ^{**}	76,6 ^{***}	80,1 ^{****}	56,4 ^{**}	50,0 ^{**}	68,5 ^{**}
8 min	79,6 ^b	78,9 ^b	80,2 ^b	80,5 ^b	85,7 ^b	83,9 ^b	88,9 ^b	75,2 ^b	75,2 ^b	71,5 ^b	80,4 ^b
9 min	88,7 ^c	89,7 ^c	90,7 ^c	88,1 ^c	90,2 ^c	92,8 ^c	89,9 ^c	95,0 ^c	83,6 ^c	80,0 ^c	89,0 ^c
10 min	86,9 ^c	87,4 ^c	88,1 ^c	86,0 ^c	88,7 ^c	90,2 ^c	89,0 ^c	94,5 ^c	81,6 ^c	78,6 ^c	87,1 ^c
Benatte bone											
8 min	88,8	88,7	89,7	89,5	90,4	93,5	91,1	95,7	84,9	86,4	89,8 [†]
9 min	90,6	91,3	91,9	90,8	91,8	93,0	92,1	96,0	89,9	88,2	91,5 ^c
10 min	88,0	89,1	90,5	89,9	90,3	92,0	90,9	95,4	84,3	80,0	89,0 ^b
11 min	87,0	87,6	89,4	87,9	89,2	90,3	89,1	93,8	80,8	77,9	87,3 ^a

^{a-c} Waardes met dieselfde boskrif (kolomgewys) verskil nie betekenisvol van mekaar nie, met:

* $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,025$; † $P \leq 0,10$.

van mekaar verskil nie en was die beskikbaarheid deurgaans hoog met 'n gemiddelde waarde van 89,4%. Dit stem ooreen met die aanduidings wat uit die TIA-waardes verkry is (Tabel 2) dat die benatte bone wat vir 8–11 min verhit is, voldoende vernietiging van die tripsieninhibeerder tot gevolg het. Anders as by die lugdroë bone waar die optimale punt van behandeling by 9 min plaasgevind het, dui die beskikbaarheid van die aminosure tesame met die voorafgaande chemiese evaluasie en WME-waardes op 'n beskermende invloed van vog teen hittebeskadiging.

Kuikengroeiproef

Waar die groeiprestasie van kuikens as deurslaggewende maatstaf van suksesvolle prosessering dien, dui Tabel 5 aan dat 'n toename in prosesseringstyd van die lugdroë sojabone vanaf 7 tot 9 min die gemiddelde eindmassa van die kuikens betekenisvol ($P \leq 0,01$) met 44 g laat toeneem en die doeltreffendheid van voerverbruik met 0,062 verbeter. Die kuikens wat die lugdroë 9min-behandelde volvetsoja ontvang het, het 'n betekenisvolle ($P \leq 0,01$) beter doeltreffendheid van voerverbruik as die res van die kuikens getoon, wat aandui dat 9min-prosessering optimaal is. Hierdie kuikens het beter presteer omdat 75% van die tripsieninhibeerders in die sojabone vernietig was (Tabel 2) wat daartoe bygedra het dat die aminosuurbeskikbaarheid die hoogste was. Die TIA het negatief gekorreleer ($r = -0,97$) met die doeltreffendheid van voerverbruik. Hierdie resultate stem ooreen met die resultate van Hafez *et al.* (1983) wat optimale groei van kuikens gevind het waar 75–82% van die tripsieninhibeerders van sojabone vernietig is. Bogenoemde outeurs het verder ook 'n negatiewe korrelasie ($r = -0,955$) tussen TIA en doeltreffendheid van voerverbruik gevind. Hieruit volg dat ten minste 75% van die tripsieninhibeerders in rou sojabone vernietig moet word ten einde optimale benutting van die voedingswaarde van sojabone te verseker.

Die resultate van die groeiproef bevestig verder dat die

voorafgaande chemiese en biologiese evaluasie-metodes wel akkuraat was om die optimale behandelingstyd van sojabone in die mikrogolf te identifiseer. In terme van doeltreffendheid van voerverbruik het die kuikens wat die lugdroë 10min-behandelde soja ontvang het, betekenisvol swakker as die 9min-behandeling se kuikens gevaar. Die aanduidings van moontlike hittebeskadiging deur TIA (Tabel 2) en die beskikbaarheid van aminosure (Tabel 4) blyk dus tog geldig te wees. Dit wil dus voorkom of die kuikens meer sensitief vir die effek van hittebeskadiging was, as wat die evaluasie-metodes aangedui het.

Die resultate van die kuikens wat die hoë-vog bone ontvang het (Tabel 5), dui aan dat daar geen betekenisvolle verskille tussen die onderskeie behandelings was nie. Hieruit volg dat die kuikens dieselfde presteer het met die benatte sojabone wat vanaf 8 tot 11 min verhit was. Dit kan toegeskryf word aan die feit dat genoegsame tripsieninhibeerders reeds by 8 min se blootstelling vernietig is en dat geen hittebeskadiging tot by 11 min-verhitting plaasgevind het nie. Dit stem ooreen met die resultate van die chemiese evaluasie-metode en dit blyk dus of die hoër voginhoud wel 'n beskermende invloed teen hittebeskadiging tot gevolg het. Hierdie resultate stem ooreen met die resultate van Renner *et al.* (1953) wat aantoon dat die nadelige invloed van oormatige verhitting van sojaboonmeel gedeeltelik oorkom kan word deur die byvoeging van water voor verhitting.

Die groeieresultate bevestig dat dit wel moontlik is om lugdroë sojabone in hierdie mikrogolfoond te behandel deurdat daar geen verskil in voedingswaarde tussen optimaal-behandelde lugdroë en optimaal-behandelde vogtige sojabone was nie. Die bevinding is dus in ooreenstemming met die resultate van Pour-el *et al.* (1983) en Hafez *et al.* (1983) soos in die inleidende paragrawe bespreek is. Die beskermende invloed van vog mag egter vir die prosesseerder van belang wees. Die resultate dui aan dat die optimale behandeling van die lugdroë bone binne 'n nou spektrum plaasvind en dat die risiko van beskadiging in dié geval hoër is. Waar die prosesseerder nie hierdie risiko wil

Tabel 5 Gemiddelde liggaamsmassa, gemiddelde voerinnames en doeltreffendheid van voerverbruik van die lugdroë bone (9,13% vog) en benatte bone (23,08% vog) in die groeiproef

Behandeling	Eindmassa na 14 dae van proef (g)*	Voerinnames oor 14 dae (g)**	Doeltreffendheid van voerverbruik
Lugdroë bone			
7 min (9%)	253,9 ^a (± 4,4)	445,5 ^a (± 15,3)	0,570 ^a (± 0,015)
8 min (9%)	282,5 ^b (± 11,9)	468,7 ^b (± 21,9)	0,603 ^b (± 0,021)
9 min (9%)	298,0 ^c (± 5,4)	471,2 ^b (± 5,6)	0,632 ^c (± 0,014)
10 min (9%)	297,3 ^c (± 8,6)	484,4 ^c (± 22,1)	0,614 ^b (± 0,016)
Benatte bone			
8 min (23%)	299,7 (± 12,6)	499,3 (± 3,5)	0,601 (± 0,010)
9 min (23%)	292,3 (± 6,4)	485,2 (± 13,1)	0,603 (± 0,008)
10 min (23%)	288,7 (± 6,3)	490,6 (± 15,9)	0,589 (± 0,014)
11 min (23%)	286,4 (± 16,4)	497,3 (± 48,5)	0,579 (± 0,040)

* Waardes met dieselfde boskryfte (kolomgewys) verskil nie betekenisvol ($P \leq 0,01$) van mekaar nie.

** $P \leq 0,05$.

(±) Standaardfout.

neem nie, sal dit raadsaam wees om die sojabone se voginhoud voor verhitting te verhoog.

Erkennings

Dank en waardering word uitgespreek teenoor al die persone werksaam by die NIVS, Irene, wat met die uitvoering van die proef behulpsaam was. Die Oliesaderaad word bedank vir skenking van sojabone en Mnre A. Villiers en T. Pretorius vir die beskikbaarstelling van die eksperimentele mikrogolfoond.

Summary

A study was undertaken to determine the optimal processing time required for an experimental microwave oven to produce heated full-fat soy beans of a high nutritional quality for inclusion in broiler diets. Furthermore, the effect of moisture content on the efficiency of processing was investigated.

A microwave oven, delivering 1,3 kW power at 2450 MHz frequency, was used. Soy beans with 9,13% (air-dry) and 23,08% moisture were heated for different periods. Quality was evaluated chemically (trypsin inhibitor activity: TIA) and biologically (true metabolizable energy: TME and amino acid availability: AA). The final evaluation was based on the results of a chick growth trial. Five replicates of 10 chicks each were allocated to diets formulated to contain 15% total crude protein with an inclusion rate of 20% of the processed soy beans for 14 days.

Results from the chemical evaluation method indicated that 9 min and 8 min were optimal for processing the air-dry and moistened soy beans respectively. The biological evaluation methods confirmed these results. The results of the growth trial suggested that increasing the moisture level of the soy beans prior to processing, had no beneficial effect but could decrease the detrimental effects of overheating during processing.

Verwysings

- ANDERSON, R.L., RACKIS, J.J. & TALLENT, W.H., 1979. Biologically active substances in soy products. In: Soy protein and human nutrition. Eds. Wilke, H.L., Hopkins, D.T. & Waggle, D.H., Academic Press, New York.
- AOAC, 1965. Official methods of analysis (10th edn.). Association of Official Agricultural Chemists, *J. Assoc. Off. Agric. Chem.*, Washington, DC.
- DUCKITT, J.S., HAYES, J.P., DU PREEZ, J.J. & PAULSE, M.J., 1985. Die effek van stygende konsentrasies vismeel op die ware lisienbeskikbaarheid by Wit Leghornhane met en sonder sekums. *S. Afr. Tydskr. Veek.* 16, 202.

- DUNCAN, D.B., 1955. Multiple range and *F* tests. *Biometry*, 11, 1.
- EKERMANS, L.G., 1984. Die potensiele bydrae van verwerkte plantaardige proteïenbronne tot toekomstige aminosuurvoorsiening vir veevoer. D.Sc.(Agric.)-proefskrif, Universiteit van Pretoria.
- FISHER, C., 1982. Energy evaluation of poultry rations. Recent advances in animal nutrition. Ed. Haresign, W., PhD, University of Nottingham, School of Agriculture, Butterworths, London.
- GUSTAFSON, M.A., FLEGAL, C.J. & SCHAIBLE, P.J., 1970. The effects of microwave heating on the properties of raw unextracted soy beans for utilization by the chick. *Poult. Sci.* 59, 358.
- HAFEZ, Y.S., SINGH, G., McLELLAN, M.E. & MONROE-LORD, L., 1983. Effects of microwave heating on nutritional quality of soy beans. *Nutr. Rep. Int.* 28, 413.
- LIENER, I.E., 1980. Protease inhibitors. In: Toxic constituents of plant feedstuffs. Ed. Liener, I.E., Academic Press, New York. p. 7.
- LIKUSKI, H.J.A. & DARRELL, H.G., 1978. A bioassay for rapid determinations of amino acid availability values. *Poult. Sci.* 57, 1658.
- MCNAB, J.M. & FISHER, C., 1984. An assay for true and apparent metabolizable energy. Proceedings & Abstracts XVII World's Poultry Congress and Exhibition, August 8—12, Helsinki, p. 374.
- NRC, 1984. Nutrient requirements of poultry. The National Academy of Sciences, Washington, DC.
- PAYNE, W.L., KIFER, R.P., SNYDER, D.G. & COMBS, G.F., 1971. Studies of protein digestion in the chicken. Investigation of apparent amino acid digestibility of fish meal protein using caeectomized, adult male chickens. *Poult. Sci.* 50, 143.
- POUR-EL, A., NELSON, S.O., PECK, E.E., TJHIO, B. & STETSON, L.E., 1981. Biological properties of VHF- and microwave-heated soy beans. *J. Food Sci.* 46, 880.
- RAYNER, A.A., 1967. Biometry for Agriculture students. University of Natal Press, Pietermaritzburg.
- RENNER, RUTH, CLANDININ, D.R. & ROBBLEE, A.R., 1953. Action of moisture on damaged done during overheating of soy-bean oil meal. *Poult. Sci.* 32, 582.
- RENNER, RUTH & HILL, F.W., 1960. Studies of the effect of heat treatment on the metabolizable energy value of soya beans and extracted soy-bean flakes for the chick. *J. Nutr.* 70, 219.
- SIBBALD, I.R., 1976. A Bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. *Poult. Sci.* 55, 303.
- SIMOVIC, R., SUMMER, J.D. & BILANSKI, W.K., 1972. Heat treatment of full-fat soy beans. *Can. J. Anim. Sci.* 52, 183.
- SMITH, C., VAN MEGEN, W., TWAALFHOVEN, L. & HITCHKOCK, C., 1980. The determination of trypsin inhibitor levels in foodstuffs. *J. Sci. Food Agric.* 31, 341.