

HOËVET-WEIPOEIER IN KALFMELKVERVANGERS:
(b) DIE ROL VAN PROTEÏEN : ENERGIEVERHOUDINGS

Ontvangs van MS 15-04-1981

W.P. HENNING

Dohne Landbounavorsingstasie, Stutterheim, 4930

(Sleutelwoorde: *Hoëvet-weipoelier, proteïen:energie, melkvervanger, kalwers*)
(Key words: *High fat whey powder, protein:energy, milk replacer, calves*)

SUMMARY: HIGH FAT WHEY POWDER IN CALF MILK REPLACERS:
(b) THE ROLE OF PROTEIN:ENERGY RATIOS

The effect of protein:energy ratio's in milk replacers based on whey powder as the main energy source was studied. In a digestion-balance trial 9 milk replacers containing decreasing levels of crude protein but increasing levels of high fat whey powder were fed to 45 Friesian bull calves in a set of 9 treatments. A protein rich calf starter concentrate (18%) was available *ad libitum*.

Concentrate intake, nitrogen digestibility and nitrogen retention were significantly influenced by the protein content and the protein:energy ratio in the milk replacers.

The percentage apparent N digestibility and the efficiency of N retention decreased linearly when less than 18% of the DE in the milk replacer was derived from protein. The apparent optimum protein content of 21% as well as the optimum protein:energy ratio of 9,99 g DCP per MJ DE were achieved with a mixture containing 60% high fat whey powder and 40% skimmed milk powder.

OPSOMMING:

Die invloed van verskillende proteïen:energieverhoudings in kalfmelkvervangers op die inname en benutting van proteïen is ondersoek. Nege melkvervangers met afnemende proteïeninhoud maar toenemende hoëvet-weipoelier insluitingspele is in 9 behandelings aan 45 Fries-bulkalwers in 'n verterings- en balansproef gevoer. 'n Aanvangsmeel met 28% ruproteïen was *ad libitum* beskikbaar.

Die proteïen:energieverhouding van die melkvervangers het die persentasie skynbare verteerbaarheid van N, sowel as die aanvangsmeel-inname beïnvloed. Die persentasie skynbare N-verteerbaarheid en doeltreffendheid van N-retensie neem lineêr af namate minder as 18% van die VE in die melkvervanger van proteïen afkomstig is. Die klaarblyklike optimum proteïen:energieverhouding van 9,99 g VRP per MJ VE word geakkommodeer in 'n mengsel wat uit 60% hoëvet-weipoelier en 40% afgeroomde melkpoelier bestaan.

Die voedingsbehoefte van suipkalwers kan in die praktyk nie noodwendig bevredig word deur die nabootsing van volmelk in die vorm van melkvervangers nie. Namate geprosesseerde suiwel- en ander produkte in melkvervangers ingesluit word, neem die doeltreffendheid van benutting van die voedingstowwe af (Radostits & Bell, 1970). Hierbenewens is 'n gunstige proteïen:energieverhouding in die dieet 'n vername faktor in die doeltreffendheid van voedingstofbenutting. Proteïenbronne vir melkvervangers is duur en die doeltreffende benutting daarvan noodsaaklik.

Die ideale proteïen:energieverhouding van melkdiëte vir kalwers is volgens Liebenberg & Van der Merwe (1974) nog nie 'n uitgemaakte saak nie. Die effektiewe benutting van die beskikbare proteïen van volmelk met 25 tot 30% van die energie wat van proteïen (PE) afkomstig is, is byvoorbeeld verhoog deur die byvoeding van bottervet (Liebenberg *et al.*, 1974). Die doeltreffende benutting

van proteïen deur die pre-herkouer kalf blyk dus nou gekoppel te wees aan die proteïeninhoud en die proteïen:energieverhouding van die melkvervanger. Die saak word verder gekompliseer vir die kommersiële melkvervanger vervaardiger deurdat die biologiese doeltreffendheid dikwels nie met ekonomiese doeltreffendheid saamval nie.

Spekulasies bestaan gevolglik oor die moontlike verlaaging van die proteïeninhoud van melkvervangers weens die doeltreffender benutting van proteïen in die teenwoordigheid van voldoende energie. Dergelike oorwegings is veral gemik op kostebesparings by die samestelling van kommersiële melkvervangers. Indien proteïenkwaliteit, dit wil sê melk vs plantaardig, 'n ondergeskikte rol in kalwervoeding speel, kan voedingskoste drasties verlaag word. Teoreties kan 'n hoë-proteïen aanvangsmeel met 28% ruproteïeninhoud soveel as 200 tot 900% goedkoper as melkproteïen aan kalwers se voedingsbe-

hoeftes voorsien. Gevolglik is die invloed van verskillende proteïen:energieverhoudings in melkvervangers op die doeltreffendheid van proteïen benutting ondersoek. Hoëvet-weipoeier (HVW) is as primêre energiebron in die melkvervangers ingesluit. HVW is 'n relatief goedkoop produk wat vervaardig word deur 24% gehomogeniseerde beesvet tydens die sproei-droogproses van wei te voeg.

Prosedure

Besonderhede van die proefprosedure is beskryf deur Henning (1982a).

Resultate

Inname van voedingstowwe

Vir die uitvoering van die studie was dit noodsaaklik dat die VE van HVW vir kalwers so vroeg moontlik na geboorte bepaal word. Hierdie bepaling is in 'n gidsproef met 'n dieetaanpassingsperiode van 4 dae uitgevoer. In die berekening van die hoofverteringsproefdata is egter gevind dat 'n afname in die DM-verteerbaarheid van die proefdiëte na ongeveer 3 dae voorgekom het.

Hierdie afname duur vir ongeveer 3 tot 5 dae en staan moontlik in verband met 'n aanpassing van die kalwers by 'n veranderde dieet. Gedurende die uitvoering van die gidsproef is die periode waartydens die afname voorkom, by die kolleksieperiode ingesluit. Gevolglik was die VE-bepaling van die HVW in die gidsproef laer as die werklike. Die voedingspeil van die verskillende melkvervangerbehandelings het in werklikheid lineêr vanaf 1,18 x VE-behoefte vir onderhoud by die 30% proteïenpeil (20% HVW) tot 1,38 x VE-behoefte by die 10% proteïenpeil (100% HVW) toegeneem.

Aanvangsmeel

Die gemiddelde daaglikse inname (4 tot 30 dae ouderdom) van die aanvangsmeel, VE per kg geboortemassa en stikstof (N) vanaf die verskillende handelings word in Tabel 1 aangetoon. Die inname van aanvangsmeel neem stelselmatig ($P \leq 0,05$) vanaf 251 tot 128 g per dag af met toenemende energie-inname as gevolg van die HVW-insluitingspeile. 'n Merkbare stimulering in die inname van aanvangsmeel is by die 23 en 21% proteïenpeil handelings waarneembaar. Kalwers neig nietemin om dieselfde gemiddelde VE-inname van $346 \pm 21,6$ KJ per kg geboortemassa te handhaaf (Tabel 1).

N-Inname

Die N-inname van die handelings neem lineêr vanaf 12,7 tot 35,4 g N per dag toe (Tabel 1) met toenemende proteïenpeile in die melkvervangers en kan beskryf word deur die regressie vergelyking: $y = 2,71 + 1,14x$ ($R^2 = 0,9674$). Hierdie verskille word grootliks veroor-

saak deur 'n hoër inname van aanvangsmeel by melkvervangers met 'n lae energie konsentrasie (hoë proteïeninhoud).

Die Skynbare verteerbaarheid van N

Die gemiddelde skynbare N-verteerbaarheid van die verskillende handelings oor die proefperiode word in Tabel 2 aangetoon. Die algemene tendens is dat N beter verteer met toenemende proteïenpeile in die melkvervangers. Geen betekenisvolle verskille in die persentasie skynbare N-verteerbaarheid ($83 \pm 1,52\%$) tussen die 30 tot 21% proteïenpeil-handelings (20 tot 60% HVW) het voorgekom nie. Tussen hierdie grense het die toenemende peile beskikbare energie dieselfde skynbare N-verteerbaarheid, ten spyte van afnemende proteïeninhoudspeile gehandhaaf. 'n Betekenisvolle ($P \leq 0,01$) laer persentasie skynbare N-verteerbaarheid het by handelings met 'n proteïeninhoud van laer as 21% voorgekom. By laer proteïenpeile neem die persentasie skynbare N-verteerbaarheid lineêr vanaf 83,48 tot 70,22% af, ten spyte van verdere toenemende peile energie.

Die persentasie skynbare N-verteerbaarheid van veral die lae proteïenpeil handelings, verhoog stelselmatig namate die kalwers ouer word. Die verteerbaarheid van N word nietemin beïnvloed deur 'n interaksie tussen kalfouderdom en proteïeninhoud van die melkvervangers (Tabel 2). Die interaksie word egter gedurende die aanpassingsperiode van 6 tot 9 dae ouderdom deur 'n laer verteerbaarheid van N verbloem. Na die aanpassingsperiode verander die persentasie skynbare N-verteerbaarheid van opeenvolgende handelings (afnemende proteïeninhoud), trapsgewys met elke 3 dae tydsinterval om ongeveer 'n konstante verteerbaarheid van 82 tot 85% te bereik. Volgens hierdie patroon sou die 10% proteïen (100% HVW) behandeling ook 82 tot 85% skynbare N-verteerbaarheid bereik met 'n verdere tydsinterval van 3 dae. 'n Skynbare N-verteerbaarheid van 82 tot 85% word reeds op 'n ouderdom van 12 dae (3 dae na aanpassingsperiode) by die 21% proteïenpeil (60% HVW) behandeling bereik, in stede van 18 dae ouderdom, volgens die algemene patroon. Die skynbare N-verteerbaarheid van 82 tot 85% word geleidelik vanaf 20 dae ouderdom deur die laer proteïenpeil handelings ingehaal.

Die retensie van N

Die retensie van N en die doeltreffendheid van N-benutting van die verskillende handelings word in Tabel 3 aangegee. Die hellings van die kumulatiewe N-retensie: kumulatiewe VE-inname regressielyne (Roux 1976), sowel as die persentasie doeltreffendheid van N-benutting van die verskillende handelings volg dieselfde patroon as die skynbare N-verteerbaarheid. Tussen die 32 tot 21% proteïenpeil (20 tot 60% HVW) handelings het geen betekenisvolle verskille in die hellings van die kumulatiewe N-retensie regressielyne (gemiddeld $1,45 \pm 0,018$),

Tabel 1

Die gemiddelde daaglikse inname van aanvangsmeel, VE per kg geboortemassa en stikstof

Innames		% Ruproteïen in melkvervanger									KBV		
		30	27	25	23	21	19	16	12	9	0,05	0,01	± SA
Aanvangsmeel	g/d	251	227	223	245	238	138	121	165	128	65,02	90,90	24,8
VE	KJ/kg gm*	323	341	357	319	366	348	351	368	346	NB		21,6
Stikstof	g/d	35,4	34,5	31,0	29,7	28,2	24,3	18,0	17,7	12,7	2,37	3,12	0,85

*geboortemassa

Tabel 2

Die invloed van ouderdom en die proteïen:energieverhouding van die melkvervangers op die skynbare verteerbaarheid van stikstof

Ouderdom	Dae	% Ruproteïeinhoud in melkvervanger									Gemid
		30	27	25	23	21	19	16	12	9	
	6	87,90	79,10	80,92	80,97	82,30	70,00	77,02	65,74	59,43	75,84
	9	80,49	80,49	76,37	73,60	76,65	65,34	63,08	61,60	58,82	70,68
	12	73,87	78,76	77,88	80,08	84,38	68,95	73,14	61,98	61,83	73,49
	15	73,49	82,78	87,50	85,98	82,39	73,29	71,16	76,56	69,97	78,14
	18	91,28	83,68	86,96	85,14	84,59	79,49	77,14	76,34	75,58	82,24
	21	87,98	87,36	87,94	87,89	85,40	83,14	80,31	82,06	73,80	83,91
	24	87,78	85,94	89,40	85,42	85,41	82,25	82,16	76,06	74,80	83,26
	27	87,35	86,25	84,90	88,02	85,42	78,41	81,62	82,27	78 54	83,66
	30	85,18	85,68	83,09	84,53	84,72	82,34	83,42	82,33	78,96	83,20
	Gemid	83,93	83,32	83,88	83,51	83,48	75,91	76,37	73,81	70,22	79,38
		KBV		SA							
Betekenisvolheid		0,05	0,01	±							
HVW-insluitingpeile Ouderdom		4,226	5,566	1,519							
		4,226	5,566	1,519							

of die doeltreffendheid van N-retensie (gemiddeld $82,67 \pm 1,5\%$), voorgekom nie. Daarenteen het die helling van die kumulatiewe N-retensie regressielyne betekenisvol ($P \leq 0,01$) vanaf 1,410 tot 1,088 en die doeltreffendheid van N-retensie vanaf 82,66 tot 69,35% afgeneem by behandelings met 'n proteïënhoud laer as 21%. Die retensie van N het hoogsbetekenisvol ($P \leq 0,01$) lineêr ($y = 1,037x - 0,3136$; $R^2 = 0,723$) vanaf 29,334 tot 8,807 g N per kalf per dag afgeneem met die afname in die proteïënhoud van die melkvervangers.

Die gemiddelde daaglikse uitskeiding van urien-N word in Fig. 1 aangetoon. Die uitskeiding van urien-N neem lineêr ($y = 12,551x - 11,51$) af met die afname in die proteïënpaas van die melkvervangers. Slegs by die 21% proteïënpaas is 'n geringe afplatting in die helling en is die urien-N-uitskeiding effens laer.

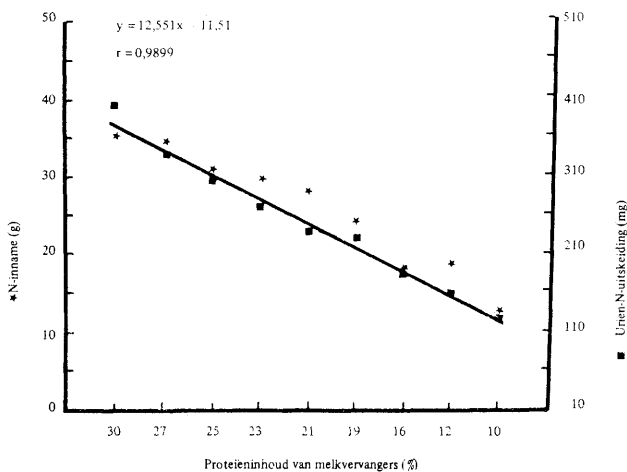


Fig. 1. Die gemiddelde daaglikse N-inname en urien-N-uitskeiding

Bespreking

Die afname in aanvangsmeelinname (Tabel 1) met toenemende energie-innamepeile sowel as die eenvormige VE-inname per kg geboortemassa van die verskillende behandelings is in ooreenstemming met die bevindings van Volcani & Ben-Asher (1974), Gritthiths & McGann (1966) en Raven (1970). Die feit dat kalwers hul voer-inname deur middel van energie-inname beheer, word hierdeur bevestig. Die stimulerings van aanvangsmeelinname by die 23 en 21% proteïënpaas (50 en 60% HVW) behandelings kan moontlik aan 'n gunstige proteïëne:energieverhouding in die dieet toegeskryf word.

Die proteïëne:energieverhoudings blyk ook 'n deurslaggewende rol te speel in die doeltreffendheid van N-vertering – en retensie (Tabel 3). In die algemeen kontroleer

die proteïënefraksie in die dieet die tempo van liggaamsmassa – toename by enige spesifieke peil van energie-inname (Walker & Faichney, 1964; Walker & Cook, 1967; Black, 1974). Om hierdie verband beter te omlyn het Penning (1978) die proteïënebehoefte uitgedruk as 'n persentasie van die totale energie in die dieet wat van proteïëne (PE) afkomstig is. Die doeltreffendste benutting van N het by die 21 tot 30% proteïënhoud melkvervangers voorgekom (Tabel 3). 'n Proteïënhoud van 22% word kragtens die Suid-Afrikaanse Wet op veevoedsel (Wet 36 van 1947 soos gewysig 1973) in hoëte kalfmelkvervangers vereis. Die proteïëne:energieverhoudings in die dieet van die verskillende behandelings word in Tabel 4 aangetoon. Die PE as persentasie van die totale energie by die 21% proteïënpaas melkvervanger is 25,4%. Dit is beduidend om daarop te let dat hierdie persentasie ooreenstem met die PE van volmelk (Liebenberg *et al.*, 1974). Hierdie syfer is ook in ooreenstemming met die 25 tot 30% PE wat nodig is vir die doeltreffende benutting van voedingstowwe by lammers, soos bevind deur Penning (1978). Die persentasie skynbare N-verteerbaarheid en doeltreffendheid van N-retensie neem egter nie verder toe met toenemende PE-peile nie, maar word konstant op 83% skynbare N-verteerbaarheid en 82% doeltreffendheid van N-retensie gehandhaaf (Tabel 3). Hierdie aspek is in teenstelling met die bevindings van Penning (1978).

Die ooreenstemming met die bevindings van Liebenberg *et al.*, (1974) en Penning (1978) van die optimum persentasie bruto PE (25%) kan grootliks toegeskryf word aan die gebruik van melkproteïëne in die verskillende melkvervangers. Die verteerbaarheid en van nie-melkproteïëne in melkvervangers is minder doeltreffend as melkproteïëne (Radostits *et al.*, 1970). Indien dus nie-melkproteïëne in melkvervangers ingesluit sou word, moet die verteerbare – PE ongeveer 18 tot 20% (Tabel 4) van die totale VE voorsien om die optimum proteïëne:energieverhouding te handhaaf.

Alhoewel die hoë proteïënhoud van die aanvangsmeel die persentasie PE van die totale dieet van die 19% proteïënhoud melkvervanger na 24,35% (Tabel 4) verhoog het, het die hoër N-verteerbaarheid eers ingetree na ongeveer 20 dae ouderdom. Na hierdie ouderdom ontwikkel die rumen vinnig en speel die kwaliteit van die proteïëne (melk vs. plantaardig) 'n afnemende rol in die daarstelling van die optimale proteïëne:energieverhouding. In 'n vroegspeenstelsel is die optimum persentasie PE vanaf die melkvervanger, essensieel vir die doeltreffende benutting van proteïëne by kalwers onder die ouderdom van 20 dae (Tabel 3, 4). Na hierdie ouderdom blyk die ontwikkeling van die rumen en die benutting van die aanvangsmeel die belangrikheid van die proteïënekwaliteit en die proteïëne:energieverhouding in die melkvervanger te oorheers.

In hierdie studie neem die uitskeiding van urien-N lineêr toe met N-inname (Fig. 1). Volgens McDonald, Edwards &

Tabel 3

Die invloed van proteïen:energieverhoudings op die doeltreffendheid van N-benutting

		% Ruproteïëinhoud van melkvervangers								KBV			
		30	27	25	23	21	19	16	12	9	0,05	0,01	± SA
N-inname	g/d	35,4	34,5	31,0	29,7	28,2	24,3	18,0	18,7	12,7	2,37	3,12	0,85
N-verteerbaarheid	%	83,9	83,3	83,9	83,5	83,5	75,9	76,4	73,8	70,2	2,23	5,57	1,52
Kumulatiewe N-retensie (helling)		1,150	1,149	1,153	1,134	1,141	1,114	1,095	1,088	1,067	0,046	0,067	0,18
N-retensie	g/kalf/dag	29,33	28,41	25,71	24,53	23,31	18,23	13,57	13,66	8,81	5,67	7,61	1,98
Doeltreffendheid van N-retensie*	%	82,86	82,33	82,92	82,59	82,66	75,03	75,41	73,02	69,35	2,20	5,51	1,50

$$*\% \text{ Doeltreffendheid van N-retensie} = \frac{\text{N-retensie (g/dag)}}{\text{N-inname (g/dag)}} \times 100$$

Tabel 4

Die proteïen:energieverhoudings in die dieet van die verskillende behandelings

	% Ruproteïëinhoud van melkvervangers								
	30	27	25	23	21	19	16	12	9
PE as % BE									
1. Melkvervangers	39,07	34,81	31,87	27,15	25,42	21,32	17,81	13,25	9,9
2. Aanvangsmeel	36,67	36,67	36,67	36,67	36,67	36,67	36,67	36,67	36,67
3. Totale dieet	38,26	35,34	33,32	30,19	29,03	24,35	21,30	18,32	15,73
Verteerbare-PE as % VE in									
1. Melkvervangers	28,72	25,34	22,98	19,38	17,97	14,92	14,34	9,09	6,75
2. Aanvangsmeel	30,22	30,22	30,22	30,22	30,22	30,22	30,22	30,22	30,22
3. Totale dieet	29,15	26,48	24,74	22,13	21,02	17,76	14,33	12,29	10,27
Proteïen:energieverhoudings (VP/MJ VE), g									
1. Melkvervangers	15,96	14,09	12,77	10,77	9,99	8,29	6,86	5,05	3,75
2. Aanvangsmeel	16,79	16,79	16,79	16,79	16,79	16,79	16,79	16,79	16,79
3. Totale dieet	16,20	14,72	13,75	12,30	11,68	9,87	7,96	6,83	5,71

Greenhalgh (1975) is die verhoogde uitskeiding van urien-N met toenemende proteïeninnname grootliks as gevolg van die vermorsing van aminosure verbonde aan die ondoeltreffende benutting van voerproteïen. Die beskrywing van die uitskeiding van urien-N deur die regressielyn ($r = 0,9899$) toon dat die lae N-retensie by die lae proteïenpeil behandelings nie aan 'n tekort aan verteerde N toegeskryf kan word nie. Terselfdertyd word die uitskeiding van urien-N ook nie beïnvloed deur die beskikbaarheid van surplus energie nie. Die voorsiening van die optimum persentasie PE in die dieet (21% proteïen) het ten spyte van die sterk verwantskap 'n verskuiwing in die helling van die regressielyn tot gevolg gehad (Fig. 1). Hierdie verskuiwing (afplating) dui moontlik op die maksimum doeltreffendheid van N-retensie in die teenwoordigheid van die optimum persentasie PE (25%) in die dieet.

Gevolgtrekkings

Die peil van melkenergievoeding het die inname van aanvangsmeel beïnvloed en kalwers van die verskillende behandelings poog om dieselfde totale VE-inname van $346 \pm 21,6$ KJ per kg geboortemassa per dag te handhaaf. Afgesien hiervan het die optimum proteïen:energieverhouding van 9,99 g VP per MJ VE in die melkvervanger,

die aanvangsmeelinname verder gestimuleer sodat die hoogste VE-inname/kg geboortemassa by hierdie behandeling (21% proteïenpeil) voorgekom het.

Vanaf geboorte tot ongeveer 20 dae ouderdom is die optimum proteïen:energieverhouding in die melkvervanger noodsaaklik om 'n gemiddelde N-verteerbaarheid van 83% te handhaaf. Na hierdie ouderdom neem die belang van proteïen kwaliteit geleidelik af weens die ontwikkeling van die rumen by kalwers in 'n vroegspeenstelsel en verhoog die verteerbaarheid van N na 83% vir al die behandelings.

Die optimum proteïen:energieverhouding van 'n kalfmelkvervanger word hoofsaaklik bepaal deur die persentasie energie afkomstig van die proteïenfraksie. Minstens 25% van die BE of 18% VE van die melkvervanger moet van die proteïenfraksie afkomstig wees.

Dankbetuiging

'n Opregte woord van dank aan Mnr. H.H. Barnard, Dr. C.Z. Roux, NIVS-voedingseksie en Dr. P. Morgan (UP) vir bystand en leiding tydens die beplanning en afhandeling van hierdie studie.

Literatuur

- BLACK, J.L., 1974. Manipulation of body composition through nutrition. *Proc. Austr. Soc. Anim. Prod.* 10, 211.
- GRIFFITHS, T.W. & MCGANN, P.S., 1966. Effects of high fat milk replacer on young calves under a modified early weaning system. *Anim. Prod.* 8, 349.
- HENNING, W.P., 1982. Hoëvet-weipoeier in kalfmelkvervangers: (a) Verteerbaarheid en benutting van nutriente. *S. Afr. Tydskr. Veek.*
- LIEBENBERG, L.H.P. & VAN DER MERWE, F.J., 1974. Die benutting van melkdiëte met verskillende kaloriekonsentrasies deur die voor-herkouerkalf. *S.A. Tydskr. Veek.* 4, 21.
- MCDONALD, P., EDWARDS, R.A. & GREENHALGH, J.F.D., 1975. Animal nutrition. 2nd Ed. New York: Longman Inc. 271.
- PENNING, P.D., 1978. Nutrition, growth and diseases of lambs. Proc. The management and diseases of sheep. British Council Special Course, Edinburgh. 282–296.
- RADOSTITS, O.M. & BELL, J.M., 1970. Nutrition of the pre-ruminant dairy calf with special reference to the digestion and absorption of nutrients: A review. *Can. J. Anim. Sci.* 50, 473.
- RAVEN, A.M., 1970. Fat in milk replacers for calves. *J. Sci. Fd. Agric.* 21, 352.
- ROUX, C.Z., 1976. A model for the description and regulation of growth and production. *Agroanimalia.* 8, 83.
- VOLCANI, R. & BEN-ASHER, A., 1974. Growth response of pail fed heifers to an all whey milk replacer. *J. Dairy Sci.* 57, 567.
- WALKER, D.M. & FAICHNEY, G.J., 1964. Nitrogen balance studies with the milk-fed lamb. 3. Effect of different nitrogen intakes on growth and nitrogen balance. *British J. Nutr.* 18, 295.
- WALKER, D.M. & COOK, L.J., 1967. Nitrogen balance studies with the milk-fed lamb. 4. Effect of different nitrogen and sulphur intakes on live weight gain and woolgrowth and on nitrogen and sulphur balances. *Brit. J. Nutr.* 21, 237.