

A8711

## CONSÉQUENCES NÉFASTES DE L'EXCÈS DE CALCIUM CHEZ DES PORCS NON SUPPLÉMENTÉS EN PHOSPHORE MINÉRAL

A. POINTILLART, Annie FOURDIN\*, A. DELMAS\*\*

INRA, Station de Recherches de Nutrition, 78350 JOUY-EN-JOSAS

Avec la collaboration technique de B. CAYRON, Colette COLIN et Pierrette CAMUS

### INTRODUCTION

On connaît depuis longtemps (MELLANBY, 1949), l'action néfaste des phytates sur l'absorption du calcium par formation de phytate de Ca, peu ou pas absorbable. En fait, dans la plupart des essais réalisés jusqu'ici par notre groupe chez le Porc, rarement l'absorption calcique était modifiée par le fait que les régimes ne contenaient que du phosphore sous forme phytique (POINTILLART *et al.*, 1985 ; FOURDIN *et al.*, 1986). Toutefois, au cours d'un essai (POINTILLART *et al.*, 1985a), une baisse de la digestibilité du calcium a pu être mise en relation avec le taux de P phytique du régime mais d'autres facteurs, la carence en vitamine D, en particulier, pouvaient également être suspectés. En fait, quand le régime est bien pourvu en cette vitamine, la nature phytique des régimes influence la rétention mais non l'absorption du calcium (FOURDIN *et al.*, 1986), ce qui est dû à l'apport insuffisant de phosphore qui caractérise de tels régimes. Pourtant, plusieurs travaux à visée humaine suggèrent que chez les populations consommant certains types de pains, riches en phytates, il apparaît souvent du rachitisme et de l'ostéomalacie (REDDY *et al.*, 1982). A l'inverse, l'excès de calcium, en favorisant la précipitation des phytates, devrait également diminuer la disponibilité de Ca et surtout celle de P. Ainsi, chez le Hamster et le Rat, l'excès de calcium affecte la digestibilité du phosphore phytique (NAHAPETIAN et YOUNG, 1980 ; TAYLOR et COLEMAN, 1979). Enfin, l'excès de calcium en lui-même peut poser problème (Nutr. Reviews, 1985). Il peut, dans certaines conditions, engendrer des troubles cardiovasculaires importants et ceci a été vérifié récemment chez le Porc (HALL *et al.*, 1985). Enfin, au-delà d'un rapport Ca/P de 2/1, l'excès de calcium, avec un apport de P normal, diminue les cendres et la résistance à la rupture des os chez le Porc, ce phénomène s'accroissant quand l'apport de P devient insuffisant (REINHART et MAHAN, 1985).

L'ensemble de ces considérations nous a incités à étudier, chez des porcs en croissance alimentés avec un régime sans supplémentation en phosphore minéral (c'est-à-dire dont l'essentiel du phosphore était phytique), les effets de la surcharge en calcium sur la digestibilité du phosphore et sur la minéralisation osseuse (contenu en minéraux et résistance à la rupture). Les régimes étaient normalement pourvus en vitamine D (1 000 UI/kg) et leur teneur en phosphore total, très proche des recommandations (0,5 % contre 0,7 à 0,5 % suivant l'âge, GUEGUEN et PEREZ, 1981), seul différait leur contenu en calcium : 0,9 % pour les témoins et 1,4 % pour les surchargés ; l'essai ayant duré 2 mois.

\* stagiaire 3<sup>e</sup> cycle

\*\* stagiaire ENV Toulouse

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Douze porcs Large White, âgés d'environ 15 semaines et pesant  $21,4 \pm 0,6$  kg, ont été répartis en 2 lots de 6, respectivement + Ca (surchargés en calcium) et NCa (témoins), suivant les régimes. Pour atteindre un niveau de phosphore total normal (5,5 et 5,4 g/kg) sans recourir à l'addition de phosphore minéral, afin que tout le phosphore soit fourni par les matières premières végétales et surtout sous forme phytique (70 %), nous avons dû utiliser des ingrédients riches en phosphore phytique. Cela explique la présence, dans la formule alimentaire, d'un pourcentage élevé de tourteau de colza et de l'utilisation de l'avoine décortiquée comme principale source énergétique (tableau 1). L'excès de calcium a été réalisé grâce à la craie ( $\text{CaCO}_3$ ). Les deux régimes contenaient environ 150 ppm de Zn pour prévenir une éventuelle indisponibilité du Zn due aux phytates ou à l'excès de calcium (LUECKE, 1984).

**TABLEAU 1**  
COMPOSITION DES RÉGIMES (en %)

Ingrédients	Régimes	NCa	+ Ca
Avoine décortiquée		56	55,6
Tourteau de soja-50		20	19
Tourteau de colza (extraction)		20	20
Mélasse		1,95	1,85
$\text{CaCO}_3$ (craie)		1,5	3
CMV (1)		0,15	0,15
Sel marin		0,4	0,4
Phosphore total, g/kg		5,5	5,4
Calcium, g/kg		9,1	14,1
Ca/P		1,65	2,61

(1) Ne contenant pas de phosphore minéral et apportant 1 000 UI de vitamine  $\text{D}_3$ /kg d'aliment.

Un bilan de 10 jours sur 5 des 6 animaux de chaque lot a été réalisé juste avant l'abattage afin d'évaluer l'absorption et la rétention du calcium et du phosphore. Trois prélèvements de sang, un au début de l'expérience, un autre un mois plus tard ainsi qu'à l'abattage (après 2 mois) ont été effectués afin de suivre l'évolution de la calcémie et de la phosphatémie, la phosphatasémie (phosphatase alcaline) étant mesurée en fin d'expérience. La mesure de la résistance à la rupture, estimée par le moment de flexion (POINTILLART, CAYRON et GUEGUEN, 1986) a été réalisée sur le péroné, le tibia et les deux métatarsiens principaux (doigts III et IV) de la patte gauche et le contenu en minéraux sur le tibia (gauche). Nous avons également dosé l'hydroxyproline dans les urines récoltées au cours du bilan. L'éventuelle accumulation anormale de calcium a été testée sur le tissu rénal.

## RÉSULTATS

### 1. CROISSANCE, FOIES ET REINS

Les poids vifs des animaux à l'abattage ainsi que les gains moyens quotidiens sont comparables (tableau 2). Toutefois, si lors de chacune des pesées (à 15 jours, 1, 1,5 et 2 mois) les différences de poids entre les 2 lots n'étaient pas significatives, l'écart moyen établi sur toute l'expérience l'est en faveur des témoins :  $1,52 \pm 0,43$  kg (calcul sur les 4 pesées, test apparié NCa - (+ Ca),  $P < 0,05$ ). Autrement dit, la surcharge calcique a tendance à affecter la croissance. De plus, les foies des animaux surchargés en calcium sont plus lourds que ceux des témoins et le rapport hépato-corporel est plus élevé (tableau 2). L'ensemble de ces animaux présente une hypertrophie hépatique assez importante puisque pour des animaux normalement nourris et abattus au même poids ( $58 \pm 2$  kg) les foies ne pesaient que  $1,1 \pm 0,04$  kg, soit  $1,9 \pm 0,1$  % du poids du corps (DE VERNEJOU *et al.*, 1984), les foies des animaux du présent essai sont donc environ 2 fois plus lourds. Enfin, l'indice de consommation du lot surchargé est significativement supérieur à celui des témoins.

**TABLEAU 2**  
PERFORMANCES

Régimes	NCa	+ Ca
Poids vif à l'abattage, kg	59,8 ± 2,1	57,0 ± 1,9
GMQ, kg/jour	0,66 ± 0,02	0,61 ± 0,02
IC (1)	2,39 ± 0,06	2,58 ± 0,09*
Poids du foie, kg	1,86 ± 0,05	2,03 ± 0,05*
Poids du foie/poids du corps, %	3,1 ± 0,2	3,6 ± 0,1*

(1) Estimé à partir des consommations globales et des GMQ individuels.

\* P < 0,05.

**TABLEAU 3**  
CONTENU EN MINÉRAUX DES REINS (1)

Régimes	NCa	+ Ca
Cendres, % MS	4,02 (± 0,28)	5,17** (± 0,28)
Calcium, mg/g MS	0,41 (± 0,02)	0,50*** (± 0,01)
Phosphore, mg/g MS	10,2 (± 0,4)	10,8 (± 0,4)

(1) Moyennes (n = 6) ± écart-types de la moyenne.

\*\* P < 0,02. \*\*\* P < 0,01.

Avec le régime surchargé en calcium, les teneurs en cendres et en calcium des reins, mais non celle de phosphore, sont significativement plus élevées (tableau 3). Il y a donc accumulation anormale de calcium dans le tissu mou.

## 2. CALCÉMIE, PHOSPHATÉMIE ET PHOSPHATASÉMIE

Les deux régimes entraînent, dès un mois, une hypophosphatémie et une hypercalcémie lesquelles sont significativement plus marquées chez les porcs surchargés en calcium ; ces modifications persistent, sans s'aggraver, jusqu'à l'abattage (tableau 4). A l'abattage, la phosphatasémie des porcs surchargés en Ca est significativement plus élevée que celle des témoins : 102 ± 10 et 65 ± 8 UI/l (P < 0,02) pour +Ca et NCa respectivement.

**TABLEAU 4**  
ÉVOLUTION DE LA CALCÉMIE ET DE LA PHOSPHATÉMIE  
AU COURS DE L'EXPÉRIENCE (1)

Mois d'essai		0	1	2
Calcémie, mg/100 ml	+ Ca	10,43 <sup>a</sup> (0,08)	12,22 <sup>b</sup> (0,22)	12,57 <sup>b</sup> (0,14)
	NCa		10,80 <sup>c</sup> (0,11)	10,91 <sup>c</sup> (0,20)
Phosphatémie, mg de P/100 ml	+ Ca	9,05 (0,18)	5,88 <sup>b</sup> (0,32)	5,47 <sup>b</sup> (0,20)
	NCa		7,85 <sup>c</sup> (0,32)	7,97 <sup>c</sup> (0,20)

(1) Moyennes ± écart-types de la moyenne, n = 12 au départ ensuite n = 6 ; a, b, c, écarts significatifs entre les valeurs affectées d'indices différents (P < 0,05).

### 3. ABSORPTION ET RÉTENTION DU CALCIUM ET DU PHOSPHORE

L'excès de calcium entraîne une augmentation significative des quantités de Ca absorbées, retenues et excrétées (urines et fèces) sans que le CUDa ou le coefficient de rétention soient changés par rapport à ceux des témoins. L'absorption, les excrétions urinaire et fécale et la rétention du phosphore, tant en valeur absolue que relative, ne sont absolument pas modifiées par l'excès de calcium.

**TABLEAU 5**  
BILANS DE Ca ET P (1)

Régimes	Calcium		Phosphore	
	+ Ca	NCa	+ Ca	NCa
Ingéré, g/j	25,8 ± 0,3	17,3 ± 0,2**	9,9 ± 0,1	10,1 ± 0,1
Fécal, g/j	14,3 ± 0,3	9,2 ± 0,2**	6,7 ± 0,3	7,1 ± 0,3
Absorbé, g/j	11,4 ± 0,4	8,1 ± 0,2**	3,1 ± 0,3	3,0 ± 0,2
CUDa, %	44 ± 1,2	47 ± 0,9	31 ± 3,2	30 ± 2,5
Urinaire, g/j (2)	3,9 ± 0,7	2,1 ± 0,2*	[59 ± 8 ]	[67 ± 8 ]
Retenu, g/j	7,6 ± 0,6	6,0 ± 0,3*	3,1 ± 0,3	2,9 ± 0,2
Rétention, %	29 ± 2,3	35 ± 1,6	31 ± 3,1	29 ± 2,5

(1) [en mg/jour] pour P.

(2) Moyennes ± écart - types de la moyenne (n = 5).

\* P < 0,05    \*\* P < 0,01.

Il est important de souligner que les calciuries sont excessivement élevées, respectivement  $15,1 \pm 2,7$  et  $12,3 \pm 1,3$  % du calcium ingéré pour +Ca et NCa ( $P > 0,10$ ) y compris donc chez les porcs « normocalciques », il y a, en fait, hypercalciurie pour les 2 lots. Sinon, le rapport des excrétions urinaires entre les 2 lots (g/j, +Ca/NCa = 1,8) est voisin de celui des ingestâ (+Ca/NCa = 1,5) comme d'ailleurs pour l'excrétion fécale (+Ca/NCa = 1,6). Les phosphaturies des deux lots peuvent être considérées comme négligeables (< 70 mg/jour) ainsi, pratiquement tout le phosphore absorbé est retenu (98 %) ce qui reflète (avec les hypophosphatémies) l'état de carence en phosphore de l'ensemble des animaux.

### 4. PARAMÈTRES OSSEUX

Si le poids des os n'est pas affecté par la surcharge calcique, leur densité et leur moment de flexion sont généralement diminués : cela est significatif pour la densité du péroné et des métatarsiens et pour le moment de flexion du tibia et des deux métatarsiens (tableau 6). La fragilisation osseuse est donc nette avec l'excès de calcium. Par contre, la composition minérale des tibias (rapportée à la MS) quel que soit le type d'os, spongieux ou cortical, ne change pratiquement pas d'un lot à l'autre, à l'exception de la teneur en phosphore de l'os spongieux, plus faible pour le lot +Ca (tableau 7). En fait, si la teneur en minéraux du tissu osseux est sensiblement la même, le contenu de l'os entier en minéraux est significativement plus faible et la proportion des cendres rapportées au volume osseux (tableau 7) nettement moindre chez les surchargés en calcium. Autrement dit, il y a raréfaction osseuse diffuse ou encore ostéoporose.

Les résultats concernant l'hydroxyprolinurie vont dans le même sens : en valeur absolue, elles sont comparables d'un lot à l'autre (NCa :  $630 \pm 50$  et +Ca :  $812 \pm 81$  mg/jour,  $P > 0,10$ ) mais, la croissance des animaux étant légèrement différente (cf. § 1), l'hydroxyproline a été rapportée au poids corporel et dans ce cas, l'écart entre les 2 lots est significatif ( $P < 0,05$ ), le lot +Ca en excrétant davantage :  $14,1 \pm 1,1$  mg/jour/kg P.V. contre  $10,2 \pm 0,9$  chez les témoins. Il y a donc, avec l'excès de calcium, tendance à l'hyper-résorption, laquelle pourrait être responsable de l'ostéoporose. Toutefois, la fragilisation osseuse pourrait également provenir d'une minéralisation insuffisante comme cela est classique dans la carence en phosphore et ce qu'indiquent, directement ou indirectement, la chute de la teneur en P de l'os spongieux et l'hyperphosphatémie du lot +Ca.

**TABLEAU 6**  
POIDS, DENSITÉ ET MOMENT DE FLEXION DES OS

Os	Critère	Lot	Poids, g	Densité (1)	Moment de flexion, Nxm
Tibia		+Ca	111 ± 4	1,218	23,7 ± 1,5
		NCa	116 ± 3	1,230	30,1 ± 1,9*
Péroné		+Ca	15,9 ± 1	1,156	3,5 ± 0,4
		NCa	16,2 ± 1	1,225**	3,6 ± 0,3
Métatarsiens	Externe (IV)	+Ca	18,9 ± 1	1,101	4,3 ± 0,3
		NCa	19,7 ± 1	1,143*	5,3 ± 0,3*
	Interne (III)	+Ca	17,5 ± 1	1,096	4,8 ± 0,5
		NCa	18,5 ± 1	1,124**	6,0 ± 0,2*

(1) Écart-types des moyennes ≤ 0,015.

\* P < 0,05, \*\* P < 0,02.

**TABLEAU 7**  
ANALYSE MINÉRALE DES TIBIAS (en % de l'os sec) (1)

	Régimes	NCa	+Ca
<b>Os spongieux (2)</b>		38,0 ± 0,4	37,0 ± 0,5
Cendres		14,1 ± 0,4	13,8 ± 0,4
Ca		6,9 ± 0,1	6,5 ± 0,1**
P			
<b>Os cortical (3)</b>		59,6 ± 0,5	57,1 ± 1,8
Cendres		21,6 ± 0,3	20,9 ± 0,6
Ca		10,5 ± 0,1	9,9 ± 0,3
P			
<b>Os entier : cendres (4)</b>		24,5 ± 0,5	21,5 ± 0,9**
Contenu total en g/os		42,2 ± 1,1	41,2 ± 0,9
en % MS		26,2 ± 0,6	23,6 ± 0,7**
en % du volume (5)			

(1) Sauf mention contraire.

(2) Épiphyse et métaphyse distales.

(3) Diaphyse entière sans moelle.

(4) Comprend toutes les parties osseuses ci-avant ainsi que l'épiphyse et la métaphyse proximales.

(5) En g/100 cm<sup>3</sup> d'os.

\*\* P < 0,02.

## DISCUSSION

Si les deux régimes conduisent à une carence en phosphore que révèlent l'hypophosphatémie, l'hypophosphaturie et l'hypercalciurie (FOURDIN *et al.*, 1986 ; POINTILLART *et al.*, 1985a, b), celle-ci est nettement aggravée par l'excès de calcium ainsi que l'indiquent les résultats osseux (chute de la résistance, ostéoporose) mais également l'examen des données plasmatiques. Ainsi, la chute moyenne de la phosphatémie, entre le début et la fin de l'expérience, est de 3,3 (± 0,3) mg/100 ml pour +Ca (soit environ - 38 % de la valeur initiale) soit presque le double de celle observée pour NCa : 1,9 (± 0,3) mg/100 ml (soit environ - 18 % de la valeur initiale) (écart significatif : P < 0,01). Ceci explique probablement les moindres performances accomplies par les porcs surchargés en calcium.

Si le tourteau de colza, présent en abondance dans les deux régimes et connu pour ses effets hépatotoxiques (BOURDON et BOURDET, 1979), est vraisemblablement à l'origine de l'hypertrophie hépatique, patente chez les deux groupes, celle-ci est significativement renforcée par l'excès calcique. Enfin, l'augmentation du contenu rénal de calcium des porcs « +Ca » pourrait être le début d'une néphrocalcinose, laquelle pourrait également présager d'autres calcifications hétérotypiques, fréquentes en cas de surcharge calcique (HEANEY *et al.*, 1982) et préjudiciables à la santé des porcs.

L'ensemble de ces données met donc en évidence les dangers d'un excès de calcium lors d'apport limite en phosphore.

De plus, chez le chien recevant un régime normal en phosphore (0,9 %), l'excès de calcium (3,3 %) provoque de très graves troubles osseux : déformations apparentes du squelette, apparition d'ostéochondrose, diminution du remodelage osseux (HAZEWINKEL *et al.*, 1985). Ceux-ci s'accompagnent d'une hypercalcémie, d'une hypophosphatémie et d'une hyperphosphatasémie. Ainsi donc, carence en P et excès de Ca conduisent aux mêmes signes plasmatiques : hypophosphatémie, hypercalcémie et élévation de la phosphatase alcaline, ceci expliquerait leur accentuation chez les porcs du lot enrichi en calcium. Les perturbations osseuses rencontrées chez ceux-ci concordent avec les observations faites récemment chez le porc par HALL *et al.* (1985) et REINHART et MAHAN (1985). D'après ces auteurs, l'excès relatif de calcium interviendrait négativement sur les performances, la résistance à la rupture et les cendres d'os, au-delà d'un rapport Ca/P de 2/1, ce qui est le cas des porcs « +Ca » du présent essai (2,6/1).

L'absence d'effet de l'excès de calcium sur les utilisations du phosphore et du calcium est inattendue. Ainsi, chez le hamster, la digestibilité de P phytique chute de 10 % et chez le rat, de 50 %, quand la teneur en calcium du régime augmente de 0,5 à 1,1 % et ce pour un apport de P total constant de 0,54 % (dont 60 % sous forme phytique) (TAYLOR et COLEMAN, 1979). Toutefois, l'absence de corrélations significatives entre les excréments fécaux de Ca et de P ( $r = 0,68$ ,  $P > 0,10$ ), et ce pour les deux groupes de porcs, pourrait signifier qu'il n'y a pas eu formation de phytate de Ca, laquelle impliquerait des corrélations élevées (POINTILLART *et al.*, 1985). Ceci pourrait provenir de la présence, en quantité non négligeable (1 000 UI/kg) de vitamine D<sub>3</sub>, laquelle stimule significativement l'absorption du phosphore phytique ainsi que nous l'avons démontré chez le porc (FONTAINE *et al.*, 1985). Le mécanisme en est très mal connu, la vitamine D pourrait favoriser l'hydrolyse des phytates, empêchant ainsi la formation de phytates de Ca (ou d'autres cations) insolubles (REDDY *et al.*, 1982). Cette hypothèse est en accord avec le fait que les fortes corrélations observées entre Ca et P fécal et qui suggéraient la présence de phytates calciques, l'avaient été chez des porcs carencés en vitamine D (POINTILLART *et al.*, 1985b).

Si l'absence d'effet de la surcharge en Ca sur la digestibilité (et par voie de conséquence sur la rétention) du phosphore est, dans cet essai, sans équivoque ( $P > 0,20$  pour les écarts), il n'en est pas de même en ce qui concerne l'effet sur la digestibilité apparente et la rétention calciques : il existe une tendance ( $0,05 < P < 0,10$ ) à la diminution qui s'accorde assez bien avec les données classiques. Ainsi, le CUDa de Ca diminue quand l'apport augmente et cela vient d'être confirmé, encore récemment, chez le porc (SHENKEL et MÜLLER, 1984).

En conclusion, les résultats de ce travail, mais aussi ceux d'autres auteurs (HALL *et al.*, 1985 ; REINHART et MAHAN, 1985) concordent à montrer que l'excès de calcium peut être préjudiciable à la santé des porcs, notamment lorsque la supplémentation en phosphore minéral est insuffisante. Toutefois, cette condition ne serait pas forcément nécessaire puisque, chez le chien, l'excès de calcium, par lui-même, est capable de perturber très gravement le métabolisme osseux malgré un apport adéquat de phosphore. Enfin, chez le porc dans certaines conditions (absence de vitamine K) l'excès de calcium entraîne un syndrome hémorragique mortel (HALL *et al.*, 1985). Chez le porc, le seuil critique se situerait à partir d'un rapport Ca/P de 3.

Ce travail ainsi que celui rapporté par ailleurs par notre Groupe à ces mêmes journées (FOURDIN *et al.*, 1987), et qui décrit les conséquences osseuses de l'excès de phosphore, suggère également que les excès importants de Ca et de P ne sont pas sans conséquences sur le métabolisme osseux des porcs. Cela devrait, peut-être, inciter à davantage de précautions dans le respect des recommandations phosphocalciques établies par l'INRA.

**BIBLIOGRAPHIE**

- ANONYME, 1985, *Nutr. Reviews*, **43**, 345-346.
- BOURDON D., BAUDET J.J., 1979. *Journées Rech. Porcine en France*, **11**, 283-290.
- DE VERNEJOUL M.C., POINTILLART A., CYWINER-GOLENZER C., MORIEUX C., BIELAKOFF J., MODROWSKI D., MIRAVET L., 1984. *Am. J. Pathol.*, **116**, 377-384.
- FONTAINE N., FOURDIN A., POINTILLART A., 1985. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, **25**, 717-727.
- FOURDIN A., FONTAINE N., POINTILLART A., 1986. *Journées Rech. Porcine en France*, **18**, 83-90.
- FOURDIN A., FONTAINE N., POINTILLART A., 1987. *Journées Rech. Porcine en France*, **19**, 289-294.
- GUEGUEN L., PEREZ J.M., 1981. *Proc. Nutr. Soc.*, **40**, 273-278.
- HALL D.D., CROMWELL G.L., STAHLY T.S., 1985. *J. Anim. Sci.*, **61** (suppl. 1), 319-320.
- HAZEWINDEL H.A.W., GOEDEGEBUURE S.A., POULOS P.W., WOLVEKAMP W.T.C., 1985, *J. Amer. Hosp. Ass.*, **21**, 377-391.
- HEANEY R.P., GALLAGHER J.C., JOHNSTON C.C., NEER R., PARFITT A.M., CHIR B., WHEDON G.D., 1982. *Am. J. Clin. Nutr.*, **36**, 986-1013.
- LUECKE R.W., 1984. *Fed. Proc.*, **43**, 2823-2828.
- MELLANBY E., 1949. *J. Physiol. (London)*, **109**, 488-533.
- NAHAPETIAN A., YOUNG V., 1980. *J. Nutr.*, **110**, 1458-1472.
- POINTILLART A., CAYRON B., GUEGUEN L., 1986. *Sciences des Aliments*, **6**, 15-30.
- POINTILLART A., JAY M.E., FONTAINE N., 1985a. *Journées Rech. Porcine en France*, **17**, 463-472.
- POINTILLART A., FONTAINE N., THOMASSET M., JAY M.E., 1985b. *Nutr. Rep. Intern.*, **32**, 155-167.
- REDDY N.R., SATHE S.K., SALUNKHE D.K., 1982. *Adv. Food Res.*, **28**, 1-92.
- REINHART G.A., MAHAN D.G., 1985. *J. Anim. Sci.*, **61** (suppl. 1) 298 (Abs.).
- SCHENKEL Von H., MÜLLER M., 1984. *Landwirtschaft. Forsch.*, **37**, 117-126.
- TAYLOR T.G., COLEMAN J.W., 1979. *Br. J. Nutr.*, **42**, 113-119.