

INFLUENCE DU LACTOSE SUR LA CROISSANCE ET SUR LA COMPOSITION CORPORELLE DU RAT BLANC

II. — RELATIONS AVEC LA TENEUR ÉNERGÉTIQUE DU RÉGIME

C. FÉVRIER

avec la collaboration technique de Marie-Claire THÉRON,
Françoise HOULIER et G. ROUZET

*Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs,
Centre national de Recherches zootechniques, 78 - Jouy-en-Josas
Institut national de la Recherche agronomique*

SOMMAIRE

Les interactions entre le taux de lactose et la teneur énergétique du régime sur la croissance, la consommation d'aliment et la composition corporelle du Rat blanc ont été étudiées au cours de deux expériences factorielles. Des régimes du type semi-synthétique renfermant 0, 15 ou 30 p. 100 de lactose et 1, 8 ou 16 p. 100 de lipides ont été distribués *ad libitum* pendant 56 jours.

Les rats recevant 15 p. 100 de lactose présentent une croissance identique à celle des rats témoins ; mais ceux qui en reçoivent 30 p. 100 ont une vitesse de croissance réduite de 38 p. 100. La consommation de matière sèche diminue linéairement lorsque les taux de lactose et de lipides augmentent. Cependant, pour un taux de lactose donné la quantité d'énergie reste constante lorsque le taux de lipides varie.

La diminution de consommation de matière sèche sous l'effet de l'augmentation du taux de lactose est moins rapide avec un régime à 16 p. 100 de lipides qu'avec un régime à 1 p. 100 seulement. Mais avec un régime riche à la fois en lactose et en lipides, la consommation de matière sèche peut être réduite de moitié par rapport au régime sans lactose et pauvre en lipides. Le taux le plus élevé de lactose entraîne une augmentation de l'indice de consommation énergétique et l'addition de lipides au régime n'améliore que faiblement sa valeur.

A poids constant, la carcasse des rats recevant du lactose est plus riche en eau et en minéraux que celle des animaux témoins. La teneur en lipides est plus faible tandis que celle en protéines est à peu près constante. Les différences de composition corporelle, importantes avec les régimes contenant 1 p. 100 de lipides disparaissent lorsqu'ils en contiennent 16 p. 100.

INTRODUCTION

Il est connu que la tolérance du Rat blanc vis-à-vis du lactose est faible ; lorsque celui-ci représente plus de la moitié des glucides du régime, il se comporte comme une substance toxique et il entraîne une diminution de plus de 50 p. 100 de la vitesse de

croissance des animaux. L'effet défavorable d'un excès de lactose dépend de la composition du reste de la ration ; ainsi, une expérience précédente a montré qu'un apport azoté insuffisant aggrave l'effet dépressif de l'excès de lactose sur l'efficacité du régime (C. FÉVRIER et RÉRAT, 1964). Si le lactose est mal utilisé lorsqu'il est fourni en trop grande quantité, ceci peut être dû à une hydrolyse incomplète et l'apport énergétique est, de ce fait, insuffisant. Pour pallier ce déficit, on peut augmenter la teneur en lipides du régime, mais on risque alors de réduire la quantité d'aliment consommé. De plus, la compétition entre les aptitudes de l'animal à utiliser les deux sources énergétiques, glucides ou lipides, peut se traduire par une utilisation moindre du lactose. Pour étudier cette question, deux expériences ont été réalisées en faisant varier les taux de lactose et de lipides dans un régime semi-synthétique. Ces recherches concernent les relations entre la teneur énergétique du régime et le lactose et non les relations entre la nature des lipides et le lactose, aspect qui a été étudié par SCHANTZ *et al* (1937, 1939) et ERSCHOFF et DEUEL (1947).

MATÉRIEL, ET MÉTHODES

Animaux

Les rats blancs utilisés, tous mâles de souche *Wistar C. F.*, sont élevés en cage individuelle, dans une ratierie conditionnée. Après le sevrage, les animaux reçoivent pendant une semaine un régime préexpérimental à base de caséine et de saccharose (RÉRAT *et al.*, 1964.) A la fin de cette semaine, les rats sont répartis par blocs d'animaux de même poids et de vitesse de croissance comparable.

Schémas expérimentaux

Les deux expériences ont duré 56 jours et elles ont différé dans le détail des schémas expérimentaux et dans la composition des régimes.

Expérience I.

Deux taux de lactose, 0 et 30 p. 100, sont combinés avec trois taux de lipides, 1, 8 et 16 p. 100 (non compris 1,6 p. 100 de lipides apportés par la farine de poisson, quantité constante dans tous les régimes). Les lipides sont apportés par de l'huile d'arachide seule pour les régimes à 1 p. 100 de lipides et par un mélange en parties égales d'huile d'arachide et de saindoux pour les autres lots. Le taux minimum de 1 p. 100 a été choisi de manière à couvrir les besoins du Rat en acides gras essentiels. La combinaison factorielle des différents taux de lactose et de lipides détermine les lots suivants :

Lipides p. 100	1 (D)	8 (E)	16 (F)
Lactose p. 100			
0 (A)	AD _I	AE _I	AF _I
30 (C)	CD _I	CE _I	CF _I

Chaque lot est constitué par 10 animaux d'un poids moyen initial de 56,7 grammes.

Expérience II.

Elle combine factoriellement trois taux de lactose, 0, 15 et 30 p. 100 avec trois taux de lipides, 1, 8 et 15 p. 100, apportés uniquement par l'huile d'arachide dans tous les lots. La différence avec

l'expérience précédente porte donc sur la nature des lipides et sur leur taux maximum. Les lots sont les suivants :

Lipides p. 100	1 (D)	8 (E)	15 (F)
Lactose p. 100			
0 (A)	AD _{II}	AE _{II}	AF _{II}
15 (B)	BD _{II}	BE _{II}	BF _{II}
30 (C)	CD _{II}	CE _{II}	CF _{II}

Chaque lot est constitué par 8 animaux d'un poids moyen initial de 54.2 grammes.

Alimentation et régimes

Les régimes, dont la composition est précisée au tableau 1, sont fournis *ad libitum* quotidiennement et les animaux ont en permanence de l'eau à leur disposition. L'aliment proposé et les refus sont pesés chaque jour, les teneurs en matière sèche étant déterminées chaque semaine. Entre les deux expériences, la technique d'alimentation a été améliorée afin de réduire les pertes et d'augmenter la précision dans l'appréciation des refus.

TABLEAU I
Composition des régimes expérimentaux

Lipides p. 100	1			8			Expérience I : 16 Expérience II : 15		
	0	15	30	0	15	30	0	15	30
Lactose p. 100.....	AD	BD	CD	AE	BE	CE	AF	BF	CF
<i>Expérience I</i>									
Huile d'arachide	1		1	4		4	8		8
Saindoux				4		4	8		8
Amidon.....	71		41	64		34	56		26
<i>ou Expérience II</i>									
Huile d'arachide	1	1	1	8	8	8	15	15	15
Amidon.....	71	56	41	64	49	34	57	42	27
et parties communes aux <i>Expériences I et II</i>									
Lactose	—	15	30	—	15	30	—	15	30
Farine de hareng de Norvège..	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Cellulose (mousse)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mélange minéral ⁽¹⁾	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Mélange vitaminique ⁽¹⁾	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total I ou II.....	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Cal/g de MS	4,24	4,21	4,19	4,65	4,61	4,58	5,10	5,06	5,01

⁽¹⁾ HENRY et RÉRAT, 1963.

Analyse de la composition corporelle

Après un jeûne de 7 heures, les rats sont asphyxiés par le gaz, puis enfermés dans des sacs en polyéthylène et conservée à -15°C en vue de l'analyse ultérieure. La composition initiale des animaux est obtenue par le calcul, à l'aide d'équations de régression donnant le poids des constituants corporels en fonction du poids vif. La technique d'analyse des carcasses et ces équations de régressions ont été définies précédemment (RÉRAT et al., 1964).

Définition des critères utilisés

Aux critères définis dans l'expérience précédente (C. FÉVRIER et RÉRAT, 1964) on ajoutera, pour tenir compte des valeurs énergétiques très différentes des régimes, l'indice de consommation énergétique et le Coefficient d'Utilisation Pratique de l'énergie.

$$\text{I. C. Énergétique} = \frac{\text{Énergie consommée (Cal)}}{\text{Gain de poids (g)}}$$

$$\text{C. U. P. Énergie} = \frac{\text{Énergie retenue dans la carcasse (Cal)}}{\text{Énergie consommée (Cal)}}$$

Interprétation des résultats

Au cours de l'expérience I, quatre animaux sont morts de pneumonie, les données manquantes ont été remplacées par le calcul et l'interprétation statique des résultats a été faite suivant SNEDECOR (1961).

RÉSULTATS

Vitesse de croissance

Pour un taux de lactose donné, les vitesses de croissance obtenues sont identiques, quels que soient les taux de lipides incorporés dans le régime (tabl. 2-1 et 2-2). Avec 15 p. 100 de lactose, le gain de poids n'est pas différent de celui obtenu avec l'amidon seul ; par contre, avec 30 p. 100 de lactose, le gain de poids est réduit de 43 p. 100 dans la première expérience et de 33 p. 100 dans la seconde, mais il n'y a aucune interaction entre l'effet du lactose et celui des lipides.

Quantité d'aliment consommé et efficacité des régimes

Le fait le plus important est la réduction de consommation due au lactose ; en présence d'un taux de 1 ou 8 p. 100 de lipides, la consommation de matière sèche diminue dès l'introduction de 15 p. 100 de lactose dans le régime, mais avec 16 p. 100 de lipides, elle ne diminue qu'avec 30 p. 100 de lactose ; l'augmentation de consommation observée dans ce cas en présence de 15 p. 100 de lactose (lot BF) n'étant pas significative (tabl. 2-2).

L'augmentation du taux de lipides se traduit également par une diminution de la matière sèche ingérée, mais les résultats de la première expérience sont discordants par rapport à ceux de la seconde quant à l'allure de la diminution. La quantité d'aliment consommée est en général inversement proportionnelle au taux de lipides, sauf dans l'expérience I ou le lot AD₁ (tabl. 2-1) a atteint une consommation exceptionnellement élevée. Cependant comme les régimes ont des teneurs énergétiques très diffé-

rentes, la consommation d'énergie pour un taux de lactose donné, est à peu près constante quel que soit le taux de lipides. Seule la consommation d'énergie du lot AE₁ (tabl. 2-I) a été significativement inférieure à celle des autres lots sans lactose de l'expérience I. Par ailleurs, pour un taux de lipides donné, les régimes avec ou sans lactose ayant des teneurs énergétiques peu différentes, la consommation d'énergie diminue quand le taux de lactose augmente ; cette diminution est relativement moins

TABLEAU 2-I
Vitesse de croissance et efficacité des régimes
Expérience I

Critère	Résultats					Analyse de variance : valeur de F	
	Lactose	Lipides (*)			\bar{X}	Lactose : L Lipides : G Effet linéaire : l Effet quadratique : q	Interactions
		1 (D)	8 (E)	16 (F)			
Gain de poids moyen quotidien (g/j)	0 (A)	4,57	4,46	4,57	4,53	L : 139,57 Gl : 0,51 Gq : 0,06	L × Gl : 0,51 L × Gq : 0,11
	30 (C)	2,69	2,56	2,39	2,55		
	\bar{X}	3,63	3,51	3,48	$s_{\bar{x}} = 0,21$		
Matière sèche consommée (g/j)	0 (A)	19,9	15,8	15,5	17,1	L : 163,64 Gl : 45,14 Gq : 3,80	L × Gl : 4,38 L × Gq : 6,33
	30 (C)	12,9	12,0	10,6	11,9		
	\bar{X}	16,4	13,9	13,1	$s_{\bar{x}} = 0,5$		
Énergie consommée (Cal/j)	0 (A)	86,6	75,5	81,5	81,2	L : 168,48 Gl : 0,84 Gq : 9,48	L × Gl : 1,00 L × Gq : 0,42
	30 (C)	54,9	55,3	55,2	55,1		
	\bar{X}	70,7	65,4	68,3	$s_{\bar{x}} = 2,6$		
Indice de consommation énergétique (Cal/g de gain)	0 (A)	19,5	17,1	17,9	18,2	L : 52,75 Gl : 0,69 Gq : 0,01	L × Gl : 8,83 L × Gq : 6,97
	30 (C)	20,4	23,5	23,2	22,4		
	\bar{X}	19,9	20,3	20,5	$s_{\bar{x}} = 0,7$		
C. U. P. de l'azote, p. 100	0 (A)	26,4	31,1	34,1	30,5	L : 14,75 Gl : 12,55 Gq : 0,10	L × Gl : 19,97 L × Gq : 1,79
	30 (C)	28,4	26,6	27,5	27,5		
	\bar{X}	27,4	28,8	30,8	$s_{\bar{x}} = 1,0$		
C. U. P. de l'énergie, p. 100	0 (A)	14,3	15,7	17,0	15,7	L : 42,88 Gl : 0,22 Gq : 0,37	L × Gl : 7,05 L × Gq : 0,30
	30 (C)	11,7	11,6	9,8	11,0		
	\bar{X}	13,0	13,6	13,4	$s_{\bar{x}} = 0,9$		

F_{0,01} = 7,37F_{0,05} = 4,10F_{0,10} = 2,85

(*) Plus 1,6 p. 100 apportés par la farine de poisson.

importante entre 0 et 15 p. 100 qu'entre 15 et 30 p. 100 de lactose, et l'on n'observe pas d'interaction entre l'effet du lactose et celui des lipides en ce qui concerne la consommation d'énergie.

Les résultats concernant l'effet des lipides sur l'indice de consommation énergétique sont discordants entre les deux expériences. Dans la première expérience, avec les régimes sans lactose, l'indice de consommation énergétique diminue lorsque le taux de lipides augmente, tandis qu'avec les régimes à 30 p. 100 de lactose c'est l'inverse qui se produit. Dans la seconde expérience, l'effet des lipides sur ce même indice est

TABLEAU 2-2

Vitesse de croissance et efficacité des régimes
Expérience II

Critère	Résultats					Analyse de variance : valeur de F	
	Lactose	Lipides (*)			\bar{X}	Lactose : L Lipides : G Effet linéaire : l Effet quadratique : q	Interactions
		1 (D)	8 (E)	16 (F)			
Gain de poids moyen quotidien (g/j)	0 (A)	4,19	4,16	4,00	4,12	Ll : 68,24 Lq : 13,98 Gl : 0,08 Gq : 0,02	Ll × Gl : 0,24 Ll × Gq : 0,03 Lq × Gl : 0,18 Lq × Gq : 0,98
	15 (B)	4,04	3,79	4,09	3,97		
	30 (C)	2,77	2,77	2,77	2,77		
	\bar{X}	3,67	3,57	3,62	$s_{\bar{X}} = 0,20$		
Matière sèche consommée (g/j)	0 (A)	15,8	14,7	12,1	14,2	Ll : 73,42 Lq : 7,35 Gl : 39,17 Gq : 0,15	Ll × Gl : 3,82 Ll × Gq : 0,61 Lq × Gl : 1,16 Lq × Gq : 2,30
	15 (B)	14,6	13,1	12,7	13,5		
	30 (C)	11,7	11,0	9,9	10,9		
	\bar{X}	14,0	12,9	11,6	$s_{\bar{X}} = 0,5$		
Énergie consommée (Cal/j)	0 (A)	68,2	68,6	61,8	66,2	Ll : 76,40 Lq : 6,04 Gl : 0,20 Gq : 0,13	Ll × Gl : 2,46 Ll × Gq : 0,46 Lq × Gl : 2,26 Lq × Gq : 2,02
	15 (B)	61,3	60,2	64,5	62,0		
	30 (C)	49,2	50,5	50,0	49,9		
	\bar{X}	59,4	59,8	58,8	$s_{\bar{X}} = 2,3$		
Indice de consommation énergétique (Cal/g de gain)	0 (A)	16,1	16,7	15,5	16,1	Ll : 13,13 Lq : 8,95 Gl : 0,33 Gq : 3,69	Ll × Gl : 0,05 Ll × Gq : 0,21 Lq × Gl : 1,35 Lq × Gq : 0,42
	15 (B)	15,2	16,0	15,8	15,7		
	30 (C)	18,1	19,0	17,2	18,1		
	\bar{X}	16,5	17,2	16,2	$s_{\bar{X}} = 0,7$		
C. U. P. de l'azote, p. 100	0 (A)	29,3	30,7	36,3	32,1	Ll : 12,16 Lq : 8,06 Gl : 27,19 Gq : 3,13	Ll × Gl : 0,98 Ll × Gq : 0,00 Lq × Gl : 1,10 Lq × Gq : 0,80
	15 (B)	31,2	32,5	34,7	32,8		
	30 (C)	27,1	27,4	31,7	28,7		
	\bar{X}	29,2	30,2	34,2	$s_{\bar{X}} = 1,2$		
C. U. P. de l'énergie, p. 100	0 (A)	16,3	15,3	17,3	16,3	Ll : 49,09 Lq : 2,74 Gl : 2,61 Gq : 0,03	Ll × Gl : 0,25 Ll × Gq : 1,68 Lq × Gl : 0,80 Lq × Gq : 1,21
	15 (B)	14,6	15,5	14,8	15,0		
	30 (C)	10,7	12,0	12,6	11,8		
	\bar{X}	13,9	14,3	14,9	$s_{\bar{X}} = 0,8$		

 $F_{0,01} = 7,11$
 $F_{0,05} = 4,02$
 $F_{0,10} = 2,80$

(*) Plus 1,6 p. 100 de lipides apportés par la farine de poisson.

nul. Dans les deux cas, le lactose introduit à raison de 30 p. 100 augmente la consommation d'énergie par unité de gain de poids, mais ne la modifie pas lorsqu'il ne représente que 15 p. 100 de la ration (expérience II).

En tenant compte de la composition corporelle qui est étudiée ci-après, l'expérience II montre que l'utilisation de l'azote n'est pas modifiée par l'introduction de 15 p. 100 de lactose dans le régime, mais qu'elle est réduite avec 30 p. 100 de ce glucide. L'augmentation du taux de lipides dans le régime améliore l'utilisation de l'azote mais non celle de l'énergie ; dans l'expérience I, les C. U. P. de l'azote comme de l'énergie sont d'autant plus faibles que les régimes sont à la fois plus riches en lipides et en lactose. Ceci est dû en partie au fait que les animaux recevant du lactose présentent une croissance défectueuse et une carcasse plus riche en eau.

Composition corporelle

Si l'on s'en tient à la composition brute de la carcasse (tabl. 3-1 et 3-2) on risque d'avoir une opinion erronée, quant aux différences existant entre les lots, car le poids final a une influence prépondérante sur la composition corporelle. Faute d'avoir

TABLEAU 3-1

Composition corporelle Expérience I

Critère	Résultats				
	Lactose	Lipides			
		1 (D)	8 (E)	16 (F)	\bar{X}
Poids final (g)	0 (A)	312	306	311	310
	30 (C)	208	200	191	199
	\bar{X}	260	253	251	
Eau, p. 100	0 (A)	62,2	62,1	61,0	61,8
	30 (C)	67,3	66,6	66,6	66,8
	\bar{X}	64,7	64,3	63,8	
Protéines, p. 100	0 (A)	19,8	19,6	19,0	19,5
	30 (C)	19,2	19,0	19,1	19,1
	\bar{X}	19,5	19,3	19,1	
Cendres, p. 100	0 (A)	3,28	3,22	3,10	3,20
	30 (C)	3,76	3,74	3,82	3,77
	\bar{X}	3,53	3,48	3,45	
Lipides, p. 100	0 (A)	14,7	15,1	16,8	15,5
	30 (C)	9,8	10,5	10,4	10,2
	\bar{X}	12,2	12,8	13,6	

expérimentalement des poids finaux égaux, en particulier pour les animaux nourris avec 30 p. 100 de lactose, il faut tenter d'apprécier l'influence du poids final pour interpréter les données. On sait que l'évolution du poids de chacun des constituants de la carcasse en fonction du poids de l'animal est exponentielle. Aussi, une analyse de covariance du poids de chacun des constituants de la carcasse en fonction du poids de celle-ci, après transformation logarithmique des données, permet de comparer les

TABLEAU 3-2
Composition corporelle
Expérience II

Critères	Résultats				
	Lactose	Lipides			
		1 (D)	8 (E)	15 (F)	\bar{X}
Poids final (g)	0 (A)	283	283	274	280
	15 (B)	271	262	280	271
	30 (C)	202	205	205	204
	\bar{X}	252	250	253	
Eau, p. 100	0 (A)	62,2	63,6	62,8	62,8
	15 (B)	65,5	63,7	65,1	64,8
	30 (C)	68,3	66,7	65,7	66,9
	\bar{X}	65,3	64,7	64,5	
Protéines, p. 100	0 (A)	20,0	19,8	19,8	19,9
	15 (B)	20,5	19,9	20,0	20,1
	30 (C)	20,4	19,4	20,0	19,9
	\bar{X}	20,3	19,7	19,9	
Cendres, p. 100	0 (A)	3,32	3,14	3,30	3,25
	15 (B)	3,48	3,41	3,25	3,38
	30 (C)	3,63	3,48	3,58	3,56
	\bar{X}	3,48	3,34	3,38	
Lipides, p. 100	0 (A)	14,5	13,4	14,7	14,2
	15 (B)	10,6	13,0	11,6	11,7
	30 (C)	7,7	10,4	10,8	9,7
	\bar{X}	10,9	12,3	12,4	

compositions corporelles à poids final constant. Les tableaux 4-1 et 4-2 donnent les significations statistiques des différences observées dans les figures 1 à 4 ; ces figures illustrent pour les différents lots l'évolution du poids des principaux constituants en fonction du poids final.

Ce moyen permet de montrer que le lactose a une action propre sur la composition corporelle. Les animaux qui en consomment présentent à l'analyse une carcasse plus riche en eau (fig. 1 et 3) et moins riche en lipides (fig. 2 et 4). Cependant,

TABLEAU 4-1

Signification statistique des différences corporelles dues au lactose et aux lipides, à poids constant

Expérience I

Sources de variation	Valeurs de F		
	Eau	Protéines	Lipides
Teneurs en.....			
<i>Effets principaux</i>			
Lactose :			
Terme linéaire Ll	7,32	6,27	4,37
Lipides :			
Terme linéaire Gl	3,49	5,02	5,46
Terme quadratique Gq	0,04	0,02	0,03
<i>Interactions</i>			
Ll × Gl.....	0,57	2,49	0,11
Ll × Gq	0,76	0,73	1,08
$F_{0,01} = 7,33$	$F_{0,05} = 4,09$	$F_{0,10} = 2,84$	

TABLEAU 4-2

Signification statistique des différences corporelles dues au lactose et aux lipides, à poids constant

Expérience II

Sources de variation	Valeurs de F		
	Eau	Protéines	Lipides
Teneurs en.....			
<i>Effets principaux</i>			
Lactose :			
Terme linéaire Ll	12,69	2,24	9,57
Terme quadratique Lq.....	0,09	0,05	0,04
Lipides :			
Terme linéaire Gl	1,73	2,35	2,56
Terme quadratique Gq	0,04	1,74	0,89
<i>Interactions</i>			
Ll × Gl.....	3,22	0,23	1,37
Ll × Gq	5,34	7,02	1,15
Lq × Gl	0,50	0,16	0,10
Lq × Gq	2,97	0,03	0,30
$F_{0,01} = 7,11$	$F_{0,05} = 4,02$	$F_{0,10} = 2,80$	

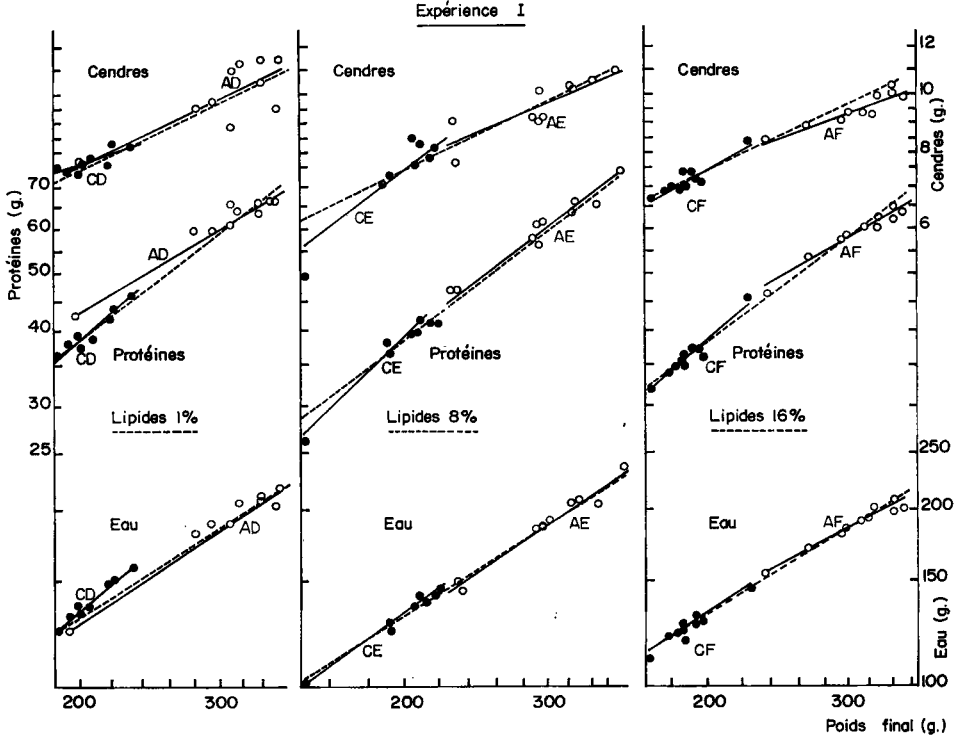


FIG. 1. — Relations entre les teneurs en eau, en protéines et en cendres, et le poids final pour chaque lot de l'expérience I

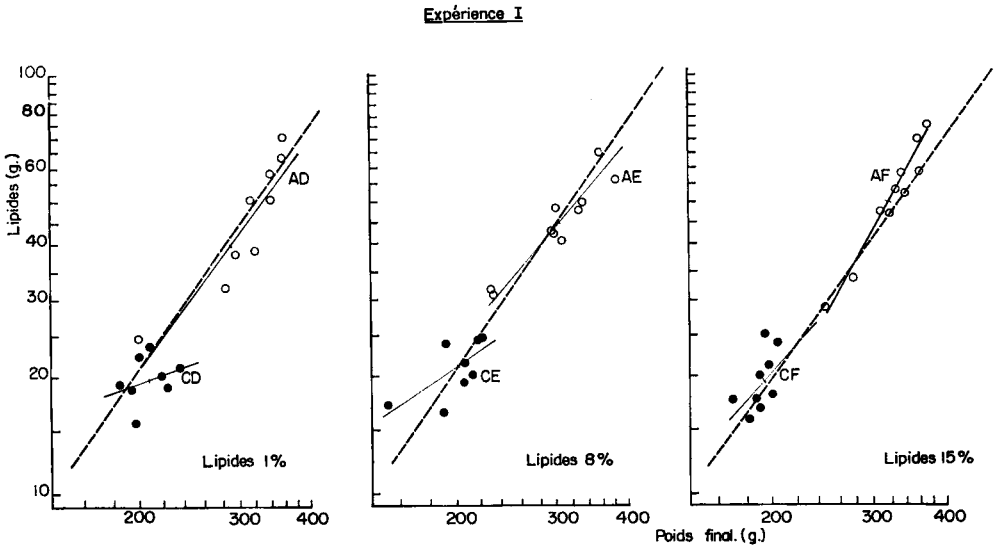


FIG. 2. — Relation entre la teneur en lipides et le poids final, pour chaque lot de l'expérience I

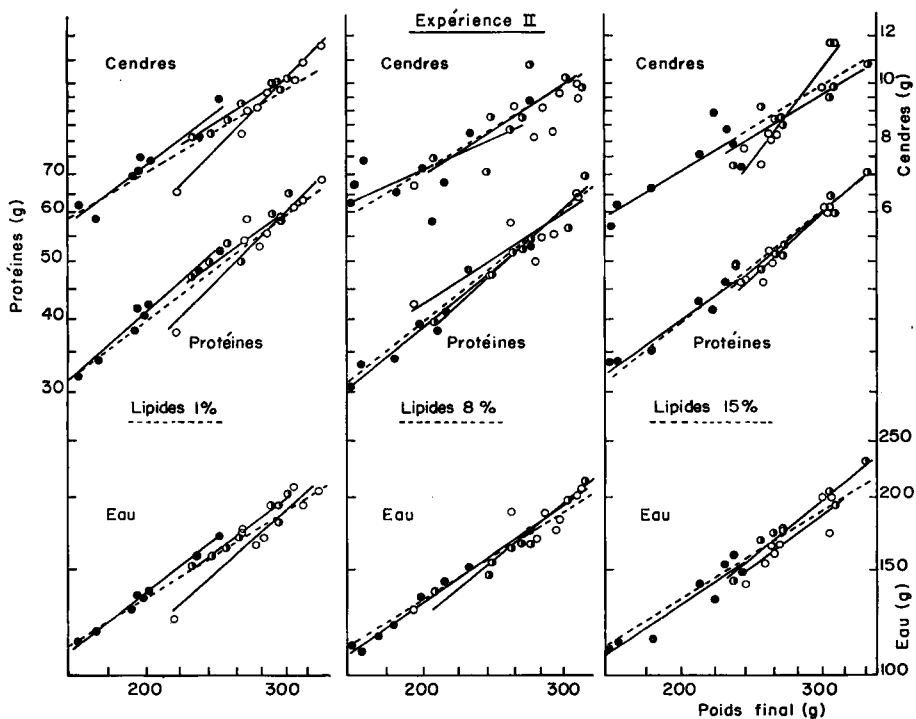


FIG. 3. — Relations entre la teneur en eau, en protéines et en cendres et le poids final pour chaque lot de l'expérience II

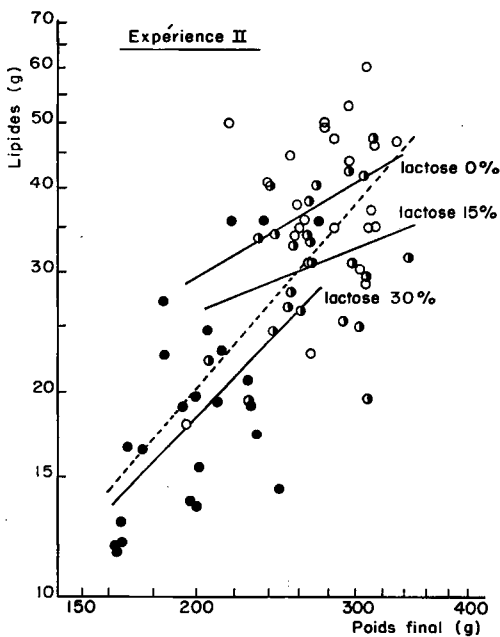


FIG. 4. — Relation entre la teneur en lipides et le poids final, en fonction du taux de lactose dans l'expérience II

on remarque d'après les figures 1 et 3 que les animaux recevant du lactose sont d'autant plus riches en eau que le régime renferme moins de lipides. L'importante variation de la teneur en lipides de l'aliment n'a eu une influence sur la teneur en lipides corporels que dans l'expérience I, l'augmentation de l'adiposité allant dans le même sens que l'augmentation du taux de lipides dans l'aliment (fig. 2).

La teneur en protéines corporelles est peu modifiée par les différents traitements auxquels ont été soumis les animaux, et dans ce cas également les légères différences que l'on peut observer avec le lactose dans les régimes à 1 p. 100 de lipides disparaissent lorsque le régime en renferme 15 p. 100. De même, l'effet du lactose sur la teneur en cendres semble être plus important avec les régimes pauvres en lipides que pour les autres traitements ; ainsi, le dépôt de minéraux dans la carcasse ne semble être plus élevé que pour les lots CD, par rapport à l'ensemble des résultats ; mais étant donné les variations des pentes des droites de régression pour les différents lots, il n'est pas possible d'en faire l'analyse statistique précise.

Adaptation au lactose

Au cours de ces deux expériences, l'évolution des différents critères considérés a été la même que dans l'étude précédente, il est donc inutile d'y revenir. Cependant, il faut ajouter que dans ces expériences, le nombre de jours de diarrhée observé pour chaque animal n'est absolument pas en relation avec sa vitesse de croissance. Seuls les animaux recevant 30 p. 100 de lactose ont des diarrhées importantes, mais dont la fréquence est très variable avec les individus. Les diarrhées sont surtout fréquentes avec les régimes à faible taux lipidique.

DISCUSSION

Influence du lactose sur l'efficacité des régimes

L'augmentation de l'indice de consommation énergétique lorsque le lactose représente 30 p. 100 de la ration montre que ce glucide est moins bien utilisé que l'amidon ; cependant, il n'est pas possible dans cette expérience de calculer cette différence car la vitesse de croissance est plus lente pour les rats recevant le lactose que pour ceux recevant l'amidon et de ce fait les besoins pour l'entretien et pour la croissance ne sont pas comparables. Si l'indice de consommation énergétique en présence de 15 p. 100 de lactose est peu différent de celui obtenu avec l'amidon seul, la rétention d'énergie sous forme de lipides est en revanche significativement plus faible dès ce taux de 15 p. 100 de lactose ; le rendement énergétique de ce glucide est donc inférieur à celui de l'amidon même pour des taux faibles semble-t-il. Cette mauvaise utilisation peut être due à une hydrolyse incomplète (RIGGS et BEATY, 1947), mais aussi à une perte d'énergie au niveau du foie et du muscle qui se traduit par une augmentation très importante de l'activité des enzymes-clefs du métabolisme glucidique (CARBINI et al., 1966). L'augmentation du besoin énergétique ne semble pas être dû à une agitation plus importante de la part des animaux recevant du lactose que de celle des rats recevant de l'amidon.

L'enrichissement de la ration en lipides, destiné à pallier le déficit énergétique en présence de lactose dans la ration ne s'est pas traduit par une augmentation de l'énergie consommée. En effet, pour un taux de lactose donné, la quantité d'énergie consommée quotidiennement est constante et l'on a pu remarquer que cet ajustement est d'autant plus strict que la proportion de lactose dans le régime est plus élevée. Le facteur déterminant de l'apport énergétique et de la vitesse de croissance est donc le pourcentage de lactose dans le régime.

Le coefficient d'utilisation pratique de l'énergie, pour un taux donné de lactose ne varie pas significativement ; donc, si l'on admet que les lipides sont utilisés complètement dans les limites des taux utilisés dans cette expérience, cela revient à dire que le lactose est utilisé de façon identique dans les régimes riches ou pauvres en lipides. Cependant, il faut remarquer que l'énergie apportée par 30 p. 100 de lactose dans un régime à 1 p. 100 de lipides représente presque 30 p. 100 de l'énergie totale alors que dans un régime à 15 p. 100 de lipides il n'en représente que 25 p. 100. De plus, les quantités quotidiennes de lactose ingérées passent dans les mêmes conditions de 3,84 g à 3,23 g. Dans ces expériences, le taux minimum de lipides était en fait de 2,6 p. 100 de lipides totaux, compte tenu des lipides apportés par la farine de poisson ; or, SCHANTZ *et al.* (1937) ont estimé à 3 p. 100 la teneur minimum de lipides permettant une utilisation complète du galactose provenant de l'hydrolyse du lactose. Dans les régimes utilisés ici, la teneur en lipides était donc certainement suffisante pour permettre une utilisation convenable du lactose avec 1 p. 100 d'huile d'arachide seulement. Il y aurait donc une teneur optimum en lipides de la ration compatible avec la meilleure utilisation possible du lactose.

Si l'on veut comparer la valeur nutritive de différents régimes contenant du lactose, il faut donc se baser sur la proportion de lactose dans la ration et non sur la proportion d'énergie qu'il apporte par rapport à l'énergie totale, ni sur le rapport lactose/glucides, ni sur la quantité quotidienne consommée. La diminution de consommation d'aliment et, corrélativement de la vitesse de croissance, consécutive à l'introduction de lactose dans le régime laisse supposer que les propriétés physiques du régime et notamment sa solubilité dans l'eau et la pression osmotique qu'il crée dans le milieu intestinal, joue un rôle prépondérant sur la consommation (HARPER et SPIVEY, 1958). L'amidon et l'huile n'étant pas solubles, la substitution de l'un par l'autre ne modifie pas la pression osmotique du milieu intestinal. Le facteur limitant de la consommation reste donc la proportion de lactose dans le régime. L'ajustement de la consommation d'énergie quel que soit le taux de lipides n'intervient que secondairement et en fonction de la croissance permise par le taux de lactose considéré.

L'apport azoté, fonction de la quantité de matière sèche consommée n'est pas le facteur limitant le plus important de la croissance. En effet, pour le régime AF, la quantité de protéines consommée est de 2,19 g/j pour un gain de poids de 4 g/j, pour le régime CD, la consommation est de 2,07 g/j pour un gain de poids de 2,77 g/j et le même gain est obtenu avec le régime CF pour une consommation de 1,72 g/j.

Dans un régime riche en lactose, l'introduction d'un taux élevé de lipides permet cependant une amélioration significative du C. U. P. de l'azote car la consommation de protéines est réduite alors que la composition corporelle est peu modifiée. C'est ainsi que l'efficacité d'un régime renfermant 30 p. 100 de lactose et 15 p. 100 de lipides (lot CF) est la même que celle d'un régime sans lactose et avec 1 p. 100 de lipides (lot AD). Il faut toutefois remarquer que la vitesse de croissance des animaux rece-

vant du lactose est réduite de 33 à 43 p. 100 selon l'expérience, et qu'à poids égal les compositions corporelles sont peu différentes.

L'amélioration du C. U. P. de l'azote due aux lipides est plus nette avec les régimes contenant seulement de l'amidon que pour les autres régimes. Ceci s'explique par le fait que l'apport azoté est relativement libéral ; une réduction faible de l'ingestion a pour conséquence une augmentation du C. U. P. de l'azote car l'épargne porte sur la fraction de l'azote utilisée à des fins énergétiques. Ceci est également valable pour les régimes contenant 15 p. 100 de lactose, mais pour ceux qui en renferment 30 p. 100, la quantité de protéines ingérée, déjà très faible, avoisine la quantité critique pour laquelle le C. U. P. est maximum. L'introduction de lipides diminuant encore la consommation de protéines, la quantité ingérée est inférieure à cette quantité critique et il n'y a plus d'amélioration possible du C. U. P. de l'azote.

Influence du lactose sur la composition corporelle

Les animaux recevant du lactose ont une teneur en eau élevée, ceci est en accord avec les observations de TOMARELLI *et al.* (1960) comme avec celles que nous avons déjà faites. Aussi, à poids égal, la rétention énergétique est plus faible. Généralement, les variations de la teneur en lipides de la carcasse sont complémentaires de celles de l'eau, les teneurs en protéines et en cendres variant peu pour un poids donné. Nous avons vu que les différences de teneurs en lipides ont un degré de signification inférieur à celles observées pour l'eau ; ce fait peut être attribué aux grandes variations individuelles qui sont en partie imputables au mode de détermination des lipides par différence. Cette méthode entraîne une erreur systématique de 3 p. 100 par défaut sur la teneur en lipides, certaines protéines liées aux lipides étant comptées deux fois. De plus, on néglige la teneur en glucides. Or, avec le lactose, la teneur en glycogène peut varier dans des proportions non négligeables de même que la teneur en glucides restant dans l'intestin. Ceci peut donc expliquer dans une certaine mesure que les différences de teneur en lipides observées dans nos expériences soient moins nettes que celles observées par TOMARELLI *et al.* (1960). Cette réduction du dépôt de lipides corporels en présence de lactose dans le régime peut être due à une réduction de la vitesse d'incorporation du galactose dans les acides gras comme cela a été observé chez le Rat par LANDAU *et al.* (1958).

La teneur en minéraux semble être augmentée sous l'effet du lactose, mais, à poids constant, ces différences sont extrêmement faibles. Là encore, la grande variabilité des résultats semble en être la cause car, chez le Rat, il est démontré que le lactose entraîne une calcification importante du squelette (FOURNIER, 1965).

Enfin, les différences de composition corporelle dues au lactose sont toujours plus marquées lorsque le taux de matières grasses dans le régime est faible, c'est-à-dire lorsque pour un taux donné dans le régime la consommation de lactose est la plus élevée. Dans les lots riches en lipides, les compositions sont, à poids égal, à peu près identiques quel que soit le taux de lactose. Ainsi, les lipides ont masqué l'effet du lactose sur la composition corporelle, bien que la vitesse de croissance ait été réduite de 40 p. 100 en moyenne.

Si l'on compare entre eux les résultats des deux expériences, on constate en premier lieu que le niveau de consommation de matière sèche a été plus élevé dans la première expérience que dans la seconde, que les lots soient communs aux deux expé-

riences (AD, CD) ou non. De plus, la croissance des animaux ne recevant pas de lactose a été très nettement supérieure dans la première expérience. Les deux expériences ayant été réalisées à 17 mois d'intervalle, ces différences peuvent s'expliquer d'une part par une différence de potentialité génétique des animaux et par la variation dans la qualité de la farine de poisson utilisée comme source azotée. La réduction de consommation peut être également due, en partie seulement et pour les lots sans lactose, à une meilleure estimation des quantités d'aliments réellement consommées; néanmoins, cela n'explique pas toutes les différences puisque si la consommation a été plus importante dans la première expérience, elle s'est accompagnée d'une croissance également plus rapide.

En second lieu, si l'on compare les effets significatifs observés dans les deux expériences, on constate que les différences ne portent que sur l'effet des lipides ou sur leur interaction avec celui du lactose. Il est donc logique de supposer, bien que les expériences n'aient pas été faites en même temps, que ces différences sont dues à la nature des lipides du régime. En absence de lactose, on sait que ces différences existent; le saindoux et les lipides d'origine animale permettent une vitesse de croissance supérieure à celle obtenue avec les lipides d'origine végétale, leur équilibre en acides gras essentiels étant différent; de plus, elles n'ont pas le même pouvoir glycoformateur (BEDO, 1962). Or, le lactose diffère également des autres glucides en ce qui concerne cette fonction (DEUEL *et al.*, 1933) et il a été prouvé que tous les lipides ne permettent pas la même tolérance envers le saccharose (BEDO, 1962). Il n'est donc pas étonnant qu'il y ait une interaction entre la nature des lipides et le lactose, non seulement dans le taux minimum nécessaire à l'utilisation de ce sucre (SCHANTZ *et al.*, 1937), mais aussi lorsque le lactose et les lipides sont tous deux en grandes quantités dans le régime.

En conclusion, pour la souche de Rat *Wistar C. F.* utilisée, et en période de croissance, le taux maximum de lactose qui peut être introduit dans le régime sans nuire, ni à la croissance, ni à l'efficacité du régime, ne doit pas dépasser 20 p. 100; et dans ce cas, si l'on recherche une utilisation maximum de lactose, le taux de lipides doit se situer entre 3 et 8 p. 100. S'il est nécessaire d'introduire une forte teneur de lactose dans le régime, l'utilisation d'un taux élevé de lipides ne provoque pas d'amélioration de la croissance, mais permet d'améliorer l'efficacité du régime en masquant une partie des effets défavorables du lactose.

Ces conclusions ne sont valables que pour un régime à taux protidique assez élevé, et une expérience actuellement en cours d'études laisse supposer qu'il n'en est plus de même si le taux protéique est bas.

Reçu pour publication en juillet 1967.

SUMMARY

INFLUENCE OF LACTOSE ON GROWTH AND BODY COMPOSITION IN THE WHITE RAT

II. — RELATION WITH THE ENERGY CONTENT OF THE DIET

Two 56 days long factorial experiments were undertaken in order to study the interactions between the effects of lactose and the effects of lipids on growth and body composition of the White rat.

In the first experiment, two lactose rates, viz. 0 and 30 per cent, were combined with three peanut oil plus lard lipid rates, viz. 1, 8 and 16 per cent.

In the second experiment, three lactose rates, viz. 0, 15 and 30 per cent, were combined with three peanut oil rates, 1, 8 and 15 per cent. Soups of these diets were given daily to appetite.

The growth speed of rats was significantly slowed up only when diets with 30 per cent lactose were given. The intake widely varied depending upon both lactose and lipid rates. It decreased when both lactose and lipid rates increased. However, the decrease due to lipid rate was comparatively lower with diets with 30 per cent lactose than with diets without lactose. Moreover, the decrease is significant only with 16 per cent lipid rate. A high rate of lipids reduced the occurrence of diarrhoea. For a given lactose rate, energy intake remained constant whatever the lipid rate.

The energetic consumption index significantly increased only with 30 per cent lactose diets, which shows that part of the lactose is not used, both because of a want of hydrolysis (RIGGS and BEATY, 1947) and of important metabolic alterations (CARBINI *et al.*, 1966; LANDAU *et al.*, 1958).

The introduction of lipids in the diet did not improve its energetic utilization. Nitrogen utilization reduced with 30 per cent lactose diets; the introduction of lipids improved it. However, the improvement seems to be less considerable in diets with lactose than in diets without lactose. Energetic retention too was lower with lactose, because the amount of water in animals given with lactose is higher than in the controls, while their lipid rate is lower. We were led to this conclusion by a comparison of the data at equal weights after logarithmic transformation and by means of a covariance analysis. The differences in body compositions due to lactose in lower energy content diets no longer exist when the diet contains much lipid.

Therefore, whatever the diet, the limiting factor of growth and utilization of lactose seems to be the amount of this glucide in the diet. In the white Rat, an increase in the lipid rate seems to have no other consequence than hide the toxic effects of lactose, and the improvement in efficiency is very low.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BEDO M., 1962. Die Wirkung Fettreicher Diät auf die Zuckertoleranz bei ratten. *Nahrung*, **6**, 518-524.
- CARBINI L., CASULA A., LIGUORI G., 1966. Studi sul valore nutritivo dei glucidi alimentari. IV. Attività della glucosio-6-fosfatasi et della glucosio-6-fosfato deidrogenasi nel fegato e nel muscolo di ratti a dieta contenente differenti glucidi. *Boll. Soc. Ital. Biol. Sper.*, **42**, 1085-1088.
- DEUEL H. J., MCKAY E. M., JEWEL P. W., GULICK M., GRUNEWALD C. F., 1933. Studies on ketosis. III. — The comparative glycogen formation and retention after the administration of glucose, galactose and lactose. *J. Biol. Chem.*, **101**, 301-322.
- ERSHOFF B. H., DEUEL H. J. Jr., 1947. A comparison of the nutritive value of fats when fed alone or when fed with sucrose or lactose. *Amer. J. Physiol.*, **143**, 45-50.
- FÉVRIER C., RÉRAT A., 1964. Influence du lactose sur la croissance et sur la composition corporelle du rat blanc. I. — Relation avec le taux protidique de la ration. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **4**, 423-439.
- FOURNIER P., 1965. Influence du lactose sur l'utilisation du calcium et sur l'ossification. *Pathol. Biol.*, **13**, 143-151.
- HARPER A. E., SPIVEY H. E., 1958. Relationship between food intake and osmotic effect of dietary carbohydrate. *Anim. J. Physiol.*, **193**, 483-487.
- HENRY Y., RÉRAT A., 1963. Étude de l'ingestion spontanée d'éléments énergétiques et de protéines chez le Rat en croissance par la méthode du libre choix. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **3**, 103-117.
- LANDAU B. R., HASTINGS A. B., ZOTTU S., 1958. Studies on carbohydrate metabolism in Rat liver slice. XIV. — Metabolic alterations associated with dietary variations. *J. Biol. Chem.*, **233**, 1257-1263.
- RÉRAT A., FÉVRIER C., HENRY Y., LOUGNON J., 1964. Évolution de la composition corporelle chez le Rat blanc en croissance. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **4**, 35-47.
- RIGGS L. K., BEATY A., 1947. Some unique properties of lactose as a dietary carbohydrate. *J. Dairy Sci.*, **30**, 939-950.
- SCHANTZ E. J., ELVEHJEM V. A., HART E. B., 1937. The relation of fat to the utilisation of lactose in milk. *J. Biol. Chem.*, **122**, 381-390.
- SCHANTZ E. J., KREWSON C. F., 1939. Further studies on relation of fat to utilisation of lactose in milk. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **42**, 577-579 (in Nutr. Abstr. Rev., **9**, 4601).
- SNEDECOR C. W., 1961. *Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology*. 5th ed. Iowa State Univ. Press.
- TOMARELLI R. M., HARTZ R., BENHART F. W., 1960. The effect of lactose feeding on the body fat of the rat. *J. Nutrit.*, **71**, 221-227.