

INFLUENCE DE LA QUALITÉ ET DE LA QUANTITÉ DES MATIÈRES AZOTÉES INGÉRÉES SUR LA CONSOMMATION SPONTANÉE D'ÉNERGIE CHEZ LE RAT EN CROISSANCE

NOTE PRÉLIMINAIRE

Y. HENRY et A. RÉRAT

*Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs,
Centre national de Recherches zootechniques, Jouy-en-Josas (Seine-et-Oise)*

SOMMAIRE

La consommation spontanée d'énergie chez le rat en croissance a été étudiée en distribuant simultanément, dans deux mangeoires séparées, un régime protéique en quantité fixe et un régime protéoprive offert *ad libitum*. Cinq expériences ont été réalisées qui mettaient en œuvre 3 ou 4 lots de 8 à 12 rats blancs. Les sources azotées, utilisées à 3 niveaux, étaient une farine de poisson, un tourteau d'arachide, un gluten de blé.

Lorsque le besoin azoté pour une croissance maximum n'est pas couvert, la consommation spontanée d'énergie est en relation directe avec la quantité et la qualité des protides ingérés. En fait, ce phénomène d'ajustement s'effectue par l'intermédiaire du poids : dans un intervalle de poids donné (60 à 150 g), la consommation journalière de calories est proportionnelle au poids élevé à une même puissance (voisine de 0,5) quelles que soient la quantité d'azote distribuée et la nature de la source azotée. Une explication peut être fournie : l'apport azoté détermine un certain niveau de croissance qui conditionne à son tour la quantité d'énergie consommée par l'animal.

Il est établi que des animaux recevant différents régimes ingèrent une quantité variable de nourriture et plusieurs hypothèses ont été proposées pour expliquer ce phénomène. Ainsi, on a supposé que l'animal ajuste sa consommation de nourriture sur son besoin énergétique (COWGILL, 1928 ; ADOLPH, 1947). Les travaux de MAYER (1955) sur le Lapin et le Rat, de JANOWITZ et HOLLANDER (1955) sur le Chien, de HILL et DANSKY (1954) sur les volailles, fournissent des arguments à l'appui de cette théorie.

Il est également connu que l'ingestion de nourriture, et par conséquent d'énergie, varie avec le taux de protéines administrées et la nature de ces dernières. Elle est d'autant plus élevée que la source azotée est de meilleure qualité, ainsi que l'ont montré SIBBALD *et al.* (1957) chez le rat en croissance. Pour chaque protéine, il existe un rapport calories/azote optimum correspondant à une utilisation maximum de la protéine pour la croissance (OSBORNE et MENDEL ; BARNES *et al.*, 1946 ; FORBES *et al.*, 1955 ; YOSHIDA *et al.*, 1957).

Il convient cependant de remarquer que toutes ces expériences qui avaient pour but d'étudier la relation entre la consommation spontanée d'énergie et l'apport azoté ont été réalisées en régime complet. Cette manière d'agir peut prêter à critique puisqu'on impose à l'animal d'ingérer l'azote et l'énergie selon un rapport fixé à l'avance ; ce qui ne permet pas de préciser lequel de ces deux facteurs détermine le niveau de consommation.

Pour y parvenir, il paraît nécessaire de laisser l'animal libre de fixer par lui-même sa consommation d'énergie par rapport à l'azote en distribuant simultanément, dans deux mangeoires séparées, un repas azoté et un repas non azoté. C'est ainsi que LASSITER *et al.* (1955) ont démontré que le Porc ajuste le taux azoté de son régime à un certain niveau lorsqu'on lui présente séparément du maïs et un concentré azoté à volonté. De leur côté, CALET *et al.* (1961), utilisant également la technique des repas séparés, ont étudié l'évolution de la consommation spontanée d'énergie chez le poulet en fonction de la nature de la source azotée, cette dernière étant apportée en quantité fixe. Cependant la comparaison de plusieurs sources azotées entre elles à un même niveau peut sembler incomplète : il n'est pas exclu que l'une ou l'autre de ces protéines contienne des facteurs de stimulation de l'appétit. Aussi, paraît-il nécessaire de faire varier en même temps le niveau azoté pour chacune des protéines étudiées.

Compte tenu de ces considérations, nous avons entrepris une série d'expériences sur le rat en croissance, basées sur le principe de la distribution simultanée et séparée de deux régimes : un régime apportant une quantité fixe d'azote inférieure au besoin optimum, et un régime protéoprive *ad libitum*, de manière à étudier les modalités d'ajustement de la consommation d'énergie lorsqu'on fait varier à la fois l'apport azoté quantitatif et qualitatif.

La présente note n'apportera que des résultats partiels se rapportant à la libre consommation d'énergie chez le rat en croissance. Les autres résultats concernant l'utilisation azotée et l'évolution de la composition corporelle feront l'objet d'une série de publications ultérieures.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Des rats mâles de souche Wistar, pris au sevrage, sont placés en cages individuelles et reçoivent pendant 8 jours, *ad libitum*, un régime préexpérimental dont la composition est rapportée dans le tableau 1. A l'issue de cette période, ils sont répartis en lots homogènes de 8 à 12 animaux suivant les expériences, d'après leurs poids et gain de poids.

Cinq expériences successives sont réalisées, dont le principe est identique et réside dans l'administration simultanée de deux régimes dans deux mangeoires séparées : l'un de ces régimes, protéoprive, est distribué *ad libitum* ; l'autre constitué d'une des trois sources azotées suivantes : farine de poisson, tourteau d'arachide, gluten de blé, est donné en quantité fixe à chaque animal, mais

TABLEAU I

Composition du régime préexpérimental

Quantités pour 1 kg de régime :

Caséine.....	120 g
Cystine (l—)	3 g
Mélange salin (OSBORNE et MENDEL).....	40 g
Cellulose.....	20 g
Huile d'arachide	80 g
Sucre	727 g
Mélange vitaminique (1).....	10 g
	1 000 g

(1) Composition du mélange vitaminique :

Thiamine (chlorhydrate)	8 mg
Acide nicotinique	30 mg
Adermine	8 mg
Riboflavine	15 mg
Pantothénate de calcium	30 mg
Vitamine B ₁₂	0,03 mg
Acide folique	1 mg
Inositol	500 mg
Acide paraaminobenzoïque.....	500 mg
Vitamine E	30 mg
Vitamine K	5 mg
Biotine.....	0,2 mg
Amidon Q. S. P.	10 mg

Les vitamines A et D sont administrées dans l'huile d'arachide sous forme commerciale (4 ml de « vitadone » Byla pour 1 000 ml d'huile).

La choline est ajoutée au régime à raison de 5 ml d'une solution à 20 p. 100 par kilogramme de régime

TABLEAU 2

Composition des régimes

Sources azotées	Régime protéique			Régime protéoprive
	Farine de poisson	Tourteau d'arachide	Gluten de blé	
Farine de poisson (g)	1 000	—	—	—
Tourteau d'arachide (g) ...	—	1 360	—	—
Gluten de blé (g)	—	—	940	—
Sucre (g)	835	475	895	835
Huile d'arachide (1) (g) ...	90	90	90	90
Cellulose (g).....	20	20	20	20
Mélange salin (g).....	45	45	45	45
Mélange vitaminique (2) (g)	10	10	10	10
	2 000	2 000	2 000	1 000

(1) Les vitamines A et D sont incorporées à l'huile d'arachide (4 ml de « vitadone » Byla pour 1 000 ml d'huile).

(2) La biotine et la choline sont introduites à part sous forme de solution à raison de 5 ml d'une solution à 20 p. 100 de choline et 5 ml d'une solution à 0,040 p. 1 000 de biotine par kg d'aliment. Les mélanges salin et vitaminique sont ceux utilisés dans le régime préexpérimental (tableau 1).

à 3 niveaux différents pour chacune des sources azotées envisagée (respectivement 0,6-1,2 et 1,8 g de matières azotées par jour, soit 96, 192 et 288 mg d'azote). Une expérience préliminaire avait eu pour objet de mettre au point les modalités d'application de la méthode pour connaître en particulier la quantité de matières azotées à distribuer par jour. Les niveaux journaliers ont été choisis de telle manière que l'animal soit placé en dessous des conditions optima de couverture du besoin azoté de croissance.

Les trois sources azotées sont d'origine connue : farine de poisson de Norvège, tourteau d'arachide d'extraction, gluten de blé d'Australie, dosant respectivement 79,6-59,8 et 81,5 p. 100 de protéines par rapport à la matière sèche.

TABLEAU 3

Tableau descriptif des expériences

	Nombre d'animaux par lot	Régime protéique		Régime protéoprive
		Nature de la protéine	quantité de protéines/j (g)	
<i>Expérience I</i> Farine de poisson à niveau variable . . .	8	Farine de poisson id id	1,8 1,2 0,6	<i>ad libitum</i>
<i>Expérience II</i> Tourteau d'arachide à niveau variable	10	Farine de poisson Tourteau d'arachide id id	1,2 1,8 1,2 0,6	<i>ad libitum</i>
<i>Expérience III</i> Gluten de blé à niveau variable	9	Farine de poisson Gluten de blé id id	1,2 1,8 1,2 0,6	<i>ad libitum</i>
<i>Expérience IV</i> Sources azotées variables à niveau constant	12	Farine de poisson Tourteau d'arachide Gluten de blé	1,2 1,2 1,2	<i>ad libitum</i>
<i>Expérience V</i> Farine de poisson et tourteau d'arachide à 3 niveaux	8	Farine de poisson id id Tourteau d'arachide id id	1,8 1,2 0,6 1,8 1,2 0,6	<i>ad libitum</i>

La composition des régimes est indiquée dans le tableau 2. Le régime protéoprive est un mélange semi-synthétique composé de sucre, huile d'arachide, cellulose, minéraux et vitamines. Les régimes protéiques sont composés par parties du régime précédent et de la source azotée de telle façon que leur taux azoté soit élevé (35 à 40 p. 100 de protéines). Ce mélange permet une meilleure valorisation de l'azote par l'énergie, ainsi que l'ont observé MUNRO (1951), GEIGER et al. (1950) et nous-mêmes.

Les consommations de nourriture sont enregistrées quotidiennement. La teneur énergétique des régimes est évaluée d'après les coefficients d'ATWATER et BRYANT, obtenus à l'aide de la bombe calorimétrique. Ces données servent de base pour l'appréciation de la consommation spontanée d'énergie.

Les deux premières expériences ont duré respectivement 139 et 125 jours ; elles devaient permettre d'observer l'évolution de la consommation d'énergie en fonction de l'âge de l'animal. La durée des expériences suivantes a été de 8 semaines.

En résumé, les 5 expériences sont schématisées dans le tableau 3. Un lot témoin, recevant 1,2 g de protéines de poisson par jour, est reconstitué d'une expérience à l'autre afin de comparer les expériences entre elles.

RÉSULTATS

Les résultats de croissance et de consommation, pour une durée comparable de 8 semaines, sont rapportés dans le tableau 4.

TABLEAU 4

Résultats généraux de croissance et de consommation

Numéro de l'expérience	Nature de la protéine	Quantité de protéines par jour (g)	Poids initial (g)	Gain de poids (g/j)	Calories totales ingérées/j	Calories par g d'azote ingéré
I	Poisson	1,8	65,9	3,55	59,9	198
	id	1,2	63,2	2,56	55,5	276
	id	0,6	63,2	1,41	44,3	429
II	Poisson	1,2	77,8	2,44	51,9	268
	Arachide	1,8	76,8	2,27	51,8	167
	id	1,2	77,4	1,51	44,9	217
	id	0,6	75,7	0,54	33,0	317
III	Poisson	1,2	75,5	2,32	53,6	283
	Gluten	1,8	72,9	1,31	45,0	163
	id	1,2	77,2	0,75	40,8	222
	id	0,6	78,1	0,27	31,3	335
IV	Poisson	1,2	75,4	2,36	53,9	284
	Arachide	1,2	75,6	1,31	44,5	226
	Gluten	1,2	75,2	0,80	37,2	201
V	Poisson	1,8	69,4	3,36	61,5	219
	id	1,2	70,3	2,36	55,1	291
	id	0,6	71,3	1,24	45,7	483
	Arachide	1,8	71,4	1,89	50,2	181
	id	1,2	70,1	1,25	40,8	217
	id	0,6	72,6	0,43	33,4	347

Pour chacune des protéines étudiées, l'élévation du niveau azoté entraîne une augmentation de la consommation spontanée d'énergie et de la vitesse de croissance, tandis que le nombre de calories ingérées par g d'azote diminue.

Pour une quantité d'azote donnée (expérience IV), la consommation d'énergie et la vitesse de croissance sont d'autant plus élevées que la protéine est de meilleure qualité (dans l'ordre, farine de poisson, tourteau d'arachide, gluten de blé). Il en est de même du nombre de calories ingérées par g d'azote.

La comparaison d'une expérience à l'autre des lots témoins recevant 1,2 g de protéines de poisson par jour fait ressortir une grande constance dans les résultats,

ce qui est d'autant plus remarquable que les 5 expériences se sont déroulées sur une période de plus d'un an ; le gain moyen journalier varie dans les limites de 2,32 g à 2,56 g, tandis que le nombre de calories ingérées par g d'azote oscille entre 268 et 291, soit une marge de variation inférieure à 10 p. 100. La même constatation est valable pour les trois sources azotées aux trois niveaux.

Dans chaque cas, le rat paraît ainsi en mesure d'ajuster sa consommation d'énergie à un niveau déterminé en fonction de l'apport azoté, et il est permis de penser que ce phénomène d'ajustement suit une loi générale : une donnée commune interviendrait qui tient compte à la fois du poids et de la vitesse de croissance. A cet effet, nous avons rapporté la consommation journalière de calories totales au poids moyen pondéré par quinzaine dans un intervalle de poids donné, compris entre 60 et 150 g. Le poids moyen pondéré est donné par la formule :

$$P = \frac{P_1 + 2P_2 + P_3}{4}$$

P_1 , P_2 et P_3 étant respectivement les poids au début, au milieu et à la fin de la quinzaine. Pour chaque lot nous avons étudié, après transformation logarithmique des données, la régression de l'ingéré calorique moyen par animal et par quinzaine sur le poids moyen pondéré pendant la période. Une série de droites de régression, dont les équations sont rapportées dans le tableau 5, ont ainsi été obtenues. Elles sont illustrées graphiquement dans les figures 1 et 2 pour les expériences IV et V. Les équations sont de la forme : $\log I = \log a + b \log P$, I étant les calories ingérées par jour, P le poids moyen pondéré, a et b des constantes caractéristiques de chaque lot. Cette relation peut encore s'écrire sous la forme exponentielle :

$$I = a \cdot P^b.$$

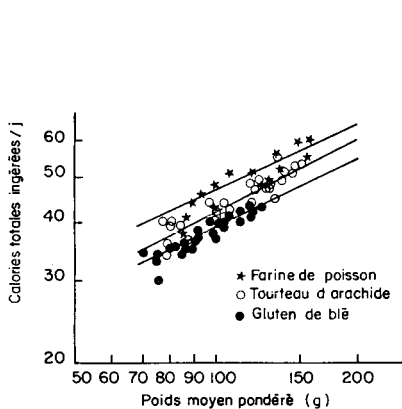


FIG. 1. — expérience IV

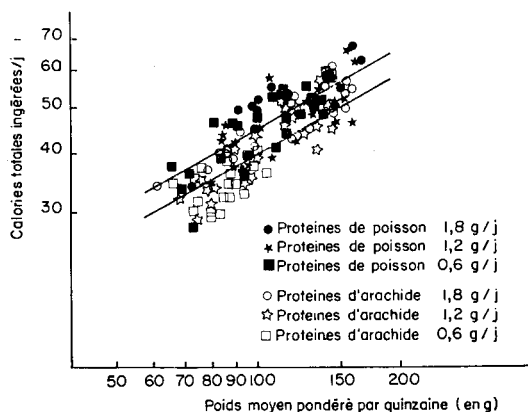


FIG. 2. — expérience V

Évolution de l'ingéré calorique moyen journalier en fonction du poids moyen pondéré par quinzaine (en coordonnées logarithmiques)

Dans chaque expérience et dans l'intervalle de poids considéré, la consommation spontanée d'énergie chez le rat en croissance est proportionnelle au poids vif élevé à une même puissance (b), quelle que soit la quantité d'azote distribuée (expériences

I, II, III et V) et quelle que soit la nature de la source azotée utilisée (expériences IV et V). La signification de la régression est précisée dans le tableau 5 ; la comparaison des pentes des droites de régression entre elles au sein d'une même expérience n'a décelé aucune différence significative.

En raison de la diversité des rythmes de croissance, les calculs ont porté sur un temps plus ou moins long, au-delà de 8 semaines dans les expériences I et II. Dans l'expérience III, la relation n'a pu être établie au bas niveau de gluten (0,6 g de protéines par jour), le poids des rats n'ayant pas dépassé dans ce cas 100 g. D'autre part, dans l'expérience V, seules ont été données les équations globales pour les 3 niveaux, en raison d'un nombre insuffisant de données à chaque niveau.

TABLEAU 5

Relation entre l'ingéré calorique moyen journalier (I) et le poids moyen pondéré par quinzaine (P)

N° expérience	Nature de la protéine	Quantité de protéines par j	Équation de régression log I =	Coefficient de corrélation r	Intervalle de confiance de la pente b	Signification de la régression (valeur de t)
<i>1°) Poids vif pondéré compris entre 60 et 150 g</i>						
I	Poisson id id	1,8	0,82900 + 0,425 log P	0,719	± 0,246	3,73 **
		1,2	0,79866 + 0,455 log P	0,841	± 0,155	6,23 **
		0,6	0,81710 + 0,413 log P	0,900	± 0,075	11,16 **
II	Poisson Arachide id id	1,2	0,62371 + 0,508 log P	0,737	± 0,217	4,88 **
		1,8	0,87846 + 0,391 log P	0,869	± 0,114	7,24 **
		1,2	0,59736 + 0,510 log P	0,908	± 0,075	13,42 **
		0,6	0,52405 + 0,517 log P	0,771	± 0,096	10,77 **
III	Poisson Gluten id	1,2	0,59473 + 0,525 log P	0,866	± 0,179	6,32 **
		1,8	0,58047 + 0,529 log P	0,925	± 0,123	9,25 *
		1,2	0,19904 + 0,711 log P	0,917	± 0,155	4,59 **
IV	Poisson Arachide Gluten	1,2	0,58538 + 0,535 log P	0,904	± 0,146	7,87 **
		1,2	0,56324 + 0,530 log P	0,916	± 0,093	11,78 **
		1,2	0,56530 + 0,511 log P	0,914	± 0,095	11,11 **
V	Poisson Arachide	1,8-1,2-0,6	0,55174 + 0,554 log P	0,809	± 0,108	10,25 **
		1,8-1,2-0,6	0,48223 + 0,561 log P	0,768	± 0,112	10,01 **
<i>2°) Poids vif pondéré compris entre 150 et 250 g</i>						
I	Poisson id id	1,8	0,82127 + 0,411 log P	0,703	± 0,156	5,48 **
		1,2	1,04628 + 0,326 log P	0,424	± 0,235	2,81 **
		0,6	0,65148 + 0,484 log P	0,634	± 0,190	5,14 **
II	Poisson Arachide di	1,2	0,83417 + 0,403 log P	0,616	± 0,167	4,85 **
		1,8	0,80562 + 0,424 log P	0,725	± 0,142	6,05 **
		1,2	0,74654 + 0,435 log P	0,605	± 0,183	4,78 **

** Seuil de signification : 0,01 %.

Les calculs précédents ont été repris dans les expériences I et II en considérant l'intervalle de poids 150-250 g (tableau 5). On note également une similitude entre les droites de régression ; la pente a tendance à être plus faible que dans l'intervalle de poids 60-150 g, quoique non significativement différente de celle obtenue pour les poids inférieurs.

Il convient de préciser que, l'intervalle de poids étant le même pour des croisances différentes, les animaux ont mis un temps variable pour atteindre le poids de 150 g. Il en résulte un nombre différent de données suivant les lots, ce qui explique les variations constatées dans l'intervalle de confiance. Quoiqu'il en soit, la valeur de la pente de la droite de régression semble constante à l'intérieur d'une même expérience et se situe autour de 0,5.

DISCUSSION

D'autres auteurs ont étudié, dans des conditions différentes d'expérimentation, la relation entre la consommation d'énergie et le poids ou la surface corporelle, chez le rat en croissance. Ainsi HARTE et *al.* (1948) ont montré, en régime complet, que la consommation de calories par unité de surface corporelle n'est pas modifiée d'une manière significative lorsqu'on fait varier la source azotée de la ration. Or, pour estimer la surface corporelle, ils ont utilisé la formule de CARMAN et MITCHELL (1926):

$$\text{surface corporelle } (dm_2) = 11,36 \times (\text{poids vif en g})^{2/3}$$

Il semble donc que l'ingéré calorique est proportionnel au poids élevé à une certaine puissance (2/3 dans le cas de l'expérience considérée qui a porté sur une période de 5 semaines après le sevrage). D'autre part, HEGSTED et HAFFENREFFER (1949) ont établi, sur des rats de 40 à 100 g recevant différentes protéines à taux variable en régime complet, que la consommation journalière de calories est une fonction exponentielle du poids vif moyen pendant 3 semaines. La relation commune à l'ensemble des protéines étudiées est alors la suivante : $\log I = 0,882 \log P - 0,1228$, I étant l'ingéré calorique moyen journalier et P le poids. Se basant sur l'observation de BRODY qui a constaté que le métabolisme de base des rats de même poids est proportionnel au poids vif élevé à une puissance voisine de 0,8, ils concluent que la consommation d'énergie chez le rat en croissance s'établit à un niveau constant au-dessus du métabolisme de base quels que soient la nature des protéines et leur taux dans le régime. De son côté BEIN (1961), utilisant la technique des bilans caloriques sur des rats de 60 à 200 g, a trouvé que le besoin d'entretien exprimé en calories métabolisables est proportionnel au poids élevé à la puissance 0,497.

Les valeurs obtenues au cours de ces expériences sont inférieures à celle déterminée par HEGSTED et HAFFENREFFER sur des rats pesant moins de 100 g. Cet écart peut être dû à une différence dans l'intervalle de poids des animaux. En effet BRODY (1945) a établi que le métabolisme de base du rat est fonction d'une puissance diminuée du poids lorsque ce dernier augmente : cette puissance passe de 0,8 pour des rats de moins de 100 g à 0,35 au-dessus de 100 g. On peut dès lors penser que l'évolution est la même en ce qui concerne l'ingéré calorique. C'est ce qui explique que le coefficient b diminue lorsqu'on passe de 150 à 250 g. De même dans le lot gluten recevant 1,2 g de protéines par jour (expérience III) la valeur plus élevée du coefficient (0,711) provient du fait que le poids moyen pondéré n'a pas dépassé 120 g.

De toute manière, ce qui importe le plus, ce n'est pas tant la valeur absolue de ce coefficient, mais bien sa constance au sein d'une même expérience, suivant

que l'on fait varier dans certaines limites la quantité d'azote et la nature de la source azotée. En définitive, il apparaît que l'ingéré calorique est étroitement contingent de l'apport azoté, comme nous l'avons déjà démontré dans une note précédente en collaboration avec ABRAHAM, CALET et JACQUOT (1961). Plus précisément on peut admettre que l'apport azoté, par la fourniture d'acides aminés essentiels, détermine un certain niveau de croissance qui conditionne à son tour la quantité d'énergie consommée par l'animal.

Reçu pour publication en septembre 1962.

SUMMARY

THE INFLUENCE OF THE QUANTITY AND THE QUALITY OF PROTEINS ON THE VOLUNTARY ENERGY INTAKE OF THE GROWING RAT A PRELIMINARY REPORT

The voluntary energy intake of growing rats was measured by feeding free choice, in two separate troughs, a fixed quantity of a protein diet and a protein-free diet *ad libitum*. Five experiments were made during a one-year period with 3 or 4 lots of 8 to 12 albino rats in each. The protein sources were fed at three levels in the diet: fish meal, peanut oil meal and wheat gluten.

When the dietary protein does not allow maximum growth, the voluntary energy intake increases with the quantity and/or the quality of protein ingested. In fact, the energy consumption is regulated through the body weight: in a given weight interval (60 to 150 g) the daily calorie intake varies as the body weight raised to the same power (around 0,5) for any quantity and/or quality of the protein fed.

An explanation can be given to this phenomenon. The protein intake brings about a certain growth level which in turn determines the amount of energy ingested.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABRAHAM J., CALET C., RERAT A., JACQUOT R., 1961. Solidarité des besoins énergétique et protéique de croissance: l'ajustement spontané des calories et des protides. *C. R. Acad. Sci Paris*, **253**, 2768-2770.
- ADOLPH E. F., 1947. Urges to eat and drink in rats. *Am. J. Physiol.*, **151**, 110-125.
- BARNES R. H., BATES M. J., MAACK J. E., 1946. The growth and maintenance utilization of dietary protein. *J. Nutr.* **32**, 535-548.
- BEIN L., 1961. N-Bilanz und Gesamtstoffwechselfersuche an wachsenden Albinoratten. *Arch. Tierernähr.* **11**, 42-70.
- BRODY S., 1945. *Bioenergetics and growth*. Reinhold Pub. Corp., New York.
- CALET C., JOUANDET C., BARATOU J., 1961. Variation de la consommation spontanée d'énergie du poussin en fonction de la nature des matières azotées du régime. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, **1**, 1-9.
- COWGILL G. R., 1928. The energy factor in relation to food intake: experiments on the dog. *Am. J. Physiol.*, **85**, 45-64.
- FORBES R. M., YOHE M., 1955. Effect of energy intake on the biological value of protein fed rats. *J. Nutr.*, **55**, 499-506.
- GEIGER E., BANCROFT R. W., HAGERTY E. B., 1950. The nitrogen-sparing effect of dietary carbohydrate in its relation to the time factors. Experiments with repletion of protein-depleted adult rats. *J. Nutr.*, **42**, 577-585.
- HARTE R. A., TRAVERS J. J., SARICH P., 1948. Voluntary caloric intake of the growing rat. *J. Nutr.* **36**, 677-679.
- HEGSTED D. M., HAFFENREFFER V. R., 1949. Caloric intake in relation to the quantity and quality of protein in the diet. *Amer. J. Physiol.*, **157**, 141-148.
- HILL F. W., DANSKY L. M., 1954. Studies on the energy requirements of chickens. I. The effect of dietary energy level on growth and feed consumption. *Poult. Sci.*, **33**, 112-119.

- JANOWITZ H. D., HOLLANDER D., 1955. The time factor in the adjustment of food intake to varied caloric requirement in the dog : a study of the precision of appetite regulation. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **63**, 56-67.
- LASSITER J. W., TERRILL S. W., BECKER D. E., NORTON H. W., 1955. Protein levels for pigs as studied by growth and self-selection. *J. Anim. Sci.*, **14**, 482-491.
- MAYER J., 1955. Regulation of energy intake and the body weight : the glucostatic theory and the lipostatic hypothesis. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **63**, 15-43.
- MUNRO H. N., 1951. Carbohydrate and fat as factors in protein utilization and metabolism. *Physiol. Rev.*, **31**, 449-488.
- OSBORNE T. B., MENDEL L. B., FERRY E. L., 1917. The relative value of certain proteins and protein concentrates as supplements to corn gluten. *J. Biol. Chem.*, **29**, 69.
- SIBBALD I. R., BOWLAND J. P., ROBBLEE A. R., BERG R. T., 1957. Apparent digestible energy and nitrogen in the food of the weanling rat. Influence on food consumption, nitrogen retention and carcass composition. *J. Nutr.*, **61**, 71-85.
- YOSHIDA A., HARPER A. E., ELWEHJEM D. A., 1957. Effects of protein per calorie ratio and dietary level of fat on calorie and protein utilization. *J. Nutr.*, **63**, 555-570.