

TRAITEMENT THERMIQUE ET QUALITÉ DES PROTÉINES DU SOJA

IV. — EFFET DE LA CUISSON DES TOURTEAUX
ET DE LEUR SUPPLÉMENTATION PAR DES AMINO-ACIDES
SUR LA CROISSANCE ET LA RÉTENTION AZOTÉE
CHEZ LE RAT

J. LOUGNON (1) et A. RÉRAT

*Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs,
Centre national de Recherches zootechniques, I.N.R.A.
78-Jouy-en-Josas*

RÉSUMÉ

Deux séries d'expériences ont été effectuées afin d'étudier l'influence des traitements thermiques sur la valeur nutritionnelle des protéines du tourteau de soja. Elles ont été réalisées avec des rats recevant *ad libitum* des régimes mixtes renfermant 10 p. 100 de protéines d'un tourteau supplémenté ou non par des amino-acides.

1. En 1964, 4 tourteaux ont été étudiés, de même origine, mais chauffés pendant 20 minutes à 110°C (n° 41), 120°C (n° 42), 130°C (n° 43) et 140°C (n° 44).

Pour tous les critères étudiés (croissance, efficacité alimentaire, rétention azotée) le tourteau 42 se révèle le meilleur suivi de très près par le tourteau 41 ; le n° 43 ne permet pas des performances aussi élevées (différence significative) et la valeur du quatrième tourteau est très médiocre.

L'addition de DL-méthionine à raison de 0,15 ou 0,30 p. 100 du régime (pas de différence significative entre les deux taux) améliore nettement la valeur alimentaire des tourteaux 42 et 43.

L'addition de L-lysine (0,2 p. 100 du régime) ou d'un mélange de L-lysine (0,2 p. 100) et de L-thréonine (0,1 p. 100) aux tourteaux 42 et 44 déjà supplémentés en DL-méthionine (0,2 p. 100) n'a pas d'effet significatif avec le premier, alors que les performances sont nettement améliorées dans le cas du second (chauffé à 140°C). Cela confirme une destruction importante de lysine qui devient l'acide aminé limitant primaire des protéines du tourteau n°44.

2. En 1965, la comparaison a porté sur 6 tourteaux : 51, chauffé 10 minutes à 100°C, 52 (110°C-20 minutes), 53 (110°C-40 minutes), 54 (120°C-20 minutes), 55 (130°C-10 minutes), 56 (130°C-40 minutes). Seul le tourteau 56 révèle une surcuisson caractérisée par une mauvaise valeur nutritionnelle et une faible réponse à l'addition de méthionine. La supplémentation par cet amino-acide améliore très significativement la valeur des autres échantillons.

L'ensemble de ces expériences prouve qu'au-delà de 120°C, le traitement thermique a une action néfaste sur la valeur nutritive du tourteau de soja ; cette action est d'autant plus marquée que la température et sa durée d'application sont plus élevées.

(1) A.E.C. Société de Chimie organique et biologique, 03-Commentry

INTRODUCTION

Les facilités d'acclimatation du soja, la multiplicité de ses applications tant alimentaires qu'industrielles ont contribué à sa large diffusion dans le monde. Sous forme de farines et de semoules ou de protéine isolée pour l'alimentation humaine, de tourteaux pour l'alimentation des animaux, cette légumineuse, délipidée, a été l'objet de très nombreuses recherches de la part des nutritionnistes.

Grâce à une richesse appréciable en de nombreux nutriments et à un équilibre de ses amino-acides qui le classe parmi les meilleures sources protéiques d'origine végétale, le tourteau de soja constitue un complément alimentaire de choix pour les Monogastriques, à la condition toutefois qu'il ait subi un chauffage préalable. Si l'influence favorable du traitement thermique a été démontrée depuis longtemps (OSBORNE et MENDEL, 1917) son mode d'action est plus discuté et des imprécisions subsistent quant aux conditions optimales de sa réalisation (température, durée, humidité) (JACQUOT et FERRANDO, 1957).

C'est pourquoi, à une liste déjà longue de publications sur le sujet, nous ajoutons les résultats de quelques essais réalisés avec le Rat comme animal expérimental : leur but était de comparer la valeur nutritionnelle de quelques échantillons de tourteaux préparés dans des conditions bien définies, à l'échelon semi-industriel, et ayant fait l'objet par ailleurs d'études biochimiques (ZELTER et DELORT-LAVAL, 1971).

MATÉRIEL, ET MÉTHODES

Trois expériences ont été réalisées en 1964 (expériences I A et I B) et 1965 (expérience II) afin d'étudier l'influence des conditions de chauffage (durée et température) sur la valeur biologique du tourteau de soja chez le Rat.

TABLEAU I

Conditions de chauffage des tourteaux expérimentaux

Tourteau	Température (°C)	Durée (mn)	Humidité (%)
41	110	20	20
42	120	20	20
43	130	20	20
44	140	20	20
51	100	10	20
52	110	20	20
53	110	40	20
54	120	20	20
55	130	10	20
56	130	40	20

TABLEAU 2
Composition des régimes de l'expérience I A (g/kg)

Lots	U	D	T	Q	UY	DY	TY	QY	UZ	DZ	TZ	QZ
Tourteau de soja n° 41	207	—	—	—	207	—	—	—	207	—	—	—
Tourteau de soja n° 42	—	205	—	—	—	205	—	—	—	205	—	—
Tourteau de soja n° 43	—	—	201	—	—	—	201	—	—	—	201	—
Tourteau de soja n° 44	—	—	—	195	—	—	—	195	—	—	—	195
Amidon de maïs	553	555	559	565	553	555	559	565	553	555	559	565
Huile d'arachide	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Cellulose	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Mélange minéral (OSBORNE et MENDEL)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Mélange vitaminique (1)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Prémélange O (2)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Prémélange Y (2)	—	—	—	—	100	100	100	100	—	—	—	—
Prémélange Z (2)	—	—	—	—	—	—	—	—	100	100	100	100

(1) La composition du mélange vitaminique a été donnée dans une publication antérieure (RÉRAT *et al.*, 1964).

(2) Les prémélanges O, Y, Z, à base d'amidon, renferment respectivement : 1,5 p. 100 de glycocolle ; 1,5 p. 100 de DL-méthionine et 0,75 p. 100 de glycocolle ; 3 p. 100 de DL-méthionine.

En 1964, l'étude a porté sur 4 échantillons de tourteaux de même origine chauffés pendant 20 minutes à différentes températures (série A 41-44).

En 1965, l'expérimentation a été réalisée avec 6 tourteaux préparés dans des conditions similaires, mais en faisant varier à la fois la température et la durée de cuisson (série C 51-56).

Le tableau 1 résume les conditions de chauffage des différents tourteaux étudiés. Les détails concernant leur technologie ont été fournis par ailleurs (ZELTER et DELORT-LAVAL, 1971).

Les animaux étaient des rats blancs de souche *Wistar CF* qui ont reçu, pendant une période de 7 jours (expériences I A et I B) ou 14 jours (expérience II), un régime standard, à base de caséine, dont la composition a été déjà donnée (RÉRAT *et al.*, 1964).

Dans l'expérience I A, 84 rats ont été répartis en 12 lots de 7 animaux :

- U, D, T et Q recevant des régimes à 10 p. 100 de protéines des tourteaux n° 41, 42, 43 et 44 respectivement.
- UY, DY, TY, QY recevant les régimes précédents additionnés de 0,15 p. 100 de DL-méthionine,
- UZ, DZ, TZ, QZ, recevant des régimes où le taux de méthionine additionnelle était de 0,3 p. 100.

Ces régimes, dont la composition figure dans le tableau 2, étaient fournis chaque jour *ad libitum*, après humidification.

La durée de l'expérience a été de 28 jours.

On a mesuré chaque jour les consommations individuelles de nourriture des animaux et ces derniers étaient pesés deux fois par semaine.

En fin d'expérience, la rétention azotée a été mesurée chez les animaux des lots U, D, T, Q à l'aide de l'analyse des carcasses des rats à la fin de l'expérience. Leur composition initiale était fournie par des équations de régression obtenues à l'aide d'animaux témoins (RÉRAT *et al.*, 1964).

TABLEAU 3

Composition des régimes de l'expérience I B (g/kg)

Lots	DM	DL	DT	QM	QL	QT
Tourteau de soja n° 42	205	205	205	—	—	—
Tourteau de soja n° 44	—	—	—	195	195	195
Amidon de maïs	555	555	555	565	565	565
Huile d'arachide	80	80	80	80	80	80
Cellulose	20	20	20	20	20	20
Mélange minéral (OSBORNE et MENDEL).....	30	30	30	30	30	30
Mélange vitaminique (1)	10	10	10	10	10	10
Prémélange M (2)	100	—	—	100	—	—
Prémélange L (2)	—	100	—	—	100	—
Prémélange T (2)	—	—	100	—	—	100

(1) La composition du mélange vitaminique a été donnée dans une publication antérieure (RÉRAT *et al.*, 1964).

(2) Les prémélanges M, L, T ont la composition suivante (p. 100) :

	M	L	T
Amidon	94,50	94,25	93,50
DL méthionine	2,00	2,00	2,00
L Lysine monochlorhydrate	—	2,50	2,50
DL thréonine	—	—	2,00
Glycocolle	3,50	1,25	—

TABEAU 4
Composition des régimes de l'expérience II (g/kg)

Lots	A	B	C	D	E	F	AM	BM	CM	DM	EM	FM
Tourteau de soja n° 51	222	—	—	—	—	—	222	—	—	—	—	—
Tourteau de soja n° 52	—	221	—	—	—	—	—	221	—	—	—	—
Tourteau de soja n° 53	—	—	216	—	—	—	—	—	216	—	—	—
Tourteau de soja n° 54	—	—	—	214	—	—	—	—	—	214	—	—
Tourteau de soja n° 55	—	—	—	—	207	—	—	—	—	—	—	—
Tourteau de soja n° 56	—	—	—	—	—	208	—	—	—	—	207	—
Amidon de maïs	538	539	544	546	553	552	538	539	544	546	553	208
Huile d'arachide	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	552
Cellulose	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	80
Mélange minéral (OSBORNE et MENDEL)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	20
Mélange vitaminique (1)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	30
Prémélange O (2)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	10
Prémélange M (3)	—	—	—	—	—	—	100	100	100	100	100	100

(1) La composition du mélange vitaminique a été donnée dans une publication antérieure (RÉRAT *et al.*, 1964).

(2) Prémélange à base d'amidon renfermant 1 p. 100 de glycocolle.

(3) Prémélange à base d'amidon renfermant 2 p. 100 de DL méthionine.

L'expérience I B a été réalisée selon les mêmes modalités que la précédente, mais on n'a utilisé que les deux tourteaux extrêmes ayant présenté la valeur nutritive la meilleure (n° 42) ou la moins bonne (n° 44).

Quarante-deux rats ont été répartis en 6 lots de 7 animaux :

— DM et QM, recevant des régimes à 10 p. 100 de protéines des tourteaux 42 et 44 respectivement supplémentés par 0,2 p. 100 de DL-méthionine,

— DL et QL, recevant les régimes précédents additionnés de 0,2 p. 100 de L-lysine,

— DT et QT, dont les régimes étaient additionnés en outre de 0,1 p. 100 de L-thréonine.

La composition de ces régimes est rapportée dans le tableau 3.

Dans l'expérience II, les 6 tourteaux mis en comparaison ont été également utilisés dans des régimes renfermant 10 p. 100 de matières azotées. Des lots de 8 rats ont reçu les 12 régimes suivants dont la composition figure dans le tableau 4 :

● A, B, C, D, E, F à base des tourteaux 51, 52, 53, 54, 55 et 56 respectivement,

● AM, BM, CM, DM, EM, FM, analogues aux précédents, mais additionnés de 0,2 p. 100 de DL-méthionine.

Les calculs statistiques ont été effectués suivant la méthode d'analyse de variance (SNEDECOR, 1956).

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Expérience IA

Les résultats moyens pour les 12 lots expérimentaux figurent dans le tableau 5.

Qu'ils soient supplémentés ou non, les quatre tourteaux se révèlent de valeur alimentaire fort inégale. L'optimum des performances enregistrées (croissance, indice de consommation, coefficient d'efficacité protidique) est procuré par le tourteau n° 42 suivi de près par le n° 41. Par contre, le tourteau n° 44 ne présente qu'une faible valeur alimentaire et le n° 43 se situe dans une position intermédiaire. Ces résultats sont confirmés par ceux obtenus à partir de l'analyse de carcasses (tabl. 6) : l'efficacité de la rétention azotée varie pour les différents tourteaux dans le même sens que les gains de poids que ceux-ci autorisent. Sur un plan statistique, aucun des critères envisagés ne permet de distinguer le tourteau n° 42 du n° 41.

L'addition de méthionine provoque des améliorations variables de la vitesse de croissance selon le traitement thermique et la dose utilisée (interaction significative). Ainsi, pour les deux premiers tourteaux (n° 42 et n° 41), l'amélioration la plus forte est enregistrée pour la dose la plus faible (1,5 g) de méthionine, les bénéfices obtenus étant respectivement de 54 p. 100 (tourteau n° 42) et de 36 p. 100 (tourteau n° 41) ; la dose de 3 g/kg ne provoque qu'une amélioration moins sensible de la valeur nutritive de ces deux tourteaux. Pour le tourteau n° 43, c'est la dose la plus forte qui se révèle la plus favorable, l'amélioration de la vitesse de croissance étant de 38 p. 100 ; la dose de 1,5 g de méthionine par kg de régime ne donne pas à ce tourteau une valeur nutritive supérieure à celle des tourteaux 41 et 42 non supplémentés. Quant au tourteau n° 44, il n'est pas valorisé par l'adjonction de méthionine.

Ces variations de la vitesse de croissance sont généralement liées à des variations de même sens, mais d'amplitude plus ou moins forte, de la consommation journalière.

Expérience IB

Le tableau 7 donne les résultats de cette expérience.

L'addition de lysine et de thréonine ne se traduit pas par les mêmes résultats quand il s'agit du tourteau n° 42 ou du n° 44.

TABLEAU 5

Expérience I A : résultats moyens (7 animaux par lot) ;
poids moyen initial : 48,6 g ; durée : 28 jours

Critère	Méthionine suppl. (g/kg)	Tourteau				s _x ⁽³⁾
		N° 41	N° 42	N° 43	N° 44	
Gain moyen quotidien (g/j)	0	2,41	2,48	1,91	0,90	0,21
	1,5	3,28	3,84	2,47	0,97	
	3	2,45	3,56	2,65	0,82	
Consommation de matière sèche (g)	0	292	293	284	207	14,9
	1,5	336	349	294	206	
	3,0	269	326	308	205	
Indice de consommation (IC) ⁽¹⁾	0	4,36	4,24	5,39	8,73	0,46
	1,5	3,86	3,26	4,33	7,91	
	3	4,35	3,30	4,19	9,36	
Coefficient d'efficacité protidique (CEP) ⁽²⁾	0	2,03	2,07	1,66	1,07	0,11
	1,5	2,28	2,60	2,00	1,17	
	3	2,09	2,68	2,12	0,98	

⁽¹⁾ IC = $\frac{\text{Consommation de matière sèche (g)}}{\text{gain de poids (g)}}$

⁽²⁾ CEP = $\frac{\text{Gain de poids (g)}}{\text{Consommation de matières azotées N} \times 6,25 \text{ (g)}}$

⁽³⁾ s_x = écart type de la moyenne, rapportée à titre indicatif.

TABLEAU 6

Expérience I A : résultats moyens : (7 animaux par lot) ;
poids moyen initial : 48,6 ; durée : 28 jours

Lots	U	D	T	Q	S _x
Coefficient d'utilisation pratique de l'azote (CUPN) ⁽¹⁾	33,22	33,83	26,83	16,77	1,76
<i>Composition corporelle</i>					
Eau (%)	65,7	66,8	65,9	66,6	
Cendres (%)	3,3	3,3	3,5	4,0	
Protéines (%)	17,7	17,7	17,7	17,9	
Lipides (%)	13,3	12,2	12,9	11,5	

⁽¹⁾ CUPN = $\frac{\text{N retenu}}{\text{N ingéré}} \times 100$

Ainsi, en ce qui concerne le tourteau n° 42, dont la valeur nutritive est élevée lorsqu'il est supplémenté de méthionine, l'addition supplémentaire de lysine se traduit par un effet dépressif sur la consommation et le gain de poids ; l'addition simultanée de lysine et de thréonine provoque au contraire une élévation de ces deux critères. Aucune des différences enregistrées n'est significative, sauf toutefois en ce qui concerne l'indice de consommation (et le C E P) des deux extrêmes (DL et DT)

TABLEAU 7

*Expérience I B : résultats moyens (7 animaux par lot) ;
poids initial : 70,5 ; durée : 28 jours*

Lots	DM	DL	DT	QM	QL	QT	\bar{s}_x
Tourteau n°	42	42	42	44	44	44	
DL méthionine supplémentaire (2 g/kg)	+	+	+	+	+	+	
L lysine supplémentaire (2 g/kg)		+	+		+	+	
L thréonine supplémentaire (1g/kg) ..			+			+	
Gain moyen quotidien (g)	3,78	3,19	4,24	0,73	2,05	2,90	0,29
Consommation de MS (g)	367,4	321,4	360,3	229,1	284,8	323,6	27,1
Indice de consommation (1).....	3,36	3,69	3,08	12,27	5,26	4,00	**
Coefficient d'efficacité protidique (1) ..	2,40	2,21	2,75	0,73	1,64	2,14	**

(1) Cf. tableau 5.

** \bar{s}_x non précisé en raison de l'hétérogénéité de l'erreur selon le tourteau envisagé.

Par contre, alors que la méthionine ajoutée n'avait pas eu d'effet bénéfique sur le tourteau n° 44, l'addition simultanée de lysine et de méthionine provoque une amélioration hautement significative des performances des animaux. Une nouvelle action positive, qui n'est significative que pour l'indice de consommation et pour le coefficient d'efficacité protidique, résulte de l'addition de thréonine à ce tourteau supplémenté par le mélange thréonine + lysine.

Expérience II

Ainsi que le montrent les données du tableau 8, la nature du traitement thermique subi par le tourteau influence significativement la réponse des animaux pour l'ensemble des critères observés.

Lorsqu'il n'y a pas d'addition de méthionine, la valeur alimentaire des tourteaux décroît lorsque augmentent la température et/ou la durée du traitement thermique. Seuls, les deux derniers traitements, dans lesquels est utilisée une température de 130°, provoquent une diminution sensible de la vitesse de croissance, oscillant entre 30 p. 100 par rapport au meilleur lot lorsque cette température n'est utilisée que pendant 10 minutes, et 50 p. 100 lorsqu'elle est utilisée 40 minutes. Il n'existe aucune variation sensible de la valeur nutritive du tourteau soumis aux trois premiers traitements dans lesquels sont utilisées des températures variant entre 100 et 110°. Le tourteau soumis à une température de 120° se situe en position intermédiaire par

rapport à ces deux groupes extrêmes, mais la différence enregistrée par rapport aux traitements les meilleurs n'est pas significative.

L'addition de méthionine se révèle favorable pour l'ensemble des traitements, mais il existe une interaction significative du fait que l'amélioration de la vitesse de croissance autorisée par cette addition est plus importante pour les meilleurs tourteaux (50 p. 100 en moyenne) que pour le plus mauvais (24 p. 100).

TABLÉAU 8

*Expérience II : résultats moyens (8 animaux par lot) ;
poids initial : 83,3 g ; durée : 28 jours*

Critère	DL-méthionine suppl. (g/kg)	Tourteau n°						s \bar{x}
		51	52	53	54	55	56	
Gain de poids journalier (g)	0	3,19	3,09	3,00	2,67	2,23	1,54	0,19
	2	4,90	4,39	4,65	4,87	3,78	1,91	
Consommation de MS (g)	0	357	359	353	342	327	306	10,8
	2	395	374	400	407	391	316	
Indice de consommation	0	4,06	4,20	4,31	4,64	5,50	7,26	0,23
	2	2,90	3,05	3,10	3,02	3,69	6,01	
Coefficient d'efficacité protidique	0	2,10	2,05	1,99	1,88	1,65	1,21	0,08
	2	2,96	2,84	2,84	2,85	2,27	1,45	

Il faut remarquer que la dégradation de la vitesse de croissance est plus rapide que la diminution de consommation qui ne varie que très peu pour les 4 premiers tourteaux non supplémentés ou pour les 5 premiers lorsqu'ils sont supplémentés. La diminution de consommation est surtout nette pour le dernier tourteau (sans ou avec méthionine).

DISCUSSION

Afin de pouvoir tirer des conclusions de l'ensemble de ces expériences, il faut tout d'abord vérifier si les résultats obtenus sont reproductibles d'une expérience à l'autre. Or, deux traitements ont été éprouvés lors des expériences IA et II : il s'agit du traitement à 110° pendant 20 minutes (tourteaux 41 et 52) et du traitement à 120° pendant 20 minutes (tourteaux 42 et 54). Si l'on fait abstraction du fait que les animaux de l'expérience II présentent un poids initial plus élevé, ce qui a retenti sur la vitesse de croissance, il n'existe que peu de différence entre les résultats des deux expériences, les deux tourteaux se révélant de valeur nutritive sensiblement égale. À noter toutefois que le tourteau 54 paraît moins bon que le tourteau 42 qui a cependant subi le même traitement. Deux explications peuvent être fournies à cette différence. Il est possible que, malgré les précautions prises dans ce sens, le traitement

thermique n'ait pas été exactement le même d'une année sur l'autre. Il est également possible que, bien qu'identique, le traitement thermique n'ait pas eu la même influence sur les deux tourteaux du fait de leur origine différente, se traduisant peut-être par des caractéristiques physico-chimiques différentes des protéines.

Quoi qu'il en soit, si l'on met en commun les résultats de ces expériences, il ressort que jusqu'à 120°, et pendant une durée de 20 minutes, la valeur alimentaire du tourteau de soja n'est pas sensiblement diminuée par la nature du traitement thermique. Ce n'est qu'à partir de 130° que le tourteau subit une altération nette, même si cette température n'est appliquée que durant une courte période.

Par quel mécanisme agit le traitement thermique ? Il ressort de l'ensemble des expériences que la supplémentation par divers acides aminés de synthèse a un effet variable sur la valeur alimentaire du tourteau selon le traitement thermique qui lui a été appliqué. On peut en déduire que la chaleur agit sur la disponibilité ou la teneur en certains acides aminés.

Si l'on considère tout d'abord le cas de la méthionine, elle valorise, par son addition à faible dose, le tourteau ayant subi des températures inférieures ou égales à 120° : ce fait confirme que, pour le Rat blanc en croissance, le facteur limitant des protéines de soja est constitué par les acides aminés soufrés (MITCHELL et SMUTS, 1932).

En ce qui concerne les tourteaux ayant subi des températures plus élevées et plus précisément ayant présenté une diminution de leur valeur alimentaire, l'addition de méthionine ne leur procure pas une valeur alimentaire égale à celle des tourteaux ayant subi un traitement moins fort. Ceci est particulièrement vrai pour le tourteau ayant subi une température de 140° et sur la valeur alimentaire duquel l'addition de méthionine est pratiquement inopérante. On peut en déduire que d'autres acides aminés ont été touchés, et ceci est confirmé par les résultats de l'expérience IB, d'après lesquels il est évident que la lysine est devenue le facteur limitant du tourteau surchauffé ; en outre, l'addition de lysine et de thréonine, plus que la simple addition de lysine, valorise le tourteau traité à 140° et supplémente de méthionine. Les performances atteintes dans ces conditions par les animaux sont néanmoins loin de rejoindre celles permises par l'administration d'un tourteau ayant subi un traitement thermique ménagé et dont le déficit en acides aminés soufrés a été comblé. Il est donc probable que d'autres acides aminés que la méthionine, la lysine et la thréonine ont été touchés par ce type de traitement. Il serait évidemment intéressant de savoir de quelle nature est la modification subie par ces acides aminés. S'agit-il d'une destruction ou plus simplement d'une réaction, du type de celle caractérisée par MAILLARD, rendant indisponibles ces acides aminés pour l'organisme animal ? Les expériences exposées dans le présent article ne permettent pas de le préciser.

L'addition d'une dose forte de méthionine se révèle néfaste pour les tourteaux ayant subi un traitement thermique ménagé (température inférieure ou égale à 120°). Les performances permises de cette façon sont inférieures à celles autorisées par l'addition d'une dose plus faible. Il s'agit là d'un phénomène maintenant classique de déséquilibre par excès (JACQUOT, 1952 ; HARPER, 1964). Il est à remarquer que ce phénomène ne se retrouve plus pour un tourteau ayant subi un traitement thermique plus intense (température égale à 130°). Cela peut s'interpréter comme étant lié à un déficit accru de méthionine vis-à-vis des besoins, ce qui supposerait que les acides aminés soufrés et notamment la cystine, avant les autres acides aminés, seraient

sensibles à la chaleur. Par contre, ce phénomène n'est pas retrouvé chez le tourteau traité à la température de 140°, et serait masqué par la disparition brutale d'efficacité biologique de la lysine présente dans le tourteau entre les températures de 130° et 140°. On pourrait ainsi supposer que la température où commence la disparition d'efficacité biologique, ainsi que le taux de disparition de cette efficacité biologique ne seraient pas les mêmes pour la lysine et la cystine.

En conclusion, il ressort de ces expériences qu'au-delà de la température de 120°C, les traitements thermiques ont une action défavorable sur la valeur nutritive du tourteau de soja, quelle que soit la durée pendant laquelle ce traitement est appliqué. La diminution de la valeur nutritive des protéines de soja est d'autant plus grande que la température utilisée et sa durée d'application sont plus élevées. Comme cela est connu, les protéines de soja ayant subi un chauffage modéré sont déficientes en amino acides soufrés et leur valeur nutritive est améliorée par l'apport de faibles quantités (1,5 g/kg) de méthionine. Cette addition se révèle d'autant moins efficace que la température subie par le tourteau est plus élevée. Il faut alors une polysupplémentation par divers acides aminés (lysine, méthionine, thréonine) pour rendre au tourteau une partie de sa valeur nutritive. On peut donc penser que la surchauffe du tourteau provoque la destruction de certains de ses acides aminés constitutifs ou les rend indisponibles : il s'agit plus particulièrement de la lysine qui devient ainsi le facteur limitant des protéines du soja surcuit.

Reçu pour publication en décembre 1970.

SUMMARY

HEAT TREATMENT AND QUALITY OF SOYBEAN PROTEIN. IV. — EFFECT OF THE HEAT TREATMENT AND AMINO ACID SUPPLEMENTATION OF SOYBEAN OIL MEAL UPON THE GROWTH AND NITROGEN RETENTION IN THE RAT

Two series of experiments were carried out to study the effect of heat treatments upon the nutritional value of the proteins of soybean oil meal. The trials were performed with rats receiving mixed diets *ad libitum* containing 10 p. 100 protein from a soybean oil meal with or without supplement of amino acids.

1. In 1964, we studied 4 oil meals of the same origine, but toasted during 20 mn at 110°C (n° 41), 120°C (n° 42), 130°C (n° 43), and 140°C (n° 44).

Out of all the criteria studied (growth, feed efficiency, nitrogen retention), oil meal n° 42 appeared to be the best, closely followed by oil meal n° 41; the performances obtained with n° 43 were not so high (significant difference) and the value of the fourth oil meal was very poor.

The feeding value of oil meals n° 42 and 43 definitely improved when DL-methionine was added at a rate of 0,15 or 0,30 p. 100 of the diet (no significant difference between the two rates).

— The addition of L-lysine (0,2 p. 100 of the diet) or a mixture of L-lysine (0,2 p. 100) and L-threonine (0,1 p. 100) to oil meals 42 and 44 already supplemented by DL-methionine (0,2 p. 100) had no significant effect upon number 42, whereas the performances were improved in the case of number 44 (toasted at 140°C). This confirms an important destruction of lysine which becomes the first limiting amino acid of the proteins.

2. In 1965, the comparison was made on 6 soybean oil meals : n° 51, toasted 10 mn at 100°C, 52 (110°C, 20 mn), 53 (110°C, 40 mn), 54 (120°C, 20 mn), 55 (130°C, 10 mn), 56 (130°C, 50 mn). Only oil meal n° 56 revealed a characteristic overtoasting : poor nutritional value and low response to methionine addition. When supplemented with this amino acid, the value of the other oil meal samples showed a significant improvement.

All these trials prove that when the temperature is higher than 120°C, the heat treatment has an unfavourable effect upon the nutritive value of soybean oil meal; this effect is all the more pronounced as temperature and duration of the treatment are high and long.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- HARPER A. E., 1964. In MUNRO H. N. et ALLISON J. B. *Mammalian Protein Metabolism*, **2**, 87-134, Acad. Press ed., New York and London.
- JACQUOT R., 1952. *Premier cours pour la formation de nutritionnistes pour l'Afrique au Sud du Sahara* (OAA-OMS), Marseille, F. A. O. éd.
- JACQUOT R., FERRANDO R., 1957. *Monographies alimentaires. I. Les tourteaux*, Vigot Frères éd., Paris, 116 p.
- MITCHELL H. H., SMUTS D. B., 1932. The amino acid deficiencies of beef, wheat, corn, oats and soybeans for growth in the white rat. *J. Biol. Chem.*, **95**, 263-281.
- OSBORNE T. B., MENDEL L. B., 1917. The use of soybean as food. *J. Biol. Chem.*, **32**, 369-376.
- RÉRAT A., FÉVRIER C., HENRY A., LOUGNON J., 1964. Évolution de la composition corporelle chez le Rat blanc en croissance. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **4**, 37-47.
- SNEDECOR G. W., 1956. *Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology*. 5^e éd. 534 p. The Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa.
- ZELTER S.-Z., DELORT-LAVAL J., 1971. Traitement thermique et qualité des protéines du soja. II. *Ann. Zootech.*, **20**, 17-29.
-