

# VALIDITÉ DE QUELQUES TESTS BIOCHIMIQUES POUR L'ESTIMATION DE LA QUALITÉ DES PROTÉINES DE TOURTEAUX DE SOJA

J. DELORT-LAVAL

*Laboratoire de Recherches sur la Conservation et l'Efficacité des Aliments,  
16, rue Claude-Bernard, Paris V<sup>e</sup>.*

En raison de sa teneur en acides aminés essentiels, le tourteau de soja offre un intérêt nutritionnel incontestable. Mais à l'encontre d'autres tourteaux, il n'acquiert sa pleine efficacité biologique qu'après un traitement thermique approprié.

La graine de soja contient en effet, outre l'uréase, un certain nombre de facteurs antinutritionnels (hémagglutinine, substances goitrogènes, facteur antitrypsique...) qui possèdent une caractéristique commune : ils sont thermolabiles à divers degrés. Un traitement thermique adéquat de la graine les inactive ou les détruit et permet d'obtenir un produit de haute qualité. Mais des températures ou des durées de chauffage excessives sont préjudiciables aux protéines; elles favorisent des réactions entre les acides aminés et d'autres substances (glucides plus spécialement) donnant naissance à des complexes irréversibles résistant à l'action des enzymes protéolytiques. Ces réactions affectent le taux de disponibilité des acides aminés essentiels, comme la lysine et la cystine et l'efficacité nutritionnelle du produit final.

Le traitement thermique n'est donc correct que s'il inactive totalement les antienzymes présentes dans la graine de soja, sans dénaturation des protéines elles-mêmes.

Pour l'utilisateur de tourteau de soja, la connaissance rapide de la qualité du produit final est une préoccupation majeure.

Les épreuves classiques d'activité uréasique et de solubilité de la fraction azotée du tourteau dans divers milieux solvants ne sont que des tests de cuisson insuffisante. Leur signification est donc limitée; aucune d'elles ne permet un diagnostic de surchauffage. La solubilité de la fraction azotée en présence d'enzymes protéolytiques nous a paru devoir apporter des indications plus satisfaisantes sur le degré de cuisson des tourteaux de soja; des travaux préliminaires (DELORT-LAVAL et ZELTER, 1960) semblent être en faveur de cette hypothèse.

Nous avons donc cherché à préciser les conditions opératoires de ces épreuves afin de mieux accorder les données obtenues avec les résultats de digestibilité et de valeur biologique déterminés sur le porc.

Pour effectuer ces recherches, nous avons fabriqué en usine, six échantillons de tourteaux (A, B, C, D, E, F) à partir d'un même lot de graine de soja, selon le schéma technologique décrit dans le tableau 1 et dont les variables sont :

- température de chauffe;
- durée de chauffe et vitesse de rotation de la presse;
- mode de délipidation.

TABLEAU 1  
*Schéma des traitements technologiques appliqués à un lot de graines de soja  
 pour la fabrication de 6 échantillons expérimentaux de tourteau.*

Tourteau	mg %	Préparation de la graine	Préchauffage		Chauffage		Passage à la presse Anderson (sec.)	Extraction aux solvants	Élimination des solvants
			Durée (min.)	Temp. (°C)	Durée (min.)	Temp. (°C)			
Expeller A B C D E	5-6	Broyage	90	105-110	45	113-123	30	—	—
	5-6	id.	90	105-110	75	113-123	50	—	—
	5-6	id.	90	95	45	100-110	30	—	—
	5-6	id.	90	95	75	100-110	50	—	—
	< 1	id.	90	95	45	100-110	30	+	en atmosphère sèche
Diffusion F	< 1	Mise en flocons	45	80	—	—	—	+	id.

Un tourteau G, issu d'un autre lot de graines, a subi, après extraction aux solvants, une cuisson humide complémentaire.

Les six premiers produits ont été soumis à un certain nombre de tests biochimiques *in vitro* dont les résultats ont été comparés à la valeur biologique mesurée *in vivo* sur le porc, selon la technique de THOMAS-MITCHELL (MITCHELL, 1924).

### TESTS BIOCHIMIQUES

Ces tests concernent la solubilité azotée dans l'eau en l'absence et en présence d'enzymes protéolytiques.

#### a) Solubilité en l'absence d'enzyme protéolytique.

Le taux de solubilité des protéines du soja dépend des conditions d'exécution de la mesure : il varie très rapidement en fonction du pH si celui-ci est inférieur à 7 et n'augmente que faiblement au-dessus de la neutralité (SMITH, 1958).

Pour confirmer le rôle du pH, nous avons soumis 1 g de tourteaux F (cru) ou G (cuit) à un test de solubilité dans l'eau en présence de tampon phosphate durant 8 heures et à 40° C, à des pH variant entre 6 et 9.

Les résultats (figure 1) montrent l'existence, dans cette zone, de corrélations très élevées entre taux de solubilité et pH ( $r = 0,971 \pm 0,015$  pour le tourteau cru F et  $r = 0,950 \pm 0,027$  pour le tourteau cuit G). Une mesure faite entre pH 6 et pH 9 permet une distinction correcte entre un tourteau cuit et un tourteau insuffisamment cuit; cependant

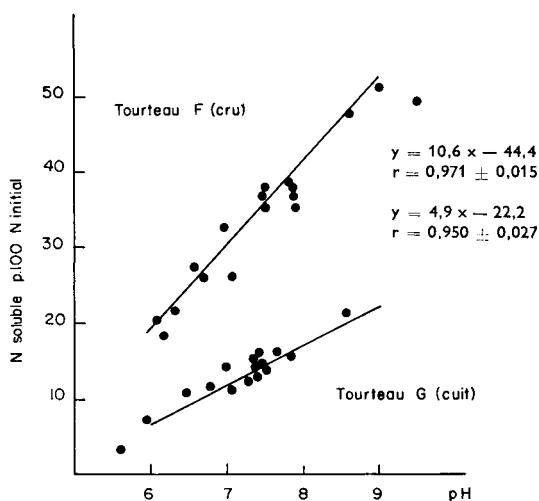


Figure 1.

Variation, en fonction du pH final, de la solubilité azotée de deux tourteaux de soja (cru et cuit).

l'exécution du test en milieu tampon proche de la neutralité serait préférable pour la comparaison d'une série de fabrications et limiterait l'interférence possible du substrat. Le maintien d'un pH constant est nécessaire en outre, pour la précision et la reproductibilité de la mesure.

b) *Solubilité en présence d'enzymes protéolytiques.*

Un travail antérieur (DELORT-LAVAL et ZELTER, 1960), a montré que deux tourteaux cru et cuit ne peuvent être distingués par l'épreuve enzymatique à la pepsine chlorhydrique; par contre, le test trypsique rend une telle discrimination possible, aussi bien par la mesure de la solubilité azotée globale que par celle de l'azote  $\alpha$ -aminé libéré au cours de l'hydrolyse enzymatique. Nous avons approfondi cette recherche pour préciser les conditions d'exécution du test et en accroître la sensibilité.

La méthode utilisée est la même que celle de la solubilité dans le tampon phosphate à pH 7,5, mais en présence de 5 mg de trypsine. A partir de ce schéma initial, nous avons fait varier d'une part, le pH de l'épreuve entre 6 et 9 et d'autre part, la dose de trypsine entre 0,5 et 100 mg.

Nos mesures font ressortir que, pour distinguer deux tourteaux soumis à des traitements thermiques différents, le critère de solubilité azotée globale en présence de trypsine est généralement insuffisamment sensible, les écarts étant difficiles à interpréter (tabl. 2). Par contre, le taux de solubilité corrigé obtenu par différence entre les taux de solubilité azotée globale en présence et en l'absence de trypsine, permet une distinction bien plus nette (fig. 2 et tabl. 2).

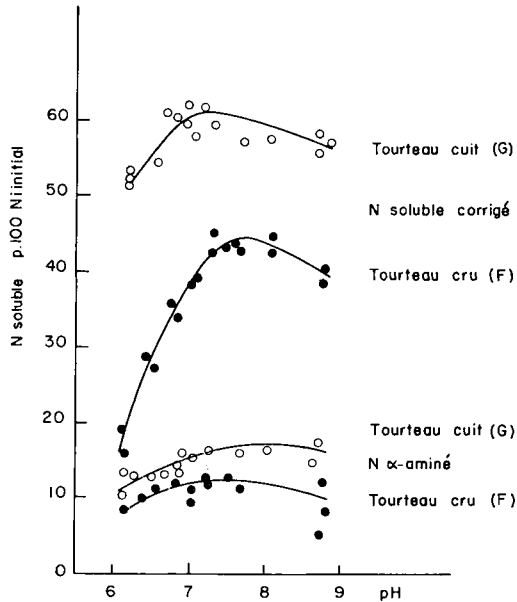


Figure 2.

Variation, en fonction du pH final, des taux d'azote soluble corrigé et d'azote  $\alpha$ -aminé libéré en présence de trypsine pour deux tourteaux de soja (cru et cuit).

Les taux d'azote  $\alpha$ -aminé libéré, rapporté à l'azote initial, s'accordent avec les tests de solubilité trypsique corrigée et confirment leur signification (tabl. 2).

L'examen des courbes de solubilité trypsique corrigée en fonction du pH montre que, dans nos conditions expérimentales, le pH optimum de l'épreuve trypsique se situe entre 7 et 8 (fig. 2).

L'influence de la dose de trypsine est considérable (tabl. 2). Il est possible, pour chaque concentration, de mettre en évidence une différence entre les deux tourteaux; mais l'ampleur de l'écart devient surtout appréciable et se stabilise à partir d'une dose de 10 à 20 mg. La connaissance précise du pouvoir trypsique ne paraît pas indispensable pour comparer entre eux deux ou plusieurs échantillons de tourteaux.

TABLEAU 2

*Influence de la quantité de trypsine sur les taux d'azote soluble et de libération d'azote α-aminé de tourteaux de soja cuit (G) et non cuit (F).*

Quantité de trypsine (mg)	N soluble p. 100		N initial		N α-aminé p. 100		N initial	
	T. non cuit F	T. cuit G	T. non cuit F	T. cuit G	T. non cuit F	T. cuit G	T. non cuit F	T. cuit G
0	35,0	14,6	0	0	—	—	—	—
0,5	50,6	15,2	15,6	—	7,3	—	8,1	—
1	57,4	41,3	22,4	26,7	8,4	26,7	11,0	26,7
2,5	64,6	52,8	29,6	38,2	9,3	38,2	11,2	38,2
5	74,5	70,3	39,9	55,7	12,2	55,7	16,3	55,7
10	79,4	80,0	44,4	65,4	14,0	65,4	18,8	65,4
20	84,8	87,8	49,8	73,2	14,1	73,2	26,6	73,2
50	87,5	89,7	52,5	75,1	18,1	75,1	36,5	75,1
100	89,3	92,3	54,3	77,1	27,5	77,1	44,7	77,1

DISCUSSION

*Validité des épreuves in vitro.*

Nous avons condensé dans le tableau 3, les résultats de l'expérience sur porcs et les valeurs obtenues à l'aide de divers tests biochimiques (activité uréasique (DELORT-LAVAL

TABLEAU 3

*Comparaisons des résultats moyens obtenus sur 6 porcs par la méthode des bilans avec divers tests biochimiques.*

		A	B	C	D	E	F
<i>a) Tests in vivo</i>							
Digestibilité apparente.....		84,4	84,6	79,0	79,1	78,4	73,3
Digestibilité réelle.....		91,0	91,6	86,5	86,5	85,2	80,1
Valeur biologique.....		70,2	69,2	70,1	72,4	70,6	71,1
Utilisation protéique nette.....		63,9	63,4	60,6	62,6	60,2	57,0
<i>b) Tests in vitro</i>							
Potentiel uréasique.....		1	1	5	5	3	9
Test de Frölich.....		4,2	4,2	3,7	3,5	3,7	3,2
Solubilité azotée	Eau { PH 6,5.....	9,4	9,8	17,9	19,0	13,2	21,7
	{ PH 7,5.....	13,9	15,8	28,8	27,1	17,9	36,0
	Pepsine { 8 h.....	79,9	80,5	80,7	80,7	79,3	77,1
	{ 48 h.....	87,7	90,9	89,1	89,4	91,9	89,0
	Trypsine { non corrigée.....	83,8	78,6	86,9	84,4	67,8	75,2
	{ 8 h. corrigée.....	69,9	62,8	58,1	57,3	49,9	39,2
Nz - aminé (Trypsine).....		9,6	8,8	8,0	10,9	6,2	6,4

et ZELTER, 1960), test de FRÖLICH (1954), solubilité pepsique et solubilité trypsique corrigée). La signification des différences observées in vivo entre les tourteaux en fonction du traitement technologique est indiquée dans le tableau 4.

TABLEAU 4  
Influence des traitements technologiques sur les coefficients  
d'utilisation digestive réelle (CUDR)  
et l'utilisation nette (UPN) de l'azote des tourteaux de soja, mesurés sur le porc.

Facteur étudié	Tourteaux comparés	Différences	
		CUDR	UPN
Température du préchauffage.....	AB — CD	4,7**	2,3
Vitesse de rotation de la presse.....	AC — BD	0,1	— 0,5
Mode d'extraction des lipides.....	ABCD — F	8,4**	6,4**
Extraction aux solvants après passage à la presse.....	C — E	1,3	0,3

\*\* Différences hautement significatives ( $P < 0,01$ ).

Le test de FRÖLICH, d'exécution simple et rapide offre une bonne corrélation avec l'intensité du traitement thermique et la digestibilité de l'azote ou l'utilisation protéique nette. Il permettrait de diagnostiquer un chauffage excessif ou insuffisant et aurait de ce fait une plus grande valeur que le test d'activité uréasique.

L'épreuve de solubilité pepsique en milieu HCl, qui revêt une certaine signification dans le cas des farines animales n'offre aucun intérêt pour le tourteau de soja.

Les valeurs de solubilité trypsique corrigée sont plus satisfaisantes. Elles conduisent à classer les échantillons dans l'ordre de leurs coefficients d'utilisation digestive de l'azote in vivo. Dans nos conditions expérimentales, un taux de solubilité trypsique corrigé inférieur à 45 points marque la limite au-dessous de laquelle la cuisson d'un tourteau ne peut être considérée comme satisfaisante.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DELORT-LAVAL J., ZELTER S. Z., 1960. État actuel du problème de la qualité des tourteaux de soja et de son contrôle par des tests chimiques. *Industr. Alim. Anim.*, **110**, 25-33.  
FRÖLICH A., 1954. Reaction between phthalein dyes and heated foods-tuffs. *Nature*, **174**, 879.  
MITCHELL H. H., 1924. A method of determining the biological value of protein. *J. biol. Chem.*, **58**, 873-903.  
SMITH A. K., 1958. *Processed Plant Protein Foodstuffs*, 249-276, Acad. Press., New York.