

INFLUENCE DES TRAITEMENTS TECHNOLOGIQUES SUR L'ACTIVITE IN VITRO  
ET IN VIVO DES FACTEURS ANTINUTRITIONNELS DE 3 LEGUMINEUSES

par M. MANSOURI\*, M. CHAMP\*\* et J.C. DELORT LAVAL\*\*

\* Département de Technologie Alimentaire I.N.A. El-Harrach

\*\* Laboratoire de Technologie des Aliments des Animaux

I.N.R.A. NANTES FRANCE

I. I N T R O D U C T I O N

Par leur richesse en protéines, leur teneur élevée en lysine, les graines de légumineuses sont aptes à jouer un rôle prépondérant en alimentation humaine.

Pour de nombreux pays en voie de développement ces graines constituent une source de protéines disponibles localement et dont les frais de production sont beaucoup moins élevés que ceux visant à l'obtention de sources nouvelles de protéines: culture de microorganismes par exemple.

Cependant, ces graines présentent des inconvénients du point de vue nutritionnel car elles sont riches en facteurs antinutritionnels: les antiprotéases, les hémagglutinines les  $\beta$ -galactosides et l'acide phytique parmi les plus largement répandus dans le règne végétal affectant la santé de l'homme ou des animaux qui les ingèrent.

L'objectif de cette étude est de préciser les modifications apportées par un traitement domestique ou industriel sur les facteurs antinutritionnels et la valeur alimentaire d'une légumineuse (haricot) et de la comparer à deux (2) autres espèces (pois-chiche, lentille) cultivée en Algérie avec un procédé de cuisson (cuisson-extrusion).

## 2. MATERIEL ET METHODE

### 2.1. Graines

Les graines de haricot (*Phaseolus vulgaris*) variété Michelet, de pois-chiche (*Cicer arietinum*) variété Ain Temouchent de lentille, (*Lens esculenta*) variété large blonde du Chili 485, nous ont été fournis par l'Institut de Développement des Grandes Cultures d'Alger.

L'origine des graines de Haricot est Tizi-Ouzou (Grande Kabylie) celle de la lentille et du pois-chiche: Aïn-Temouchent (Oran).

### 2.2. Traitements technologiques

Deux modes de traitement sont comparés: la cuisson en autoclave, précédé d'un trempage et la cuisson par le procédé d'extrusion.

Le premier type de traitement est du type ménager les graines sont trempées durant 4 heures et cuites sous pression durant 15 minutes (E 15, Na 15) à 110°C et trempés durant une nuit et cuits durant 90 minutes (E 90, Na 90) à 110°C. La solution de trempage est pure (E 15, E 90) ou bicarbonatée (Na 15, Na 90).

La cuisson-extrusion qui est un traitement de type industriel est obtenue dans un extrudeur à double vis à la  $\theta^{\circ}$  200°C. Il est appliqué au haricot (H EX) au pois-chiche (PCEX) et à la lentille (L Ex).

### 2.3. Analyses

Les analyses principales (matières sèches, protéines = N x 6,25), la cellulose sont faites par l'utilisation des méthodes usuelles recommandées par BIPEA 1976.

Le contenu en amidon est déterminé par la méthode enzymatique (THIVEND et al., 1965).

Les teneurs en inhibiteurs tryptiques et en hémagglutines sont déterminées selon les méthodes décrites par (VALDEBOUZE et al., 1980).

Les alpha-galactosides sont déterminées par H.P.L.C. (QUEMENER et MERCIER, 1980).

La digestibilité in vitro de l'amidon est obtenue par la méthode de (TOLLIER et GUILBOT, 1971).

#### 2.4. Expérimentation in vivo

##### Animaux

Les expériences sont réalisées sur des poussins "HUBBARD" de sexe mâle de 15 jours, élevés dans des cages individuelles.

##### Régimes expérimentaux

Les poulets (12 par groupe) reçoivent ad libitum l'un des 8 régimes expérimentaux.

Tous les produits sont broyés sur grille de 2 mm puis incorporés à un aliment au taux de 50 %.

Les régimes contiennent par ailleurs 40% de blé dur, un complément minéral et vitaminique commun. Ils sont rééquilibrés à l'aide de caséine lactique, d'amidon de maïs, de méthionine, de thréonine, de tryptophane.

La teneur en protéines et l'énergie métabolisable sont respectivement de 18,5% et 2800 Kcal/kg.

Les aliments sont distribués aux animaux sous forme de granulés.

### Mesure et analyse

La croissance de chaque animal est mesurée pendant 15 jours. L'efficacité protéïque (gain de poids, Quantité de protéïnes ingérées) sont déterminées durant cette période.

Les **excrétats** sont collectés durant 5 jours et analysés après séchage pour déterminer la digestibilité de la matière sèche et de l'amidon.

Afin de déterminer si les différences observées entre les moyennes obtenues pour chaque lot sont statistiquement significatives la méthode de comparaison de plusieurs moyennes par l'analyse des variances est utilisée.

Pour comparer plus particulièrement deux moyennes entre elles, le test (Student-Fisher) est appliqué.

## 3. RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1. Composition des graines crues

La teneur en protéïnes totales des trois graines est voisine de 25% mais la lentille présente la valeur la plus élevée (26,6 %)

La proportion de lipides dans la graine de haricot (1,6%) et de lentille (1,8%) est faible par rapport à celle du pois-chiche (4,7%).

Le taux de cellulose brute des trois graines se situe autour d'une valeur moyenne de 4,8%.

Les graines renferment 45 à 48% d'amidon. La proportion d'éléments minéraux se situe autour de 3,6%. Le phosphore est en quantité relativement importante dans les trois graines (0,51 %).

Les trois légumineuses ont une composition similaire en acides aminés. Elles sont déficientes en acides aminés sulfurés.

Si les acides aminés essentiels sont exprimés en pourcentage de leur somme et comparés aux besoins du poulet (0-4 semaines), les graines couvrent les besoins en lysine mais sont très carencées en tryptophane et valine. De plus, dans le cas du pois-chiche la thréonine est un facteur limitant.

Le Haricot est des 3 graines étudiées, la plus riche en inhibiteurs de la trypsine (18,1 TUI/mg de matière sèche) et en acide phytique (436mg/100g matière sèche) en hémagglutinines (3200-6400 UH/mg matière sèche).

Son contenu en alpha-galactosides est plus faible que celui de la lentille. Cette dernière est la moins riche en facteurs antitrypsiques bien que le pois-chiche ait la plus faible teneur en lectines, alpha-galactosides et acide phytique.

Parmi les 3 principaux alpha-galactosides, le stachyose est le plus important et la concentration en verbascose de la lentille est supérieure à 1%.

### 3.2. Influence des traitements sur la composition et les caractéristiques des graines

Les teneurs en protéines ne semblent pas être affectées par les traitements.

Par contre, certains acides aminés (cystine, thréonine et lysine) sont détruits par la chaleur.

La méthionine n'est pas très sensible aux traitements thermiques. Ces observations sont confirmées par ZELTER (1971).

Tous les traitements qui ont été appliqués éliminent une faible fraction des apha-galactosides.

La cuisson-extrusion est aussi efficace que le traitement par cuisson sous pression (90 mm).

Les facteurs antitrypsiques sont complètement détruits par le procédé de cuisson extrusion et par un traitement de cuisson sous pression pendant 90 mm à (110°C).

Après 15 minutes de cuisson sous pression, il subsiste 2% de l'activité initiale.

Les Hémagglutinines semblent être plus résistantes que les facteurs antitrypsiques car, il y a encore une faible activité hémagglutinante dans le haricot cuit sous pression pendant 90mn.

La Thermosensibilité des facteurs antitrypsiques et des lectines est aussi bien démontrée par plusieurs auteurs MELCION et VALDEBOUZE, 1977; BERTRAND et al., 1982).

Ils ont également montré que la cuisson-extrusion est un traitement efficace pour éliminer ces deux facteurs anti-nutritionnels.

Les facteurs antitrypsiques sont sensibles à des températures de 80 - 90°C. La plus faible thermosensibilité des lectines est confirmée par les observations de JAFFE (1980).

Cet auteur a également montré que les lectines du haricot qui sont les plus toxiques sont aussi les plus résistantes.

Les tests d'alpha-amylolyse in vitro effectués sur les aliments mettent en évidence une légère augmentation de la digestibilité des amidons de légumineuses sous l'effet de l'agglomération.

Les proportions d'amidon facilement hydrolysables sont respectivement 69,0; 63,6 et 58,0 pour la lentille, le haricot et le pois-chiche (aliments à base de graines extrudés), ces proportions sont faibles étant donné l'intensité du traitement appliqué (FH dans les autres régimes = 55%).

Ce phénomène peut s'expliquer par le fait que les aliments subissent un traitement de granulation qui détruit vraisemblablement la structure aérée des produits extrudés diminuant ainsi l'accessibilité à l'alpha-amylase.

La valeur observée pour le haricot cru est par contre élevée FH = 51,2%. Deux hypothèses pourraient expliquer cette observation: Il y a eu échauffement à la granulation et / ou un écrasement des grains d'amidon dû à la pression exercée qui a pour conséquence d'augmenter l'accessibilité des farines de légumineuses aux enzymes. La première hypothèse est d'autant plus plausible que l'on observe parallèlement une baisse de l'activité hémagglutinante après granulation: elle passe de 3200 - 6400 UH/mg pour le haricot cru à 800 UH/mg dans l'aliment à base de haricot cru granulé.

### 3.3. Expérience in vivo

Durant l'expérience de croissance, les aliments les mieux consommés ont été les aliments à base de graines extrudées, le moins consommé est le régime à base de haricot.

Les meilleurs gains de poids sont obtenus avec les régimes LEX et PCEX puis HEX, H90.

Le taux de croissance est nul avec le régime haricot cru, bas avec HE 15. L'efficacité alimentaire de ces 2 régimes est inférieure à 0,3 alors qu'elle atteint 0,510 et 0,537 pour respectivement LEX et PCEX.

La digestibilité de la matière sèche des différents régimes se situe entre 54 et 80%, la plus forte est obtenue pour pois-chiche et lentille (80 et 77%), la plus basse pour HE 15 (56%).

L'amélioration par des traitements technologiques de la valeur nutritionnelle de certaines légumineuses a déjà été mise en évidence par de nombreux auteurs (TOULLEC et coll., 1980). Si l'on exclu le régime "haricot cru" du calcul l'efficacité alimentaire est très bien corrélée ( $r^2 = 0,99$ ) à la digestibilité de la matière sèche. Il semble que l'utilisation métabolique de la matière sèche est importante.

Le poids du pancréas exprimé en fonction du poids corporel du poulet, le plus élevé est observé pour les régimes H cru, HE 15 par rapport à HE 90 et les régimes à base de graines extrudées.

Le poids moyen du pancréas pour LEX (0,244g/100g poids corporel) est légèrement plus faible que PCEX (0,272 et HEX (0,298).

Dans tous les lots, le pH caecal est inférieur 6,3. Les pH les plus acides sont observés pour les 2 régimes à base de PCEX et LEX.

Il n'y a pas de corrélation entre l'intensité de la cuisson et le pH caecal pour les différents régimes à base de haricot.

Avec un régime standard, le pH des contenus caeaux du poulet est voisin de la neutralité  $\text{pH } 6,9 \pm 0,2$  donc supérieur à celui que nous avons obtenu dans tous les cas.

La valeur du pH caecal est liée en grande partie au mode de fermentation des glucides indigestibles dans l'intestin grêle donc vraisemblablement aux glucides pariétaux et / ou à la



présence d'alpha-galactosides dans les caeca des poulets ayant consommé des légumineuses.

Le poids des caeca des poulets ayant ingéré des haricots crus est en moyenne plus de trois fois supérieur à celui des animaux ayant consommés des haricots EX ou E 90 mn.

GEERVANI et THEOPHILUS (1981) observent également chez les rats des pH caecaux plus acides avec des légumineuses qu'avec un régime synthétique mais ne peuvent pas non plus expliquer ce phénomène.

Nous n'avons jamais eu au cours des expériences in-vivo de problème de flatulence comme il s'en produit fréquemment chez de nombreuses espèces monogastriques après ingestion de légumineuses. Ceci peut s'expliquer par la faible durée du transit total qui empêcherait chez cette espèce de type de fermentation dans la partie distale du tube digestif.

### C O N C L U S I O N

Les 3 graines de légumineuse : Haricot, pois-chiche et lentille, ont si elles sont correctement traitées une très bonne valeur nutritionnelle pour le poulet. Parmi elles le haricot est à l'état cru, le plus riche en lectine, facteurs antitrypsiques et phytates, la lentille la plus riche en alpha-galactosides.

La comparaison entre traitement montre que les facteurs antitrypsiques sont plus sensibles à la chaleur que les lectines. Un traitement par autoclavage (110°C) d'une durée de 15 mn, élimine 50 p. cent de l'activité hémagglutinante, alors que l'activité antitrypsique disparaît presque totalement.

Les meilleurs efficacités alimentaires sont obtenues pour les régimes à base de PCEX et LEX puis par ordre décroissant d'efficacité alimentaire, ou trouve HEX, HE 90, HE 15 et H cm.

L'hypertrophie du pancréas, réaction de certaines espèces animales (rat, poulet) à la présence de facteurs antitrypsiques est mieux corrélée négativement à l'efficacité alimentaire que la valeur de l'activité antitrypsique déterminée par dosage. Le poids des caeca, ramené au poids corporel est également bien corrélée négativement à l'efficacité alimentaire des régimes mais il n'est pas possible de déterminer quel est de l'amidon ou des alpha-galactosides Le principe responsable de cet effet.

Les graines de Haricots crues ou cuites incorporées à un régime au taux de 50 p. cent, provoquent des diarrhées chez les poulets, celles de pois-chiche et lentille testées comparative-ment n'entraînent pas ces troubles.

CHAMP et al. (1985) ont montré qu'une fraction des glucides pariétaux du Haricot est responsable de cet état diarrhéique.

Les traitements d'autoclavage précédés de trempage avaient pour but de simuler une cuisson classique de type ménager. Un simple trempage même prolongé (1 nuit) dans l'eau pure est efficace pour éliminer la majeure partie des alpha-galactosides.

Une cuisson sous pression dans l'eau et non à la vapeur aurait vraisemblablement permis leur élimination en partie ou en totalité.

Tableau N° 1: COMPOSITION DES REGIMES EXPERIMENTAUX

REGIME	H <sup>1</sup> cru	HE15	HE90	HNA 15	HNA90	HEX	PCEX	LEX
% légumineuse					50,0			
Blé					40,0			
CMV					0,20			
Amidon de maïs	3.39	4.00	3.11	3.50	3.11	3.50	3.55	6.25
Caséine	3.00	2.50	3.40	3.00	3.40	3.00	3.00	0.13
Threonine							0.09	0.06
Tryptophane							0.01	0.01
Chlorure de sodium								
Phosphate bicalcique			1.75				1.93	1.65
Carbonate de calcium			0.80				0.54	0.88
Méthionine	0.41	0.40	0.35	0.40	0.39	0.40	0.33	0.47

Tableau N° 2: COMPOSITION DES LEGUMES SECS ETUDIES

(en p.cent de la matière sèche)

	HARICOT	POIS-CHICHE	LENTILLE
Matière sèche	90.4	90.0	88.5
Lipide	1.6	4.7	1.8
Protéine (N x 6,25)	24.2	25.1	26.6
Cendres	4.6	3.1	3.3
Amidon	48.3	46.8	44.9
Cellulose	4.7	4.4	5.4
Eléments minéraux			
Ca	0.06	0.13	0.08
Mg	0.11	0.11	0.11
P	0.52	0.45	0.56
Fe	0.011	0.004	0.011

Tableau N° 3: TENEUR EN FACTEURS ANTINUTRITIONNELS DU HARICOT,  
POIS-CHICHE ET LENTILLE

Facteurs antinutritionnels	HARICOT	POIS-CHICHE	LENTILLE
Facteurs antitrypsiques (TUI/mg M x s)	18.1	12.0	7.8
Lectines (UH/mg M S)	3200-6400	200	400-800
- Galactosides	3.9	2.6	4.6
Raffinose	0.2	0.6	0.2
Stachyose	3.5	2.0	3.1
Verbascose (9/100 g M S)	0.2	-	1.3
Acide Phytique (mg/100 g m S)	235.5	291.6	420.2

Tableau N° 4 : TENEUR ALPHA-GALACTOSIDES DES GRAINES TRAITÉES

	SACCHAROSE	RAFFINOSE	STACHYOSE	VARBASCOSE
H cru	ND (1)	0.2	3.5	0.2
HE 15	ND (1)	0.2	3.1	0.2
HNa 15	ND (1)	0.2	3.3	-
HE 90	-	0.3	2.4	-
H Na 90	2.1	0.2	2.3	-
HEX	3.0	0.2	2.5	-
PC cm	3.2	0.6	2.0	-
PC EX	2.4	0.4	1.9	-
L cru	2.0	0.2	3.1	1.3
LEX	1.4	0.2	2.1	0.9