

Effets du floconnage et de l'extrusion sur la valeur alimentaire du pois protéagineux, pour le porc charcutier

L. Marlier, M. Focant, B. Allart et M. Vanbelle

avec la collaboration technique de A. Van Hoecke et M. Foulon

Université Catholique de Louvain, faculté des sciences agronomiques, unité de biochimie de la nutrition, Place Croix du Sud, 3, B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgique

(reçu le 23 mars 1989; accepté le 12 septembre 1989)

Résumé — Le pois protéagineux constitue une source de protéines et d'énergie pouvant entrer massivement dans les rations des animaux domestiques. Il est d'ailleurs de plus en plus utilisé dans les régimes destinés aux porcs. Cependant, l'incorporation de cette légumineuse peut être limitée, dans certains cas, par sa faible teneur en tryptophane, par la digestion relativement lente de son amidon, ou par la présence de facteurs antitryptiques. Deux essais de digestibilité et une expérience d'engraissement ont été menés chez le porc charcutier pour déterminer les effets de traitements hydrothermiques, tels que le floconnage ou l'extrusion, appliqués au pois. Contrairement au floconnage, l'extrusion gélatinise complètement l'amidon, sans altérer la qualité des protéines. 40 % des facteurs antitryptiques sont détruits par le floconnage et 94% par l'extrusion.

Dans les aliments pour porcs à l'engrais, le soja et le manioc peuvent être remplacés par 25% de pois et 10% de colza, sans modification significative de l'indice de consommation. Ni le floconnage, ni l'extrusion du pois ne permettent d'améliorer significativement les performances de croissance. Au contraire, un gain moyen quotidien plus faible a été observé avec le régime à base de pois floconné.

porc — engraissement — pois — floconnage — extrusion

Summary — **Effects of steam-flaking and extrusion on the feeding value of protein-rich peas for growing-fattening pigs.** *Peas appear to be an excellent protein and energy source and can be extensively used in animal feeding, in particular for pigs. However, the incorporation of this legume seed into the diets is sometimes restricted because of its low tryptophan content, the slow digestibility of its starch and the presence of antitryptic factors.*

Two digestibility trials and a fattening experiment were carried out in growing-fattening pigs to determine the effects of heat treatments, such as steam-flaking or extrusion, on peas.

In contrast to steam-flaking, the extrusion fully gelatinized the starch without altering the protein quality. In addition, it destroyed 94% of the antitryptic factors versus 40% on flaking.

In fattening pig diets, soyabean and cassava can be replaced by 25% peas and 10% rapeseed without any significant change in the feed conversion ratio. Neither steam-flaking nor extrusion of the peas improved the feeding value of the diet. Thus, the mean daily gain was lower with the steam-flaked pea diet.

growing pig — pea — steam-flaking — extrusion

INTRODUCTION

Par sa composition chimique, le pois protéagineux se substitue à la fois à du tourteau de soja et à des céréales (Tychon & Vanbelle, 1986). De nombreux travaux, effectués en France ces dernières années, ont montré que l'incorporation de grandes proportions de pois protéagineux (35% et plus) dans les régimes du porc charcutier pouvait engendrer une diminution des performances (Castaing & Leuillet, 1981). Selon Perez et Bourdon (1982), le tryptophane serait le facteur limitant primaire de l'association maïs-pois. Par ailleurs, comme toutes les graines de légumineuses, le pois protéagineux contient de 1,6 à 8,3 unités de facteurs antitrypsiques (FAT) par milligramme de matière sèche (MS), selon la variété (Leterme *et al.*, 1988). Mais l'incorporation de variétés pauvres en FAT (variétés de printemps), à raison de 45% et plus, dans les régimes pour porcs, n'affecte pas la croissance de ceux-ci (Grosjean & Gatel, 1988). De plus, les facteurs antinutritionnels étant thermolabiles, leur élimination par un traitement hydrothermique adéquat peut être envisagée. Ainsi, Grosjean et Castaing (1983) ont montré que l'extrusion, en détruisant la majorité des FAT permet d'améliorer les performances des porcs charcutiers alimentés par un régime contenant environ 30% de pois d'hiver, riche en FAT.

Signalons encore que la vitesse de digestion de l'amidon du pois, riche en amylose, est relativement lente. Or, les traitements hydrothermiques qui entraînent le gonflement des granules, la perte de leur structure cristalline et le passage en solution d'une fraction de l'amylose facilitent l'amylolyse (Darbon, 1988). Ils favoriseraient ainsi la digestion de l'amidon du pois dans l'intestin grêle.

L'objectif de nos essais était de quantifier les effets nutritionnels du floconnage

et de l'extrusion du pois. Ces effets ont été estimés par un essai d'engraissement et 2 expériences de digestibilité, chez le porc charcutier. Tous les lots de pois utilisés étaient des variétés de printemps.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Dans la première expérience de digestibilité, nous avons comparé 1 régime témoin à 2 autres contenant 35% de pois, moulu ou floconné. Des aliments contenant 25% de pois moulu floconné ou extrudé, et 10% de colza ont été testés dans une seconde expérience de digestibilité et dans un essai d'engraissement. Les régimes testés se présentaient sous forme granulée. Leur composition est décrite Tableau I.

Le floconnage réalisé dans les installations de la société coopérative Interagri (Seilles, Belgique), par un appareillage de marque Bühler, a consisté en une cuisson à la vapeur, à pression atmosphérique, d'une durée d'environ 60 min, suivie d'un aplatissage à chaud entre 2 cylindres lisses exerçant une pression de 25 kg/cm².

Le pois extrudé a été fourni par la firme Royal Canin (Cambrai, France). La cuisson-extrusion a été réalisée par un extrudeur bi-vis.

Expériences de digestibilité

Durant leur phase de finition, 6 porcs mâles castrés (Landrace x Pietrain) ont été utilisés dans chacun des 2 essais. Leur poids vif moyen était de 73 kg pour la première expérience et de 70,3 kg pour la seconde. Les animaux ont reçu une alimentation limitée [30 g/(kg poids vif x jour)], distribuée en 2 repas (9 h et 16 h), et ont disposé en permanence d'eau de boisson.

Les expériences ont été menées selon un schéma expérimental en "cross-over" (3 aliments x 3 périodes x 6 porcs). Chaque période était constituée de 10 j d'adaptation et de 5 j de mesures. Pendant ces derniers, un échantillon moyen des différents aliments a été établi. Les matières fécales ont été recueillies quotidiennement.

Tableau I. Composition des régimes (en %).

	Témoïn	Pois				
		35%		25%		
		Cru	Floconné	Cru	Floconné	Extrudé
Orge	30	30	30	30	30	30
Blé	14	—	—	14	14	14
T. soja 48	19	—	—	2	2	2
Pois cru	—	35	—	25	—	—
Pois floconné	—	—	35	—	25	—
Pois extrudé	—	—	—	—	—	25
T. Colza	—	7	7	10	10	10
Manioc (pellets)	12	—	—	—	—	—
Rebulet	9,5	12,5	12,5	3,5	3,5	3,5
Poisson	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Lin	2	2	2	2	2	2
Saindoux	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Min/vitam.	7,75	7,75	7,75	7,75	7,75	7,75
Melasse	4	4	4	4	4	4

ment et stockées en totalité au congélateur à une température de -20°C . Un dixième du volume des urines récoltées une fois par jour a été conservé sous acide sulfurique dilué (10%).

Les coefficients d'utilisation digestive apparente (CUD_a) de la matière sèche, de la matière organique, de l'azote (Kjeldahl), de la cellulose brute ont été calculés. Le dosage de l'azote urinaire a permis d'établir les quantités d'azote retenues. Sur les aliments, nous avons aussi mesuré l'énergie brute, par combustion dans un calorimètre adiabatique, la susceptibilité de l'amidon à être dégradé par la pancréatine, selon la méthode décrite par Osman *et al.* (1970), la digestibilité des protéines par la pepsine, et la teneur en facteurs antitrypsiques, par la méthode de Hamerstrand *et al.* (1981).

Expérience d'engraissement

Quatre vingt seize porcelets (Landrace x Pietrain) pesant entre 20 et 25 kg ont été achetés sur le marché local. Ils ont été répartis en 4 lots homogènes, sur la base du poids vif et du sexe. L'aliment témoin et les 3 régimes contenant 25% de pois ont été attribués de manière aléa-

toire à l'un des 4 lots de porcelets, regroupés par 4/loge. L'aliment distribué au nourrisseur et l'eau de boisson ont été disponibles à volonté. Après 10 j de transition, les porcs ont été pesés individuellement tous les 14 j, pendant 84 j. A chaque pesée, les refus ont été enlevés et pesés. La matière sèche des aliments et des refus a été mesurée à cette occasion. Nous avons calculé la consommation de matière sèche, les gains moyens quotidiens (GMQ) et l'indice de consommation (IC; kg MS alim./kg gain). Les résultats ont été soumis à l'analyse de la variance à 2 critères de classification : l'aliment et le sexe.

RÉSULTATS

Composition chimique (Tableaux II et III)

A partir de l'analyse du Tableau II, on peut affirmer que la composition chimique des régimes étudiés est similaire et conforme

Tableau II. Composition chimique des rations.

	Témoïn	Pois				
		35%		25%		
		Cru	Floconné	Cru	Floconné	Extrudé
MS	89,7	89,6	89,9	89,6	89,5	89,6
En % de la MS						
MO	92,6	93,6	93,8	92,2	93,3	92,9
MAT (6,25)	21	23,9	22,4	20,4	20,5	20,3
Cellulose brute	5,2	6	5,8	5,7	6,8	5,8
Matières grasses	3,6	3,6	3,6	3,9	3,8	3,9
Amidon	56,4	55,7	57,4	57,3	56,9	55,5
Lysine	1,23	1,33	1,33	1,33	1,34	1,36
Méthionine	0,38	0,38	0,38	0,39	0,4	0,4
Cystine	0,43	0,42	0,42	0,43	0,41	0,42
Thréonine	0,53	0,61	0,61	0,58	0,59	0,58
Tryptophane *	0,19	0,18	0,18	0,175	0,175	0,175
Energie brute (kcal/kg)	4102	4266	4288	4086	4099	4101

* Les teneurs en TRP ont été calculées à partir des teneurs des matières premières (Protector, 1980).

aux besoins du porc charcutier. Au Tableau III figure la composition chimique des pois incorporés dans les régimes. Les pois crus et floconnés proviennent d'un même lot de pois de printemps. Le pois extrudé, issu d'un autre lot, est plus riche en matières azotées totales et plus pauvre en cellulose brute et en sucres et amidon. Par ailleurs, on constate que la libération des sucres réducteurs par la pancréatine est 6 fois plus rapide pour le pois extrudé, que pour les pois moulus ou floconnés (254 mg/g MS au lieu de 45 ou 39). Ceci indique bien la nature résistante de l'amidon du pois et l'aptitude de l'extrusion à le gélatiniser. Les facteurs antitrypsiques ont été détruits à raison de 60% par le floconnage et de 94% par l'extrusion.

Digestibilité des régimes (Tableaux IV et V)

Dans la première expérience (Tableau IV), le coefficient d'utilisation digestive apparente de la matière organique est plus faible pour les aliments contenant 35% de pois que pour l'aliment témoin (85 au lieu de 88%; $P < 0,01$). Par contre, la digestibilité des matières azotées totales est identique pour les régimes testés. Le floconnage du pois n'a pas amélioré la digestibilité apparente de la ration expérimentale, mais il a amélioré significativement ($P < 0,01$) la rétention azotée (25 au lieu de 22 g d'azote retenu par j).

Dans la deuxième expérience (Tableau V), le pois floconné n'est plus testé, vu les

Tableau III. Composition chimique du pois incorporé.

	<i>Pois de printemps</i>		
	<i>Cru</i>	<i>Floconné</i>	<i>Extrudé</i>
En % de la MS			
MO	96,2	96,3	95,9
MAT	24,4	25,7	27,3
Cellulose brute	8,6	8,5	6,5
Sucres & amidon	58,9	58,3	55,3
Mat. azot. dig. par la pepsine (% des MAT)	96,3	96,5	94,5
Facteurs antitryps. (mg/g MS)	4,8	1,9	0,3
Sucres libérés par pancréatine (mg/g MS/30 min)	45,1	38,9	254,1

résultats décevants du premier essai. Les CUD_a des régimes contenant 25% de pois et 10% de colza sont aussi bien utilisés que ceux du régime témoin. L'extrusion du pois n'a modifié ni l'utilisation digestive du régime, ni les rétentions azotées.

Résultats d'engraissement (Tableau VI)

Au début de l'essai, le poids moyen des porcelets était de 27 kg. L'introduction de

Tableau IV. Digestibilité apparente des régimes à base de 35% de pois (moyenne de 6 porcs).

	<i>Témoin</i>	<i>Pois 35%</i>		$\bar{S}\bar{X}$	<i>CV</i>	<i>Signif. stat.</i>
		<i>Cru</i>	<i>Floconné</i>			
CUD _a (%)						
MS	86,65 ^a	82,93 ^b	81,21 ^b	0,34	0,01	<i>P</i> < 0,01
MO	88,07 ^a	85,48 ^b	84,6 ^b	0,23	0,01	<i>P</i> < 0,01
MAT	85,94	85,81	85,18	0,86	0,05	NS
Cellulose brute	51,39 ^a	51,59 ^a	38,89 ^b	13,44	22,93	<i>P</i> < 0,01
Rétention azotée (g N retenu/jour)	20,16 ^a	21,76 ^a	24,7 ^b	1,51	1,85	<i>P</i> < 0,01

Les valeurs affectées d'un même exposant ne sont pas statistiquement différentes. Il n'est tenu compte, dans ce tableau que de l'effet statistique lié à l'aliment.

NS = effet non significatif.

SX = écart type de la moyenne.

Tableau V. Digestibilité apparente des régimes à base de 25% de pois (moyenne de 6 porcs).

	Témoin	Pois 25%		S \bar{X}	CV	Signif. stat.
		Cru	Extrudé			
CUD _a (%)						
MS	81,73	82,91	83,28	0,53	0,06	N.S.
MO	84,02	85,52	85,97	0,41	0,03	N.S.
MAT	86,12	84,15	85,07	0,296	0,02	N.S.
Cellulose brute	43,7	50,14	47,41	1,97	1,48	N.S.
Rétention azotée (g N retenu/jour)	18	16	18	1,06	1,17	N.S.

Il n'est tenu compte, dans ce tableau que de l'effet statistique lié à l'aliment.

N. = effet non significatif

S \bar{X} = écart type de la moyenne.

25% de pois dans le régime n'a entraîné aucune modification significative des performances d'engraissement. Les animaux nourris avec l'aliment «pois floconné» ont

eu une croissance plus lente que ceux du lot témoin (GMQ de 740 g/j au lieu de 820; $P < 0,01$). L'extrusion du pois n'a amélioré ni le GMQ ni l'indice de consommation.

Tableau VI. Résultats moyens de croissance – consommation

	Témoin	Pois			SX	CV	Signif. stat.
		Cru	Floconné	Extrudé			
<i>n</i>	24	24	24	24			
Poids vif moyen début exp.	26,4 ^a	26,5 ^a	27,9 ^{ab}	28,5 ^b	0,32	0,36	$P < 0,05$
fin exp.	94,4 ^a	92,1 ^{ab}	89,3 ^b	94,4 ^a	0,79	0,65	$P < 0,05$
Consommation (g MS/jour)	1895	1692	1772	1838	30	12,01	NS
GMQ (g/jour)	820 ^a	787 ^{ab}	740 ^b	796 ^a	8	7,82	$P < 0,01$
Ind. Cons.* (g aliment/g cr.)	2,4	2,3	2,6	2,4	0,1	0,1	NS

Les valeurs affectées d'un même exposant ne sont pas statistiquement différentes.

Il n'est tenu compte, dans ce tableau que de l'effet statistique lié à l'aliment.

NS = effet non significatif. * Moyennes des valeurs moyennes/loge (6 loges).

DISCUSSION

Les valeurs de digestibilité de la matière sèche obtenues dans nos essais (Tableaux IV et V) sont inférieures (de l'ordre de 5 points) à celles mesurées par Beckers (1988). Ceci résulte probablement de la plus faible digestibilité des matières premières incorporées dans nos régimes. Ceux-ci contiennent de l'orge, du rebulet, du tourteau de colza et davantage de minéraux, tandis que ceux testés par Beckers sont à base de froment et de soja.

Pour Beckers encore et pour Bourdon et Perez (1982), l'utilisation digestive de la matière sèche et de la matière organique est améliorée par l'introduction de pois dans les aliments destinés aux porcs charcutiers. Nous observons la même tendance dans notre seconde expérience. Par contre, les résultats de notre premier essai, avec les régimes contenant 35% de pois, sont inverses. Ce sont probablement les valeurs plus ou trop élevées, et inexplicables, obtenues avec le régime témoin qui sont à la base de ces résultats divergents. En effet, le même régime témoin a un CUD_a de la matière sèche respectivement de 86% et de 81% dans le premier et dans le second essai. Bien qu'ayant la même composition, les régimes de ces 2 derniers ont été fabriqués à des moments différents, avec d'autres lots de matières premières. En ce qui concerne l'utilisation digestive des matières azotées, nos valeurs sont similaires à celles rencontrées dans la littérature.

Aucune différence significative n'est décelée entre les aliments avec ou sans pois. Ceci rejoint les observations faites par Beckers (1988). De plus, nos essais de digestibilité montrent que ni le floconnage, ni l'extrusion du pois incorporé dans les régimes ne permettent d'améliorer leur utilisation digestive. Pourtant, ces 2 traite-

ments hydrothermiques détruisent la majeure partie des facteurs antitrypsiques contenus dans le pois. Dans notre expérience d'engraissement, le remplacement des protéines du soja par celles du pois de printemps n'a pas altéré les performances zootechniques. Ceci n'est pas étonnant puisque Grosjean et Gatel (1988) affirment que les variétés de pois pauvres en facteurs antitrypsiques peuvent être incorporées à des taux allant jusqu'à 45% dans les régimes pour porcs en fin d'engraissement, sans aucune conséquence sur la croissance ou sur la carcasse. Nos résultats eussent été autres si des animaux plus jeunes avaient été alimentés avec du pois d'hiver.

En effet, divers auteurs cités par Quemere (1988) rapportent un effet favorable de l'extrusion sur les performances d'engraissement. Cet effet positif relevé dans la littérature accompagnait probablement le traitement de pois d'hiver ou de pois riches en facteurs antinutritionnels.

La teneur en tryptophane dans les régimes a été calculée sur la base des tables éditées par Protector (1980). Elle est égale à 1,9, 1,8 et 1,7 g/kg, respectivement pour les aliments témoin, pois 25% et pois 35%. Ces teneurs sont supérieures à la norme de 1,5 g/kg d'aliment préconisée par Castaing et Leuillet (1981). D'ailleurs, selon Quemere (1988) et Perez et Bourdon (1982), le tryptophane ne serait le facteur limitant primaire que pour les associations maïs-pois. Les teneurs en méthionine + cystine des régimes (Tableau II) étaient doubles de celles des recommandations INRA (1984).

Il semble donc que ni les facteurs antinutritionnels, ni la nature de l'amidon ne limitent l'utilisation du pois de printemps dans l'alimentation des porcs charcutiers, et qu'en dehors des associations maïs-pois, le tryptophane ne doit pas être considéré comme facteur limitant.

CONCLUSION

La floconnage à pression atmosphérique n'améliore pas la susceptibilité de l'amidon du pois à l'hydrolyse enzymatique. Par contre, l'extrusion gélatinise complètement l'amidon sans altérer la qualité des protéines.

Les facteurs antitrypsiques sont détruits à raison de 60% et 94%, respectivement par le floconnage et l'extrusion.

Les 2 essais de digestibilité ont conduit à des résultats divergents quant à l'utilisation digestive de la matière organique des régimes. Cette divergence ne peut pas être attribuée à l'incorporation du pois lui-même.

Chez le porc à l'engrais, au cours de la phase de finition, le soja et le manioc peuvent être remplacés par 25% de pois et 10% de colza, sans modification significative de l'indice de consommation. Ni le floconnage, ni l'extrusion du pois ne permettent d'améliorer significativement les performances de croissance. Au contraire, un gain moyen quotidien plus faible a été observé avec le régime à base de pois floconné.

REMERCIEMENTS

Recherche subventionnée par l'Institut pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture (IRSIA) et par la société coopérative Interagri.

RÉFÉRENCES

- Beckers Y. (1988) *Valeur alimentaire du pois protéagineux chez le porc*. Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, Belgique, 112 pp.
- Bourdon D. & Perez J.M. (1982) Premiers résultats sur la valeur énergétique et azotée des pois protéagineux de printemps. *Journées Recherches Porcines en France*. Vol. 14, ITP Ed., Paris, 407-418
- Castaing J. & Leuillet M. (1981) Etude de l'association maïs/protéagineux chez le porc charcutier. Influence du taux d'incorporation, du mode de présentation et de la variété. *Journées Recherches Porcines en France*, Vol. 13, ITP Ed., Paris, 151-162
- Darbon P. (1988) Le «roi» amidon. *Biofutur* Janvier, 23-26
- Grosjean F. & Castaing J. (1983) Recherche d'amélioration de la valeur alimentaire du pois d'hiver pour le porc charcutier. Influence de la cuisson-extrusion, de la durée de conservation et de la supplémentation en tryptophane. *Journées Recherches Porcines en France*. Vol. 15, ITP Ed., Paris, 335-346
- Grosjean F. & Gatel F. (1988) Feeding value of *Pisum sativum* for pigs : influence of technology, influence of genotype (trypsin inhibitor activity). Workshop on antinutritional factors in legume seeds. Wageningen, The Netherlands, 23-25 Nov.
- Hamerstrand G.E., Black L.T. & Glover J.D. (1981) Trypsin inhibitors in soy products : modification of the standard analytical procedure. *Cereal Chem.* 58, 42-45
- INRA (1984) *L'alimentation des animaux monogastriques. Porc, lapin, volailles*, Ed. INRA, Paris, 282 pp.
- Leterme P., Beckers Y. & Thewis A. (1988) Inter- and intravariety variability of the trypsin inhibitor content of peas and the influence on apparent digestibility of crude protein by pigs. Workshop on antinutritional factors in legume seeds. Wageningen, The Netherlands, 23-25 Nov.
- Osman H.F., Theurer B., Hale W.H. & Mehen S.M. (1970) Influence of grain processing on *in vitro* enzymatic starch digestion of barley and sorghum grain. *J. Nutr.* 100, 1133-1140
- Perez J.M. & Bourdon D. (1982) Essai de remplacement total du tourteau de soja dans le régime du porc en croissance : utilisation du pois supplémentation en tryptophane ou associé à un concentré de protéines de luzerne. *Journées*

Recherches Porcines en France. Vol. 14, ITP Ed. Paris, 283-296

Protector (1980) *Tables de composition des matières premières destinées à l'alimentation animale. I. Valeurs chimiques*

Quemere P. (1988) Le pois protéagineux : utilisation par les porcs, intérêt agronomique, éco-

nomique et valorisation en élevages, dans le Nord de la France. Thèse Docteur Ingénieur, INAPG, Paris, 196 pp.

Tychon P., Vanbelle M. (1986) Les oléo-protéagineux en nutrition animale. II. La féve-rolé, le pois, le lupin. *Public. 45 de l'Unité BNUT*, UCL, Louvain-La-Neuve, Belgique, 54 pp.