

ÉVALUATION DE DIVERS TRAITEMENTS TECHNOLOGIQUES DES CÉRÉALES

IV. — INFLUENCE DU FLOCONNAGE ET DE L'EXPANSION DE L'ORGE
ET DU MAÏS SUR LES PERFORMANCES DU PORCELET SEVRÉ A 21 JOURS :
EFFETS SUR LA DIGESTIBILITÉ DES ÉLÉMENTS DE LA RATION

A. AUMAITRE

avec la collaboration technique de M. BONNEAU, F. COINTEPAS, J. LEBOST et Jany PEINIAU

*Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs,
Centre national de Recherches zootechniques, I. N. R. A.,
78350 Jouy en Josas*

RÉSUMÉ

Deux expériences successives ont été réalisées en vue de vérifier l'influence de deux traitements hydrothermiques — le floconnage et l'expansion — appliqués à l'orge et au maïs avant leur incorporation dans des régimes de sevrage à 21 jours distribués à des porcelets.

Les performances zootechniques des animaux recevant des rations à base de céréales traitées (incorporées aux taux de 59 p. 100 pour l'orge et 56 p. 100 pour le maïs) ne sont pas significativement différentes des résultats obtenus pour le lot témoin. La vitesse de croissance moyenne et l'efficacité alimentaire sont légèrement améliorées dans le seul cas de l'orge floconnée.

L'état sanitaire (fréquence des diarrhées) varie surtout avec l'âge des jeunes animaux qui tolèrent de mieux en mieux l'aliment riche en amidon. Cependant, les aliments à base de céréales traitées ont tendance à augmenter la fréquence des diarrhées, car ils entraînent une légère augmentation de la quantité d'aliment consommée dans les premiers jours qui suivent le sevrage.

L'effet principal des traitements hydrothermiques se traduit par une amélioration de l'utilisation digestive apparente de tous les éléments du régime complet et notamment de la fraction azotée.

Ainsi, le coefficient de digestibilité apparente moyen de l'azote sur les 6 semaines d'expérience varie de 70 à 75 p. 100 pour l'orge témoin et l'orge traitée et de 78 à 81 p. 100 pour le maïs traité.

L'influence bénéfique des traitements hydrothermiques des céréales destinées à être incorporées aux aliments de sevrage précoce est discutée par rapport aux prix de revient de tels traitements.

INTRODUCTION

La difficulté pour le tout jeune porcelet d'utiliser l'amidon cru est bien connue (DOLLAR, MITCHELL et PORTER, 1957 ; CUNNINGHAM, 1959). L'insuffisance des sécrétions amylolytiques du tube digestif et notamment du pancréas (HARTMAN *et al.*,

1961) explique pour une grand part ce phénomène et constitue un obstacle physiologique à la mise au point des méthodes de sevrage précoce à partir de rations peu coûteuses à base de céréales crues. L'inefficacité d'une supplémentation directe des aliments amylacés en amylases exogènes (AUMAITRE, 1971) a conduit les chercheurs à se tourner vers la mise au point de procédés technologiques de dégradation de l'amidon applicables aux matières premières avant leur incorporation aux aliments de sevrage précoce (CUNNINGHAM, 1959).

L'effet de tels traitements s'est révélé dans certains cas favorable à l'utilisation digestive de rations riches en céréales et en amidon distribuées aux bovins à l'engrais (JOHNSON, MATSUSHIMA et KNOX, 1968). La modification de la structure et des propriétés physicochimiques de l'amidon (ANDERSON *et al.*, 1970 ; MERCIER, 1971) le rendent plus sensible aux amylases, donc plus facilement digestible pour les animaux dont les sécrétions amylolytiques sont faibles ou non adaptées. On peut alors escompter une amélioration de l'utilisation digestive de la ration à la suite d'un traitement hydrothermique de la céréale qui constitue 60 p. 100 de la ration du porcelet sevré précocement (AUMAITRE, 1969 *b*).

Nous avons préalablement montré (AUMAITRE, 1969 *b* ; AUMAITRE *et al.*, 1972) que le porcelet tolère bien les céréales, notamment l'orge et le maïs introduits en fort pourcentage dans la ration lorsque son sevrage est tardif. Au cours de cette expérience, nous nous proposons de vérifier l'efficacité de deux traitements mis au point récemment et relativement peu onéreux (floconnage et expansion) pour l'animal sevré à 3 semaines. En effet, peu d'études ont été consacrées à l'utilisation par le porcelet, des céréales traitées (PUACA, 1970) et à la vérification de l'intérêt technique et économique de l'application de tels procédés.

MATÉRIEL, ET MÉTHODES

1. - Animaux et aliments

Les animaux ont été sélectionnés à partir de 16 portées de notre élevage expérimental, sevrés à 21 jours et affectés à deux expériences successives. On a comparé simultanément (tabl. 1) à l'aide de 3 couples d'animaux (1 mâle, 1 femelle) issus de la même portée, une ration contenant la céréale témoin à deux aliments contenant les mêmes quantités de produits de base ayant subi en grain, soit le floconnage, soit le traitement d'expansion à la vapeur. Les deux expériences concernent l'orge (expérience 1) puis le maïs (expérience 2).

Chaque couple de porcelets (homogène en poids pour un même traitement) constitue une unité expérimentale de poids au départ aussi identique que possible entre traitements. Les animaux sont placés en batterie à sol grillagé dès l'âge de 21 jours, recevant à volonté, à l'exception de la première semaine un aliment granulé sec à 2,5 mm de diamètre jusqu'à la 9^e semaine d'âge.

Les céréales témoins ou traitées (DELORT-LAVAL et MERCIER, 1976) sont incorporées à taux constant pour une expérience donnée afin de réaliser des aliments contenant la même quantité de céréales et sensiblement isoazotés à 22 p. 100 de protéines brutes (tabl. 1). L'incorporation d'oxyde de chrome à raison de 0,3 p. 100 permet de mesurer l'utilisation digestive apparente des éléments de la ration.

L'incorporation de la céréale à taux constant conduit à une légère augmentation du taux protidique de l'aliment final dans le cas du produit expansé. Ce résultat s'explique aisément par la différence de teneur en matière sèche des produits de base, et par ailleurs à une légère augmentation de la teneur en azote des deux céréales expansées par rapport au produit frais (tabl. 1). La teneur en oxyde de chrome final de l'aliment aggloméré varie d'un aliment à l'autre et reste toujours inférieure aux prévisions. Cette insuffisance est due à une difficulté de récupération quantitative de l'oxyde de chrome dans les circuits de mélange de l'aliment, mais le produit reste très homogène dans sa répartition au sein des granulés.

TABLEAU I

Composition des aliments de sevrage et analyse chimique moyenne (p. 100)

Traitement de la céréale	Orge (I)			Maïs (II)		
	Floconnée	Expansée	Témoin	Floconné	Expansé	Témoin
Orge.....	59	59	59	—	—	—
Maïs	—	—	—	56	56	56
T. de Soja 50	16	16	16	19	19	19
Farine de Poisson (Norvège) ..	7	7	7	7	7	7
Poudre de lait écrémé.....	10	10	10	10	10	10
Suif « 1 ^{er} jus »	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
Minéraux, vitamines, antibiotiques	4	4	4	4	4	4
Oxyde de chrome	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Matière sèche	90,73	92,98	91,31	88,78	90,55	89,29
Matière organique (1)	84,82	86,95	85,32	83,66	85,10	84,38
Matières azotées (1)	21,75	24,25	22,50	21,12	23,06	22,56
Oxyde de chrome (1)	0,258	0,290	0,290	0,232	0,215	0,221

(1) En p. 100 du produit frais.

2. — *Mesures et calculs*

Par pesée individuelle toutes les semaines, on détermine la vitesse de croissance des animaux au cours des 6 semaines suivant le sevrage. La quantité d'aliment consommée en moyenne par couple et par semaine est mesurée pour chaque lot. 9 répétitions du dispositif expérimental sont réalisées pour l'expérience sur l'orge et 7 répétitions pour la comparaison des traitements appliqués au maïs.

Les coefficients de digestibilité apparente sont calculés pour la matière sèche, la matière organique et l'azote des rations. Par ailleurs, on caractérise l'état sanitaire par le pourcentage des animaux atteints de diarrhée pendant une période donnée ou fréquence des diarrhées, observée chaque jour pour tous les animaux pendant toute la durée de l'expérience (AUMAITRE, 1969 a).

Les calculs statistiques sont effectués à l'aide du schéma des « split plot » tenant compte pour la digestibilité, de l'effet bloc et de l'effet semaine décomposé en effets linéaire et quadratique selon le schéma d'interprétation proposé par COCHRAN et COX (1957).

RÉSULTATS

I. — *Performances des animaux*

Les résultats concernant la vitesse de croissance moyenne, les quantités consommées ainsi que l'efficacité de l'aliment sont présentées au tableau 2. Aucun des paramètres ne diffère significativement dans chaque expérience, par rapport à la céréale témoin. Cependant, dans le cas de l'orge, les performances de croissance corrigées, en tenant compte de l'effet bloc intrarépétition, sont légèrement plus élevées pour les animaux recevant un aliment à base de céréale traitée (+ 9 et + 5 p. 100 respectivement avec le « floconnage » ou avec « l'expansion »).

TABLEAU 2

Performances des animaux suivant le traitement subi par la céréale
(moyenne de 21 jours à 63 jours)

Base du régime et traitement	Orge			Maïs		
	Floconnée	Expansée	Témoin	Floconné	Expansé	Témoin
Poids moyen au départ (kg)	5,43	5,67	5,15	5,54	5,61	5,61
Gain moyen (g/jour)	344	340	307	381	364	387
Gain moyen corrigé (g/jour)	343	329	314 (1)	—	—	—
Quantité d'aliment consommée (g/jour)	582	554	554	646	604	624
Indice de consommation (kg aliment/kg de gain)	1,67	1,65	1,82 (2)	1,70	1,66	1,63

(1) Différence non significative entre traitements, valeurs corrigées par analyse de covariance pour un poids au départ identique.

(2) Différence significative $P < 0,06$.

TABLEAU 3

Fréquence moyenne des diarrhées observée chez les porcelets suivant les différents régimes
(p. 100 du temps total par porcelet)

Base du régime Age après sevrage	Orge				Maïs			
	Floconnée	Expansée	Témoin	Moyenne période	Floconné	Expansé	Témoin	Moyenne période
1 ^{re} et 2 ^e semaines (21-35 jours)	15,4	17,1	13,9	15,5	14,3	15,2	11,2	13,6
3 ^e et 4 ^e semaines	10,7	11,1	7,9	9,9	6,7	3,1	3,1	4,3
5 ^e et 6 ^e semaines	4,4	8,7	6,3	6,5	3,6	3,6	0	2,4
Effet période				S*				S*
Effet traitement (moyenne)	10,2 ^a	12,3 ^a	9,4 ^a		8,2 ^a	7,3 ^a	4,8 ^b	

S* : Diminution significative de la fréquence moyenne avec l'âge.

a, b : Moyennes significativement différentes pour une expérience.

Les quantités d'aliment consommées par jour sur l'ensemble de la période sont exprimées en moyenne ; elles varient de 110 à 900 g par jour de la première à la 6^e semaine suivant le sevrage pour les rations à base d'orge (expérience 1) et de 150 g à 1 000 g pour les rations à base de maïs (expérience 2). En aucun cas elles ne diffèrent significativement avec le traitement de la céréale : la quantité globale moyenne d'aliment à base de céréale floconnée est seulement supérieure de 2 à 4 p. 100 aux valeurs observées pour le lot témoin. Toutefois, surtout dans le cas du maïs, les animaux présentent une légère tendance à consommer plus d'aliment à base de céréales traitées (floconnées) dans les premières semaines après le sevrage.

L'indice de consommation exprimé pour l'ensemble de la période varie peu d'une céréale à l'autre. Cependant, dans le cas de l'orge, l'aliment à base de céréale non traitée présente une moins bonne efficacité alimentaire que celui renfermant le grain floconné ou expansé, respectivement de 9 et 10 p. 100.

L'état sanitaire des porcelets exprimé par la fréquence moyenne d'observation des diarrhées en fonction de l'âge est présenté au tableau 3. Pour les régimes à base d'orge, on n'observe pas de différence significative suivant les régimes, alors que les régimes à base de maïs traités sont significativement plus diarrhéiques que l'aliment témoin.

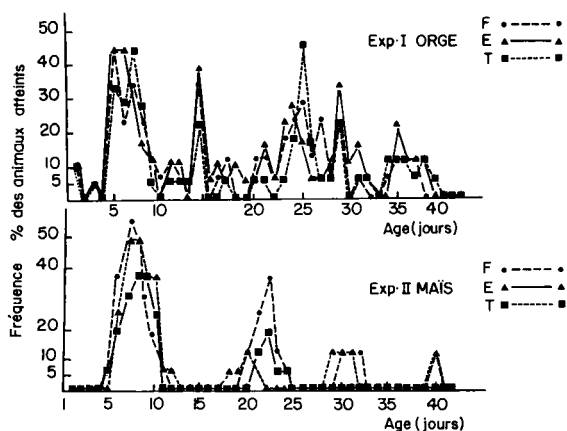


FIG. 1. — Évolution de la fréquence des diarrhées suivant l'âge et le régime (pourcentage des animaux atteints rapporté par jour après le sevrage)

Outre les différences observées d'une expérience à l'autre, qu'il est intéressant de souligner et de rapprocher des conditions climatiques différentes (la première ayant lieu au printemps, la seconde en été — début automne), il convient de remarquer la répartition des troubles sanitaires en fonction du temps après le sevrage (fig. 1). La diarrhée apparaît comme un phénomène cyclique, entre le 3^e et le 4^e jour après le sevrage (à 21 jours) ; elle régresse ensuite aux alentours de la 2^e semaine, puis récidive avec une intensité variable suivant les expériences.

2. -- *Utilisation digestive des éléments du régime*

Globalement, dans chaque expérience, l'utilisation digestive de la ration varie à la fois avec l'âge de l'animal et suivant le traitement. Les valeurs moyennes de la digestibilité apparente de la matière sèche, de la matière organique et de l'azote sont présentées au tableau 4. Pour tous ces éléments, les deux traitements hydrothermiques de l'orge et du maïs améliorent toujours significativement leur utilisation digestive par le jeune animal, dans les mêmes proportions : le coefficient d'utilisation digestive moyen augmente de 3 à 4 p. 100 par rapport au régime témoin.

TABLEAU 4

*Utilisation digestive apparente des éléments de la ration complète ;
influence du traitement de la céréale et de la période après le sevrage*

Régime à base de		Traitement de la céréale			Plus petites différences significatives			
		Floconnée	Expansée	Témoin	Entre traitement	Entre semaines	Entre 2 semaines pour 1 traitement	Entre 2 trait. pour 1 semaine
Orge exp. n° 1	Mat. sèche	79,09 ^a	76,33 ^b	74,91 ^c	0,89**	1,1**	2,1**	1,9**
	Mat. organ.	81,07 ^a	79,33 ^b	78,31 ^c	0,82**	0,99**	1,7**	1,8**
	Azote	74,74 ^a	74,98 ^a	70,20 ^b	1,4**	1,5**	2,5**	2,7**
Maïs exp. n° 2	Mat. sèche	87,3 ^a	86,8 ^a	84,0 ^b	1,1**	1,5**	2,6**	2,7**
	Mat. organ.	89,0 ^a	88,3 ^a	85,7 ^b	1,15**	1,5**	2,5**	2,6**
	Azote	81,1 ^a	81,2 ^a	77,8 ^b	0,99**	1,54**	1,8**	2,6**

** P < 0,01.

a et b : Différences significatives pour la même ligne.

Par ailleurs, l'évolution de la digestibilité apparente de la matière organique et de l'azote varie en fonction de l'âge (effet semaine significatif). Les résultats moyens sont présentés pour ces deux éléments seulement à la figure 2. C'est surtout au cours des deux premières semaines que l'effet du traitement est le plus marqué. L'interprétation statistique décomposant l'effet âge en effets élémentaires à l'aide des coefficients polynomiaux nous montre (tabl. 5) que l'effet linéaire est très hautement significatif, et à un moindre degré, l'effet quadratique. A eux seuls, ils expliquent la quasi totalité de l'effet d'augmentation de la digestibilité avec l'âge, alors que l'interaction âge × traitement n'est jamais significative. Les différences entre céréales ne peuvent malheureusement pas être interprétées en raison de l'exécution consécutive des deux expériences : elles font apparaître cependant une augmentation de l'utilisation digestive de la ration à base de maïs surtout marquée juste après le sevrage.

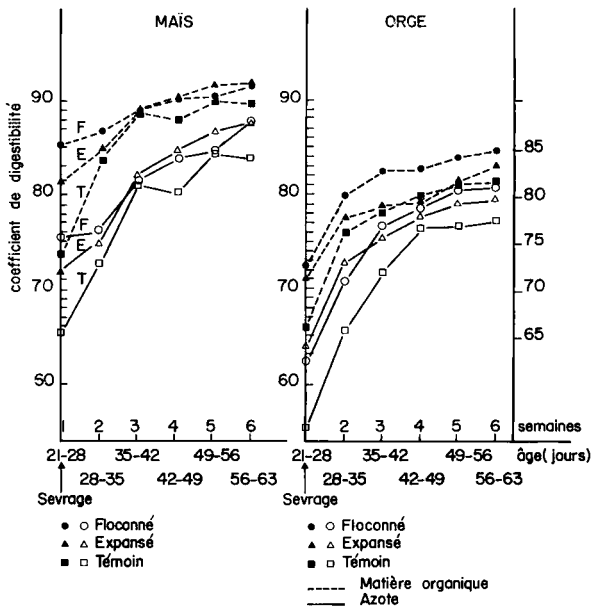


FIG. 2. — Évolution de l'utilisation digestive de la matière organique et de l'azote en fonction de l'âge après traitement hydrothermique de l'orge et du maïs

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les performances zootechniques moyennes des porcelets sont peu affectées par la distribution d'une ration à base de céréales ayant subi au préalable un traitement hydrothermique de floconnage ou d'expansion.

Toutefois, les performances de croissance très variables (coefficient de variation de 17 à 22 p. 100) sont légèrement améliorées dans le cas de l'orge et très voisines dans le cas du maïs traité ou non. Ces résultats sont conformes aux données de RIKER *et al.*, 1965 ; PUACA, 1972 et LAWRENCE, 1972, obtenues sur le porc en croissance-finition. Elles sont différentes pour le maïs de celle de PUACA (1970) qui trouvait une amélioration de 20 p. 100 de la croissance des porcelets de 8 à 10 kg à la suite du floconnage du maïs. Dans le cas du porcelet sevré à trois semaines, on constate cependant que l'amélioration de la vitesse de croissance est surtout sensible au cours des deux premières semaines qui suivent le sevrage. Ainsi entre 21 et 28 jours d'âge 5 couples d'animaux sur 9 recevant l'orge témoin ont perdu du poids, contre 2 et 3 sur 9 dans les lots à base de céréale traitée. Le traitement améliore l'efficacité de l'aliment dans le cas de l'orge seulement alors que des améliorations importantes avaient été observées par PUACA (1970) chez le porcelet, ou par NUWER *et al.*, (1967) chez le porc en croissance-finition dans deux expériences sur quatre, dans le cas du maïs ayant subi un traitement de floconnage. Cependant, de telles améliorations inférieures à 10 p. 100, inconstantes d'une céréale à l'autre ou d'une expérience à l'autre restent limitées en importance eu égard aux prix de revient actuels de tels traitements.

TABLEAU 5

Analyse statistique des principaux effets concernant l'utilisation digestive des éléments de la ration

(valeurs de F et signification des différences)

Coefficients d'utilisation digestive apparente		Effet traitement	Effet semaine				Interaction Sem. × Traitement
			Total	Linéaire	Quadrat.	Résiduel	
Orge (1)	Matière sèche	15,5	37	147	27,8	3,5	0,5 ^a
	Matière organique . .	15,6	42	167	31	3,4	0,5 ^a
	Azote	13,5	52,7	229	32	1,0 ^a	0,75 ^a
Maïs (2)	Matière sèche	5,2	16,9	69	13,3	0,4 ^a	1,5 ^a
	Matière organique . .	5,6	16,9	69	11,7	1,1 ^a	1,6 ^a
	Azote	6,4	35,6	158	12,1	2,4 ^a	0,9 ^a

(1) Degrés de liberté de l'erreur : $n_1 = 2$; $n_2 = 120$; F 0,05 = 3,09 ; F 0,01 = 4,82.

(2) Degrés de liberté de l'erreur : $n_1 = 2$; $n_2 = 91$; F 0,05 = 3,12 ; F 0,01 = 4,90.

(^a) Effets non significatifs au seuil $P < 0,05$.

L'évolution de la fréquence des diarrhées, plus importante seulement dans le cas du maïs traité (floconnage et expansion) paraît caractéristique en fonction de l'âge de l'animal. Ainsi le déclenchement de celles-ci est surtout consécutif à une ingestion trop importante d'aliment au cours des 4-5^e jours après la suppression du lait chez les animaux alimentés à volonté.

Les rations contenant des céréales floconnées offertes à volonté aux porcelets sont bien acceptées et ont tendance à provoquer des diarrhées consécutives à une forte ingestion en un nombre limité de repas (1 à 2 par jour). L'état sanitaire défectueux des animaux tend alors à limiter l'ingestion de façon cyclique au cours de la période et les quantités globales consommées varient d'un traitement à l'autre.

La première conséquence pratique concerne l'intérêt et même la nécessité de rationner les jeunes animaux juste après leur sevrage de façon à limiter ces inconvénients. Des mesures complémentaires sont toutefois nécessaires afin de mieux comprendre et éviter ces désordres digestifs (augmentation de la fréquence des repas, limitation de leur importance et ou de leur durée).

L'effet le plus net des traitements thermiques concerne l'amélioration de l'utilisation digestive de tous les éléments de la ration. Une telle augmentation de la digestibilité a déjà été soulignée par LAWRENCE (1972) chez le porc en croissance-finition avec des différences à la limite de la signification. Ces résultats ont été confirmés par le même auteur dans le cas d'une ration à base d'orge ayant subi un double traitement de floconnage et de cuisson infrarouge avant incorporation à la ration du porc pesant environ 30 kg (LAWRENCE, 1973). De tels résultats d'amélioration de la digestibilité de la ration à base de céréales traitées ont été signalés chez les bovins à l'engrais par KAY *et al.*, (1966) ; JOHNSON, MATSUSHIMA et KNOX (1968) ; PARROTT III *et al.*, (1969), alors que MUDD et PERRY (1969) trouvent des résultats opposés.

Cependant, on peut souligner qu'il n'existe pas de parallélisme étroit entre l'augmentation de la digestibilité des éléments de la ration que l'on peut attribuer à une modification des propriétés physicochimiques de l'amidon des produits de base et celle de la vitesse de croissance des animaux recevant les céréales traitées. La seule observation d'une variation modérée de la vitesse de croissance est notée avec les régimes à base d'orge malgré une difficulté d'interprétation liée à une légère augmentation du taux azoté de la ration isocéréale dans le cas du produit floconné, en faveur des produits traités. On peut alors penser que le porcelet comme le bouvillon (GARRETT, 1965) qui digère mieux sa ration, modifie sa composition corporelle lorsqu'il reçoit une céréale floconnée. Il conviendrait de vérifier cette hypothèse dans le cas du porcelet sevré à 3 semaines, à la fois vers 20 kg ainsi qu'aux stades ultérieurs, afin de savoir si le traitement hydrothermique de la céréale n'entraîne pas d'augmentation de l'adiposité des carcasses de porc.

Il convient donc d'être prudent avant de conclure à l'efficacité des traitements thermiques des céréales qui sont nombreux, variables et inégalement efficaces pour le Porc. Ainsi, nous avons précédemment souligné l'inefficacité d'un traitement de précuisson appliqué au blé et au maïs pour le porcelet et pour le Porc entre 20 et 100 kg, à l'aide de méthodes expérimentales légèrement différentes (AUMAITRE *et al.*, 1972).

L'amélioration de la digestibilité de la ration, notamment celle des protéines chez le jeune animal, doit être retenue comme un élément intéressant à la fois sur le plan économique et sur le plan de la détermination aussi exacte que possible des besoins alimentaires (protidiques) du porcelet. Mais l'intérêt de l'application des deux traitements hydrothermiques étudiés aux céréales incorporées à des rations de sevrage de plus en plus précoce du porcelet reste limité par leur prix de revient. Compte tenu des améliorations constatées, l'utilisation de tels procédés peut être recommandée, surtout dans le cas de l'orge, si leur prix de revient représente moins de 10 p. 100 du prix de la céréale.

Reçu pour publication en juin 1975.

SUMMARY

EFFICIENCY OF VARIOUS TREATMENTS OF CEREALS.

IV. -- EFFECT OF FLAKING AND POPPING OF BARLEY AND MAIZE ON THE PERFORMANCES OF PIGLETS WEANED AT 21 DAYS ; INFLUENCE ON THE DIGESTIBILITY OF THE DIETARY CONSTITUENTS

Two successive experiments were conducted on 9 and 7 litters of piglets, respectively, in order to compare the feed efficiency of 3 weeks-weaning diets based on barley (59 p. 100) or maize (56 p. 100) either untreated, steam flaked or popped.

The average growth rate of the animals during 6 weeks after weaning varied little in the case of maize diets : on the other hand, the weight gain was slightly better with flaked barley and the feed efficiency was also improved with diets containing treated barley.

The frequency of diarrhoea varied according to the post-weaning age and it decreased between the 1st and the 6th week, the animals becoming more and more adapted to weaning diets based on starch. However, rations based on treated cereals tended to increase the frequency of diarrhoea because they caused a slightly higher feed intake from the very first days following weaning.

The most interesting effect of the moist-heat treatments concerned the apparent digestibility of all the dietary constituents. Thus, the digestibility coefficient of the organic matter showed a variation of 81, 79 and 78 p. 100 for flaked, popped and untreated (control) barley, respectively, whereas the corresponding values for maize were : 89, 88 and 86 p. 100. Nitrogen utilization was improved in larger proportions : the apparent digestibility coefficient of nitrogen was 75, 75 and 70 p. 100 respectively for flaked, popped and untreated barley and 81, 81 and 78 p. 100 for maize, representing average values for the whole experimental period (6 weeks). The favourable influence of moist-heat treatments of cereals aimed at being used in early weaning diets is discussed in relation to the cost of such treatments.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDERSON R. A., CONWAY H. F., PEPLINSKI A. J., 1970. Gelatinization of corn grits by roll cooking extrusion cooking and steaming. *Stärke*, **22**, 130-135.
- AUMAITRE A., 1969 a. Effet des traitements technologiques (thermiques) sur la valeur alimentaire des amidons et des céréales pour le Porc. *Indus. Aliment. Anim. Paris*, **212**, 47-55.
- AUMAITRE A., 1969 b. Valeur alimentaire du manioc et de différentes céréales dans les régimes de sevrage précoce du porcelet. Utilisation digestive de l'aliment et effet sur la croissance des animaux. *Ann. Zootech.*, **18**, 385-398.
- AUMAITRE A., 1971. Le développement des enzymes dans le tube digestif du jeune porcelet : Importance pour le sevrage et signification nutritionnelle. *Ann. Zootech.*, **20**, 551-575.
- AUMAITRE A., 1972. Valeur alimentaire de l'orge dans les rations de sevrage précoce à 21 jours chez le porcelet. *J. Rech. Porcine France*, I. N. R. A.-I. T. P. Éd., Paris, 105-113.
- AUMAITRE A., HENRY Y., MERCIER Ch., IVOREC-SZYLT O., THIVEND P., 1972. Étude préliminaire de l'influence d'un traitement hydrothermique sur la valeur alimentaire du blé et du maïs. *Ann. Zootech.*, **21**, 133-137.
- CUNNINGHAM H. M., 1959. Digestion of starch and some of its degradation products by newborn pigs. *J. Anim. Sci.*, **18**, 964-974.
- COCHRAN W. G., COX G. E., 1957. *Experimental Design*. Wiley Inter. ed. New York. 611 p.
- DELOIT-LAVAL J., MERCIER C., 1976. Évaluation de divers traitements technologiques des céréales. I. Choix des traitements et étude de leur influence sur la fraction glucidique du blé, de l'orge et du maïs. *Ann. Zootech.*, **25**, 3-12.
- DOLLAR A. M., MITCHELL K. G., PORTER J. W. G., 1957. The utilization of carbohydrates in the young pig. *Proc. Nutr. Soc.*, **16**, XII-XIII.
- GARRETT W. N., 1965. Comparative feeding value of steam-rolled or ground barley and milo for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.*, **24**, 726-729.
- HARTMAN P. A., HAYS V. W., BAKER R. O., NEAGLE L. H., CATRON D. V., 1961. Digestive enzyme development in the young pig. *J. Anim. Sci.*, **20**, 114-123.
- JOHNSON D. E., MATSUSHIMA J. K., KNOX K. L., 1968. Utilization of flaked vs craked corn by steers with observations on starch modification. *J. Anim. Sci.*, **27**, 1431-1437.
- KAY M., PRESTON T. R., McLEOD N. A., PHILIP E. B., 1966. Intensive beef production. VII. The effect on nitrogen retention of diets containing barley processed by four different methods. *Anim. Prod.*, **8**, 39-42.
- LAWRENCE T. L. J., 1972 a. High level cereal diets for the growing finishing pig. VI. An evaluation of flaked maize, wheat and barley when included at high levels in the diet of the weaned pig grown to cutter weight (160 lb). *J. agric. Sci. Cam.*, **79**, 155-160.
- LAWRENCE T. L. J., 1972 b. A review of some effects on health and performance of variations in the physical form of the diet of the growing pig. III. Heat treatments and cubing. *Vet. Rec.*, **91**, 108-111.
- LAWRENCE T. L. J., 1973. An evaluation of the micronization process for preparing cereals for the growing pig. I. Effects on digestibility and nitrogen retention. *Anim. Prod.*, **16**, 99-107.
- MERCIER Ch., 1971. Effect of various U. S. grain processes on the alteration and the *in vitro* digestibility of starch granule. *Feedstuffs*, **43** (49), 33-34.
- MUDD C. A., PERRY T. W., 1969. Raw cracked versus expanded gelatinized corn for beef cattle. *J. Anim. Sci.*, **28**, 822-826.
- NUWER A. J., PERRY T. W., PICKETT R. A., CURTIN T. M., 1967. Expanded or heat processed fractions of corn and their relative ability to elicit esophagogastric ulcers in swine. *J. Anim. Sci.*, **26**, 518-525.
- PARROTT III J. C., MEHEN S., HALE W. H., LITTLE M., THEURER M., 1969. Digestibility of dry rolled and steam processed flaked barley. *J. Anim. Sci.*, **28**, 425-428.

- PUACA V., 1970. The influence of hydrothermal treatment of maize with steam on its physical and chemical changes and nutrition value by feeding piglets. (en serbo-croate). *II. Skup. Svinjogojaga. Poljoprivedni Fakultet Novi Sad.* 1-12.
- PUACA V., 1972. Utiaj hidrotermickog tretmana kukuruza na nyegov sastav i efikasnot iskoriscavanja u iohrani u tovu. *Nauka i Praska u stocarstov. II Skup svinjogojaca Bled 8 II maja.* 396-406.
- RIKER J. T., PERRY T. W., PICKETT R. A., FEATHERSTON W. R., 1965. Influence of gelatinized barley, corn milo or wheat on the occurrence of gastric ulcers in swine. *J. Anim. Sci.*, **23**, 1218 Abstract.