

## VALEUR ALIMENTAIRE DE QUELQUES PRODUITS AMYLACÉS D'ORIGINE TROPICALE : ÉTUDE *IN VITRO* ET *IN VIVO* DE LA PATATE DOUCE, DE L'IGNAME, DU MALANGA, DU FRUIT A PAIN ET DE LA BANANE

J. CERNING-BEROARD et J. LE DIVIDICH (1)

Station de Biochimie et de Physico-chimie des céréales, I. N. R. A.,  
E. N. S. I. A. A. au C. E. R. D. I. A.,  
91305 Massy

Station de Recherches zootechniques,  
Centre de Recherches Agronomiques des Antilles et de la Guyane, I. N. R. A.,  
Domaine Duclos,  
97170 Petit Bourg (Guadeloupe)

### RÉSUMÉ

La sensibilité *in vitro* à l' $\alpha$ -amylase bactérienne de l'amidon de quelques produits amylacés tropicaux crus et cuits à l'eau bouillante pendant 30 minutes est mesurée. La patate douce, l'igname, le malanga, le fruit à pain et la banane verte sont testés. Parallèlement, leur valeur alimentaire est estimée d'après un test de croissance de digestibilité et de rétention azotée chez le Rat blanc en comparaison avec un régime à base d'amidon de maïs.

Les amidons crus, à l'exception de celui de banane ne sont pratiquement pas dégradés par l' $\alpha$ -amylase, en revanche, à l'état cuit, leur sensibilité vis-à-vis de l'enzyme est accrue dans des proportions variables suivant la nature des produits. Ainsi, après cuisson, la fraction d'amidon facilement hydrolysable du fruit à pain, du malanga, de la patate douce, de la banane et de l'igname est respectivement 79, 59, 54, 17 et 40 p. 100.

L'ingestion des régimes à base de produits crus entraîne chez le Rat une vitesse de croissance significativement plus faible de 20 à 30 p. 100, selon la nature du constituant de base, que celle obtenue avec le régime témoin (amidon de maïs). L'efficacité alimentaire est également inférieure ( $P < 0,05$ ). Par contre, lorsque les produits de base sont cuits, les performances de croissance des lots patate douce, fruit à pain et banane ne diffèrent plus significativement du témoin.

De plus, la cuisson améliore plus significativement ( $P < 0,05$ ) la digestibilité apparente de la matière organique des régimes à base de banane (+ 4,3 points) et surtout de malanga (+ 9,4 points) et de fruit à pain (+ 12,8 points). Cependant, la cuisson qui fait augmenter fortement la vitesse d'amyolyse ne se traduit pas par une augmentation dans les mêmes proportions de la digestibilité de la matière organique des aliments. On peut ainsi souligner que certains produits crus non dégradés *in vitro* sont au moins partiellement digérés.

(1) Adresse actuelle : Station de Recherches sur l'Élevage des Pores, Centre national de Recherches zootechniques, I.N.R.A., 78350 Jouy en Josas (France).

Par ailleurs, la digestibilité des matières azotées des régimes contenant les aliments tropicaux reste faible et toujours inférieure ( $P < 0,05$ ) à celle du régime témoin. Elle est significativement améliorée ( $P < 0,05$ ) par la cuisson dans le cas de la banane (+ 3,9 points) et surtout de la patate douce (+ 8,9 points) et du fruit à pain (+ 9,6 points).

Ainsi, il apparaît que les produits amyliques tropicaux peuvent, à la condition d'être cuits, constituer pour les animaux monogastriques une source d'énergie voisine dans certains cas (patate douce, fruit à pain et banane) de celle apportée par l'amidon des céréales.

## I. — INTRODUCTION

Les amidons de fruits, tubercules et rhizomes représentent une source importante d'énergie pour l'alimentation humaine dans la région Caraïbe (F.A.O., 1962). Leur utilisation pour l'alimentation animale en remplacement des produits d'importation (céréales) pourrait contribuer au développement des productions animales dans cette région. Un certain nombre de travaux montrent ainsi l'intérêt de l'emploi du manioc, de la patate douce et de la banane pour l'alimentation du Porc, du Veau ou de la Chèvre (TERROINE, 1931; OYENUGA, 1961; AUMAITRE, 1969; CORRING et RETTAGLIATI, 1969; LE DIVIDICH et CANOPE, 1970, 1973; PONCET, 1973; ASSAN, 1974). Cependant, mis à part le manioc, la valeur alimentaire des produits amyliques tropicaux est faible à l'état cru. Ils sont en effet peu digestibles pour l'Homme (LANGWORTHY et DEUEL, 1922), en particulier parce que leur amidon est difficilement hydrolysable par les enzymes (FAVIER, 1969; RASPER, 1969). Leur ingestion peut, de plus, provoquer des désordres digestifs (WEIJERS et VAN DE KAMER, 1965) dus aux fermentations des produits non digérés au niveau du gros intestin (BAKER *et al.*, 1950). On peut penser, par analogie avec la pomme de terre, qu'une simple cuisson faciliterait l'hydrolyse digestive de la fraction amyliques des plantes tropicales, mais on connaît mal son influence sur la valeur alimentaire du produit.

Nous avons étudié l'influence de la cuisson sur le comportement de l'amidon de la patate douce (*Ipomea batatas*), de l'igname (*Dioscorea alata*) du malanga (*Xanthosoma sagittifolium*), du fruit à pain vert (*Artocarpus communis*) et de la banane verte (*Musa* sp.) au cours de sa dégradation *in vitro* par l' $\alpha$ -amylase. Parallèlement, nous avons déterminé la valeur alimentaire des produits à l'aide d'un test de croissance et de rétention azotée chez le Rat blanc.

## II. — MATÉRIEL, ET MÉTHODES

### 1. — *Matières premières : origine, préparation, analyses*

Les échantillons de patate douce (variété D.XI), d'igname, de malanga, de fruit à pain et de banane (variété Poyo) sont récoltés au Centre de Recherches agronomiques des Antilles et de la Guyane.

Les tubercules débarrassés de la terre et lavés ou les fruits entiers, sont mis en cossettes. Une partie des échantillons est directement séchée à l'étuve à 70°C (produits crus), l'autre après cuisson à l'eau bouillante pendant 30 minutes et élimination de l'eau de cuisson (produits cuits). Les échantillons sont ensuite finement broyés au broyeur à marteaux (grille de 0,5 mm).

TABEAU I

Nature et composition des régimes (p. 100)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Patate douce	43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
crue .....	—	43	—	—	—	—	—	—	—	—	—
cuite .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Igname	—	—	49	—	—	—	—	—	—	—	—
crue .....	—	—	49	—	—	—	—	—	—	—	—
cuite .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Malanga	—	—	—	—	46	46	—	—	—	—	—
crue .....	—	—	—	—	46	46	—	—	—	—	—
cuite .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fruit à pain	—	—	—	—	—	—	43	43	—	—	—
cru .....	—	—	—	—	—	—	43	43	—	—	—
cuit .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Banane	—	—	—	—	—	—	—	—	65	—	—
crue .....	—	—	—	—	—	—	—	—	65	—	—
cuite .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	45	—
Amidon de maïs .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40
Tourteau de soja .....	28	28	22	25	25	28	28	28	26	26	31
Complément (1) .....	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
<i>Résultats d'analyse</i>											
Matière sèche .....	95,9	95,6	96,2	96,9	96,5	96,3	95,9	95,7	95,6	96,0	92,6
Cendres .....	6,8	6,7	7,9	7,6	8,2	7,7	7,1	6,9	7,1	6,8	5,7
Matières azotées (N × 6,25) .....	14,9	14,7	15,0	14,3	14,3	14,7	14,2	14,7	14,4	14,4	14,7
(mat. azotées aliment de base p. 100 mat. azotées totales du régime) .....	(13)	(13)	(30)	(30)	(19)	(19)	(13)	(13)	(15)	(15)	—
Lignocellulose (2) .....	4,4	4,4	7,0	7,0	6,4	6,4	6,1	6,1	5,8	5,8	2,9
Amidon (2) .....	29,8	20,6	32,6	32,0	27,0	24,3	27,3	27,1	32,5	30,3	40,0

(1) Composition (p. 280 g) : saccharose : 154 ; mélange minéral : 65 ; mélange vitaminique : 10 ; huile de maïs + Vit. A et D : 80 ; D.L. méthionine : 1.

(2) Valeurs déterminées par le calcul.

Les glucides solubles dans l'éthanol à 80°GL sont dosés par la méthode à l'antrone (LOEWUS, 1952) après deux extractions à chaud suivies de deux lavages à froid (CERNING, 1970) ; leur identification qualitative est effectuée par chromatographie sur couche mince (De STEFANIS et PONTE, 1968). La teneur en amidon est déterminée par voie enzymatique à l'aide d'une glucosylase (THIVEND, MERCIER et GUILBOT, 1972) directement sur le produit brut séché (igname, banane) ou après extraction des glucides éthanolosolubles (patate douce, fruit à pain et malanga). Les teneurs en lignocellulose (ADF) sont déterminées par la méthode de VAN SOEST (1963). Sur les cendres en solution chlorhydrique, on dose le phosphore par colorimétrie en présence de phosphovanamolybdate d'ammonium, le sodium et le potassium par spectrométrie d'émission de flamme et le calcium par spectrométrie d'absorption atomique.

## 2. — Étude *in vitro*

La sensibilité *in vitro* de l'amidon à l'état cru et cuit vis-à-vis de l'action d'une  $\alpha$ -amylase bactérienne (*Bacillus subtilis*) est appréciée par la méthode initialement proposée par GUILBOT et MERCIER (1962) et modifiée par AUDIDIER *et al.* (1966) et TOLLIER et GUILBOT (1971). Les résultats sont exprimés en pourcentage de la quantité d'amidon dégradée en fonction du temps.

## 3. — Étude sur le Rat

### Animaux.

Quatre-vingt-huit rats mâles de souche *Wistar C.F.* pesant en moyenne 100 g sont utilisés. À la suite d'une période préexpérimentale d'une semaine, ils sont répartis en 11 lots de 8 animaux d'après le poids et le gain de poids réalisé durant la période préexpérimentale. Ils sont élevés en cage individuelle et reçoivent, à volonté, pendant une période de 17 jours, un des régimes expérimentaux assignés à chaque lot et présentés sous forme de farine (tabl. 1).

Du 7<sup>e</sup> au 14<sup>e</sup> jour, on récolte quantitativement les fèces de chaque rat afin de mesurer la digestibilité apparente de la matière organique et de l'azote des régimes.

À la fin de l'essai, tous les animaux sont sacrifiés et congelés à  $-15^{\circ}\text{C}$  ; sur un échantillon moyen provenant du broyage de l'ensemble des rats d'un même lot, on détermine la teneur finale en azote corporel. Le coefficient d'utilisation pratique de l'azote (CUPN) est calculé en tenant compte de la teneur corporelle en azote des rats au début de l'expérience (RÉRAT *et al.*, 1964).

TABLEAU 2

### Composition chimique des aliments tropicaux crus

Aliment	Patate douce	Igname	Malanga	Fruit à pain	Banane
Matière sèche .....	36,5	25,4	27,1	26,2	21,0
<i>en p. 100 matière sèche</i>					
Mat. azotées (N $\times$ 6,25) ...	4,8	9,7	6,5	4,5	5,1
ADF (1) .....	4,3	10,7	9,2	8,6	7,9
Amidon .....	69,3	66,6	58,8	63,4	72,3
Glucides éthanosolubles ...	9,1	1,8	7,1	2,5	1,8
Matières minérales .....	3,50	4,90	5,94	4,12	4,71
Calcium .....	0,15	traces	0,15	0,11	0,05
Phosphore .....	0,16	0,16	0,15	0,12	0,08
Potassium .....	0,96	1,60	2,43	1,55	2,42
Sodium .....	0,09	0,02	0,21	0,01	traces

(1) Cellulose + lignine.

*Alimentation.*

Les produits crus et cuits séchés sont introduits aux taux moyen de 45 p. 100 dans les régimes (tabl. 1). Un tourteau de soja cuit à 44 p. 100 de protéines brutes constitue la principale source azotée des régimes. Son taux d'incorporation varie de 22 à 31 p. 100 selon la teneur mesurée des produits de base en matières azotées (tabl. 2) ; il correspond à une teneur moyenne des régimes en matières azotées de 14,5 p. 100, compatible avec une bonne croissance des animaux.

*Critères d'estimation de la valeur alimentaire.*

Les critères étudiés sont la vitesse de croissance, l'efficacité alimentaire, l'utilisation digestive apparente de la matière organique et de l'azote mesurée pendant une semaine d'une part et l'utilisation pratique de l'azote pendant la durée de l'expérience d'autre part.

III. — RÉSULTATS

I. — *Composition chimique des produits de base*

Tous les produits frais sont très riches en eau. Leur matière sèche se caractérise essentiellement par une teneur élevée en amidon qui varie de 59 p. 100 dans le malanga à 72 p. 100 dans la banane (tabl. 2). La patate douce et le malanga présentent en outre une importante quantité de glucides alcoolosolubles (respectivement 9 et 7 p. 100 de la matière sèche). La cuisson provoque un accroissement important de la teneur en glucides alcoolosolubles du fruit à pain et de la patate douce, parallèlement à une diminution de la teneur en amidon (fig. 1) ; elle ne modifie pas la composition glucidique de l'igname et de la banane. La chromatographie sur couche mince des glucides éthanolosolubles révèle la présence de saccharose dans tous les produits et de faibles quantités de glucose et de fructose sauf dans la patate douce où ces deux oses sont absents. Cette dernière et le fruit à pain contiennent par contre à l'état cru des traces de maltose qui dans le cas de la patate douce s'accroissent considérablement dans le produit cuit.

Par ailleurs, à l'exception de l'igname, tous les produits sont pauvres en matières azotées totales ( $N \times 6,25$ ), et malgré une teneur parfois élevée en cendres (malanga),

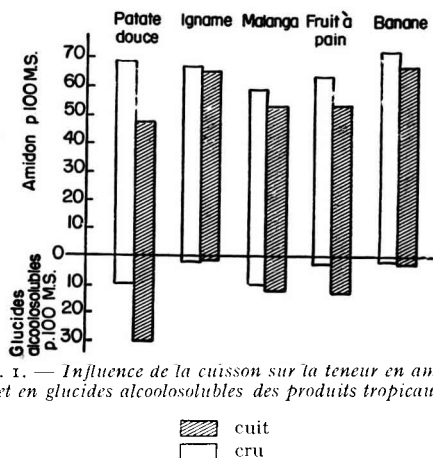


FIG. 1. — Influence de la cuisson sur la teneur en amidon et en glucides alcoolosolubles des produits tropicaux

■ cuit  
□ cru

ils présentent des teneurs faibles en calcium et en phosphore et des quantités plus importantes de potassium. On peut également souligner un taux important de ligno-cellulose dans l'igname.

## 2. — Sensibilité de l'amidon à l' $\alpha$ -amylase

L' $\alpha$ -amylolyse des différents amidons est présentée dans la figure 2, et ses caractéristiques : vitesse initiale, vitesse finale, et fraction d'amidon facilement hydrolysable (FH) dans le tableau 3.

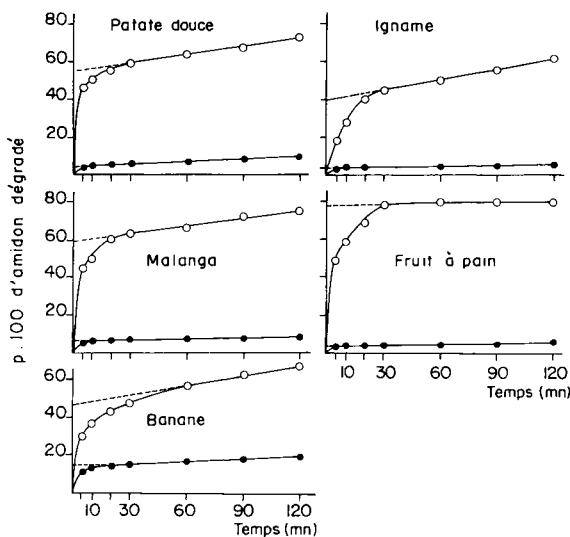


FIG. 2. — Vitesse de dégradation in vitro des produits crus et cuits en fonction du temps

TABLEAU 3

Caractéristiques des courbes d' $\alpha$ -amylolyse

Échantillon	VI (1)		VF (2)		FH (3)	
	cru	cuit	cru	cuit	cru	cuit
Patate douce . . . . .	3,9	47,1	0,21	0,74	4,0	54,5
Igname . . . . .	3,2	18,4	0,04	0,88	4,0	40,0
Malanga . . . . .	4,8	44,5	0,06	0,56	6,5	59,5
Fruit à pain . . . . .	2,8	48,6	0,05	0,08	3,5	79,5
Banane . . . . .	11,4	29,7	0,23	0,79	14,0	47,0

(1) VI : vitesse initiale d'amylolyse, exprimée en pourcentage d'amidon dégradé en 5 minutes.

(2) VF : Vitesse finale d'amylolyse exprimée en pourcentage d'amidon dégradé 5 minutes en moyenne pendant la 1<sup>re</sup> heure.

(3) FH : Fraction facilement hydrolysable, déterminée par extrapolation de la partie linéaire des courbes d'amylolyse.

Il apparaît que les amidons crus, à l'exception de celui de la banane, ne sont pratiquement pas dégradés par l'enzyme. Le traitement de cuisson augmente considérablement leur sensibilité vis-à-vis de l'action de l' $\alpha$ -amylase dont l'influence varie avec l'origine de l'amidon. Ainsi, les vitesses initiales d'amylolyse de la banane et de l'igname cuits sont nettement inférieures à celles des autres produits ; il en est de même au niveau de la fraction d'amidon facilement hydrolysable. À partir de la vitesse initiale d'amylolyse, on peut classer les produits selon une sensibilité croissante à l' $\alpha$ -amylase *in vitro* dans l'ordre suivant : igname, banane, malanga, patate douce et fruit à pain ; on obtient le même classement à partir de la FH en inversant l'ordre du malanga et de la patate douce.

### 3. — Étude chez le Rat

#### a) *Vitesse de croissance et consommation d'aliments.*

L'incorporation des aliments tropicaux crus dans les régimes, entraîne chez le Rat une vitesse de croissance inférieure ( $P < 0,05$ ) de 20 à 30 p. 100 à celle obtenue avec le régime témoin à base d'amidon de maïs (tabl. 4) ; l'efficacité alimentaire est également inférieure ( $P < 0,05$ ), mais seules les quantités d'aliment ingérées par les lots malanga et fruit à pain sont plus faibles ( $P < 0,05$ ). De plus, les performances des rats varient notablement avec la nature du produit cru. Ainsi, les vitesses de croissance des lots patate douce et banane sont supérieures ( $P < 0,05$ ) à celles des lots malanga et fruit à pain ; de même, le régime à base d'igname est le plus consommé ( $P < 0,05$ ) avec cependant une efficacité alimentaire significativement inférieure à celle des régimes à base de patate douce et de banane.

La cuisson des aliments de base, igname excepté, s'accompagne d'une amélioration significative de la vitesse de croissance, des quantités de matière sèche ingérées ou de l'efficacité alimentaire des régimes. L'effet de la cuisson est significatif soit sur l'ensemble de ces critères (fruit à pain), sur la vitesse de croissance et la consommation d'aliment (patate douce), la vitesse de croissance et l'efficacité alimentaire (malanga) ou seulement sur la vitesse de croissance (banane). On peut enfin remarquer que les animaux recevant les régimes patate douce, banane et fruit à pain cuits ont des performances de croissance non significativement différentes de celles obtenues avec le régime témoin.

#### b) *Utilisation digestive apparente de la matière organique et de l'azote ; efficacité de la rétention azotée.*

La digestibilité apparente de la matière organique des régimes varie de façon importante avec la nature de l'aliment de base (tabl. 5). Ainsi, lorsqu'ils sont crus, la digestibilité du régime patate douce est supérieure ( $P < 0,05$ ) à toutes les autres ; de même, celles des régimes banane et igname sont plus élevées ( $P < 0,05$ ) que celles des régimes malanga et fruit à pain. La cuisson provoque une amélioration importante ( $P < 0,01$ ) de la digestibilité de la matière organique des régimes banane (+ 4,3 points) et surtout malanga (+ 9,7 points) et fruit à pain (+ 12,8 points) ; l'amélioration est plus limitée dans le cas des régimes à base de patate douce et d'igname. Cependant, seuls les régimes à base de patate douce crue et cuite sont aussi digestibles que le régime témoin.

TABLEAU 4

*Influence de l'aliment de base et de la cuisson sur la vitesse de croissance, les quantités de matière sèche ingérées et l'efficacité alimentaire*

Aliment	Traitement	Patate douce	Igname	Malanga	Fruit à pain	Banane	Amidon de maïs (témoin)	Signification des différences témoin-aliments tropicaux
Vitesse de croissance (g/j) . . . . .	<i>cru</i> <i>cuit</i>	5,32 <sup>a</sup> (1) 6,51 <sup>a</sup>	5,19 <sup>ab</sup> 5,61 <sup>b</sup>	4,63 <sup>bc</sup> 5,44 <sup>b</sup>	4,47 <sup>c</sup> 5,92 <sup>ab</sup>	5,33 <sup>a</sup> 6,12 <sup>ab</sup>	6,77	Témoin > aliments tropicaux sauf patate douce, banane et fruits à pain cuits (P < 0,05)
<i>Effet cuisson</i> . . . . .		P < 0,01	NS	P < 0,05	P < 0,01	P < 0,05		
Matière sèche ingérée (g/j) . . . . .	<i>cru</i> <i>cuit</i>	13,30 <sup>a</sup> 14,80 <sup>a</sup>	15,26 <sup>b</sup> 15,23 <sup>a</sup>	12,56 <sup>a</sup> 12,05 <sup>b</sup>	12,40 <sup>a</sup> 14,43 <sup>a</sup>	13,62 <sup>a</sup> 14,58 <sup>a</sup>	14,60	Témoin > malanga cru et cuit et fruits à pain cru (P < 0,05)
<i>Effet cuisson</i> . . . . .		P < 0,05	NS	NS	P < 0,05	NS		
Efficacité alimentaire . . . . .	<i>cru</i> <i>cuit</i>	0,40 <sup>a</sup> 0,44 <sup>a</sup>	0,34 <sup>c</sup> 0,37 <sup>b</sup>	0,37 <sup>abc</sup> 0,42 <sup>ab</sup>	0,36 <sup>bc</sup> 0,41 <sup>ab</sup>	0,39 <sup>ab</sup> 0,42 <sup>ab</sup>	0,46	Témoin > aliments tropicaux sauf patate douce, malanga et banane cuits (P < 0,05)
<i>Effet cuisson</i> . . . . .		NS	NS	P < 0,05	P < 0,05	NS		

(1) Les moyennes d'une même ligne horizontale affectées de la même lettre ne diffèrent pas de manière significative au seuil P < 0,05.



TABEAU 5

*Influence de l'aliment de base et de la cuisson sur les coefficients d'utilisation digestive apparente (CUD) de la matière organique (MO), de l'azote (N) et sur les coefficients d'utilisation pratique de l'azote (CUPN)*

Aliment	Traitement	Patate douce	Igname	Malanga	Fruit à pain	Banane	Amidon de maïs (témoin)	Signification des différences, témoin-aliments tropicaux
CUD apparent M.O . . . . .	<i>cru</i> <i>cuit</i>	90,3 <sup>a</sup> (1) 92,1 <sup>a</sup>	80,9 <sup>b</sup> 83,0 <sup>b</sup>	76,7 <sup>c</sup> 86,1 <sup>c</sup>	77,1 <sup>c</sup> 89,9 <sup>a</sup>	82,6 <sup>b</sup> 86,9 <sup>c</sup>	92,7	Témoin > aliments tropicaux sauf patate douce crue ou cuite (P < 0,05)
<i>Effet cuisson</i> . . . . .		NS	NS	P < 0,01	P < 0,01	P < 0,01		
CUD apparent N . . . . .	<i>cru</i> <i>cuit</i>	73,3 <sup>a</sup> 82,2 <sup>a</sup>	68,0 <sup>c</sup> 69,4 <sup>b</sup>	73,0 <sup>ab</sup> 74,7 <sup>c</sup>	71,7 <sup>ab</sup> 81,3 <sup>a</sup>	69,9 <sup>bc</sup> 73,8 <sup>c</sup>	84,8	Témoin > aliments tropicaux (P < 0,05)
<i>Effet cuisson</i> . . . . .		P < 0,01	NS	NS	P < 0,01	P < 0,01		
CUPN	<i>cru</i> <i>cuit</i>	30,4 41,4	23,0 31,2	29,9 29,9	26,9 36,1	36,4 39,8	44,9	

(1) Voir la note du tableau 4.

La digestibilité apparente de l'azote des régimes à base de produits crus est faible en général (71 p. 100 en moyenne) ; de plus, celle des régimes à base d'igname et de banane crus est inférieure ( $P < 0,05$ ) à celle du régime à base de patate douce crue. Elle est améliorée significativement ( $P < 0,05$ ) par la cuisson dans le cas de la banane (+ 3,9 points) et surtout de la patate douce (+ 8,9 points) et du fruit à pain (+ 9,6 points), mais elle demeure toujours significativement inférieure ( $P < 0,05$ ) à celle du régime témoin.

Le coefficient d'utilisation pratique de l'azote est également faible en présence de tous les produits crus et surtout de l'igname. A l'exception du régime malanga, on observe une amélioration consécutive à la cuisson qui varie de 3,7 points (régime banane) à 11,3 points (régime patate douce), avec cependant des valeurs toujours inférieures à celle du régime témoin.

#### IV. — DISCUSSION

Les amidons de patate douce, d'igname, de malanga, de fruit à pain crus se caractérisent par leur résistance à l' $\alpha$ -amylolyse *in vitro*, conformément à nos données antérieures (AUMAÏTRE, CORRING et LE DIVIDICH, 1969) et celles de RASPER (1969) et FAVIER (1969). Seul l'amidon de banane crue est plus sensible à l' $\alpha$ -amylolyse bactérienne, contrairement aux résultats de RASPER (1969) et FAVIER (1969), et on peut supposer que le séchage à l'étuve à 70°C qui constitue un début de traitement

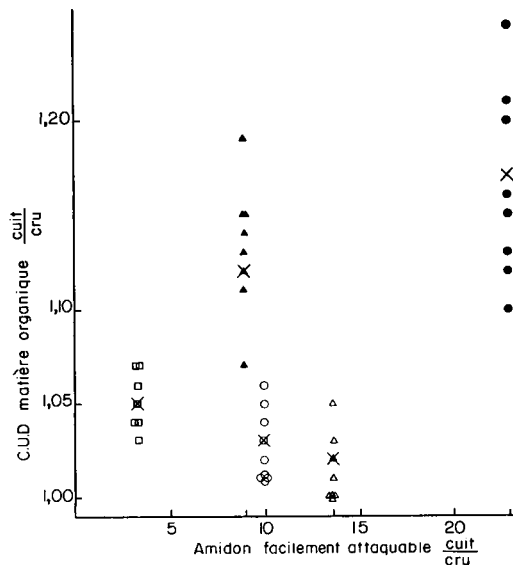


FIG. 3. — Relation entre la digestibilité apparente de la matière organique et le pourcentage d'amidon facilement dégradé

- Banane
- △ Patate douce
- ▲ Malanga
- Igname
- Fruit à pain

hydrothermique (GUILBOT et MERCIER, 1962), explique, en partie, cette différence. L'influence favorable de la cuisson sur la vitesse de dégradation des amidons est bien connue. Nos résultats concernant surtout la fraction facilement hydrolysable permettent de classer les amidons selon leur sensibilité à la cuisson : celui du fruit à pain est le plus sensible, ceux de banane et d'igname semblent plus résistants.

Parallèlement aux données *in vitro*, on observe chez l'animal une amélioration sensible de la digestibilité de la matière organique et des matières azotées consécutive à la cuisson des aliments de base. Il n'apparaît pas, cependant, de relation linéaire, simple et étroite entre les données *in vitro* et les mesures de digestibilité *in vivo* (fig. 3). D'autres auteurs (ATINKPAHOUN, 1972 ; ASSAN, 1974) remarquent également cette absence de relation chez le Poulet et le Veau préruminant. Les raisons en sont mal connues. Elles pourraient s'expliquer par l'origine des enzymes (SANDSTED et GATES, 1954) et surtout par le fait que contrairement à la dégradation *in vitro*, la digestion de l'amidon dans le tube digestif du Rat s'effectue notamment sous l'action de plusieurs enzymes d'origines différentes agissant conjointement et successivement. Toutefois, nos résultats ne permettent pas de vérifier ces hypothèses.

L'amélioration de la digestibilité de la matière organique due à la cuisson, ne semble pas liée aux quantités de glucides alcoolosolubles apparues au cours du traitement. Par contre, elle peut être attribuée à une meilleure dégradation enzymatique de l'amidon consécutive à l'effet du traitement hydrothermique qui modifie la structure physique du grain d'amidon. La cuisson entraîne, par ailleurs, conformément aux résultats obtenus chez le Porc avec la fécula de pomme de terre (ZELTER, G. CHARLET-LÉRY et DELORT-LAVAL, 1966), une diminution de l'excrétion fécale d'azote endogène, ce qui explique l'augmentation de la digestibilité apparente de l'azote dans le cas des régimes patate douce, fruit à pain et banane. Cette amélioration peut être également provoquée par une inactivation par la cuisson des substances qui dépriment classiquement la digestibilité de l'azote ou même de l'ensemble des constituants de la ration, ainsi, les tanins de la banane (GOLDSTEIN et SWAIN, 1963) et les pectines de la patate douce (VIOLA, ZIMMERMAN et MOKADY, 1972). Ces substances seraient thermostables dans le cas de l'igname et du malanga. Sur ce point nos résultats sont en accord avec ceux obtenus chez le Rat ou le Porc avec la patate douce et la banane, (YOSHIDA et MORIMOTO, 1955 ; CORRING et RETTAGLIATI, 1969 ; LE DIVIDICH et CANOPE, 1970).

A l'exception du malanga, la cuisson améliore par ailleurs la fixation des protéines tissulaires grâce à une meilleure utilisation métabolique de l'azote absorbé et vraisemblablement par une meilleure disponibilité de l'énergie sur les sites de la protéosynthèse tissulaire (JACQUOT et RÉRAT, 1966). Nos résultats concernant la patate douce et l'igname sont conformes à ceux d'ATINKPAHOUN (1972). Les différences entre les régimes sont sans doute liées aux proportions de protéines fournies par le tourteau de soja et les aliments de base. Ainsi, les régimes igname et malanga qui présentent les plus faibles coefficients d'utilisation pratique de l'azote sont également ceux dont les proportions de protéines fournies par l'aliment de base sont les plus élevées (tabl 1 et 4). Ceci tend, en accord avec les données analytiques de CONCEPCION et CRUZ (1961), BUSSON (1965), MARTIN et THOMPSON (1973), SPLITT-SOESSER et RHODES (1973) à démontrer la faible valeur biologique des protéines des aliments tropicaux étudiés.

L'ingestion des régimes à base d'aliments tropicaux crus induit enfin chez le

Rat, des performances de croissance et d'efficacité alimentaire plus faibles que celles du régime témoin à base d'amidon de maïs. Ces résultats sont en accord avec ceux de JEFFERS et HAYNES (1967) sur l'igname et la patate douce. La cuisson entraîne également une amélioration de la vitesse de croissance et de l'efficacité alimentaire parallèlement à une augmentation de la digestibilité. Seules les performances des animaux nourris avec les régimes à base d'igname et de malanga demeurent inférieures à celles du lot témoin et on peut se demander si la présence de substances toxiques dans ces aliments n'affecte pas leur valeur nutritive.

En conclusion, la patate douce, l'igname, le malanga, le fruit à pain et la banane constituent, après récolte et séchage, sans épluchage, des produits riches en amidon. Leur valeur alimentaire pour les animaux monogastriques semble limitée en particulier par la nature de leur amidon peu hydrolysable à l'état cru par les enzymes. Un traitement thermique de cuisson améliore à la fois la vitesse de dégradation *in vitro* de l'amidon et la valeur alimentaire des produits pour le Rat, mais il ne semble pas exister de relations étroites entre les mesures de digestibilité *in vitro* et *in vivo*.

*Reçu pour publication en janvier 1976.*

## SUMMARY

FEEDING VALUE OF SOME STARCHY TROPICAL PRODUCTS : *IN VITRO* AND *IN VIVO* STUDY OF SWEET POTATO (*IPOMEA BATATAS*), YAM (*DIOSCOREA ALATA*) MALANGA (*XANTHOSOMA SAGITTIFOLIUM*), BREADFRUIT (*ARTOCARPUS COMMUNIS*) AND BANANA (*MUSA SP*)

The *in vitro* susceptibility to  $\alpha$ -amylase of starch from some tropical fruits or roots, raw or cooked in boiling water for 30 minutes, was measured. Sweet potato, yam, malanga, breadfruit and green banana were tested. Parallel to that, their feeding value was estimated by determining growth rate digestibility and nitrogen retention in white rats as compared with control receiving a diet based on maize starch.

The raw starches, except that of banana, were very resistant to the  $\alpha$ -amylase ; when cooked, their susceptibility to the enzyme increased in variable proportions according to the nature of the product. Thus, after cooking, the easily hydrolysable starch fraction of breadfruit, malanga, sweet potato, banana and yam represented 79, 59, 54, 57 and 40 p. 100 respectively.

The growth performances of rats fed diets based on raw products were significantly lower (20-30 p. 100) according to the nature of the basal constituent, than that obtained in animals fed the control diet. The feed efficiency was also lower ( $P < 0.05$ ). However, when the basal products were cooked, the growth performances of the groups receiving sweet potato, breadfruit and banana did not significantly differ from the control group.

In addition, cooking improved significantly ( $P < 0.05$ ) the apparent digestibility of the organic matter of the diets based on banana (+ 4.3 points) and especially malanga (+ 9.4 points) and breadfruit (+ 12.8 points). However, cooking largely enhanced the rate of amylolysis, but did not increase in the same proportions the digestibility of the organic matter of the feeds.

Furthermore, the crude protein digestibility of the diets based on tropical feeds remained low and always inferior ( $P < 0.05$ ) to that of the control diet. It was significantly improved ( $P < 0.01$ ) by cooking in the case of banana (+ 3.9 points) and especially sweet potato (+ 8.9 points) and breadfruit (+ 9.6 points).

Thus, it appears that starchy tropical products, provided they are cooked, might constitute a source of energy for monogastric animals, in some cases (sweet potato, breadfruit and banana) similar to that of cereal starch.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASSAN B. E., 1974. *Contribution à l'étude de la digestion de l'amidon chez le Veau préruminant*. Thèse doc. Fac. Sci., Clermont-Ferrand, France.
- ATINKPAHOUN H., 1972. *Contribution à l'étude de la valeur nutritionnelle pour le Poulet de trois plantes tropicales* : Manihot-utilissima, Hypomea batatas et Dioscorea Cayenensis. Thèse doc. Université Paris VI, France.
- AUDIDIER Y., de la GUERIVIERE J. F., SEINCE Y., BENOUALID K., 1966. Détermination par  $\alpha$ -amylase bactérienne de l'amidon endommagé dans les farines de froment. *Ind. Alim. Agric.*, **12**, 1597-1609.
- AUMAITRE A., 1969. Valeur alimentaire du manioc et de différentes céréales dans le régime de sevrage précoce du Porcelet : utilisation digestive de l'aliment et effet sur la croissance des animaux. *Ann. Zootech.*, **18**, 385-398.
- AUMAITRE A., CORRING T., LE DIVIDICH J., 1969. Étude de la vitesse d'hydrolyse *in vitro* de quelques amidons de plantes tropicales (patate douce, banane, igname) par le suc pancréatique de porcelet ; relation entre la vitesse de dégradation *in vitro* et la digestibilité apparente de la ration. *J. Rech. Porcine en France* 99-103, I.N.R.A.-I.T.P. éd.
- BAKER F., NASR H., MORRICE F., BRUCE J., 1950. Bacterial breakdown of structural starches and starch products in the digestive tract of ruminant and non ruminant mammals. *J. Path. Bact.*, **62**, 617-638.
- BUSSON F., 1965. *Plantes alimentaires de l'Ouest Africain*. Thèse Doc. Fac. Sci. Marseille, France.
- CERNING J., 1970. *Contribution à l'étude de l'évolution de la composition glucidique des graines de céréales au cours de leur maturation* : maïs, blé, orge. Thèse doc. Fac. Sci., Lille, France.
- CONCEPCION I., CRUZ I. S., 1961. Amino acid composition of some Philippine plant foods. *Philippine J. Sci.*, **90**, 497-516.
- CORRING T., RETTAGLIATI J., 1969. Utilisation de la patate douce dans l'alimentation du Porc en Guadeloupe. *J. Rech. Porcine en France*, 105-111, I.N.R.A.-I.T.P. éd., Paris.
- DE STEPHANIS U. A., PONTE J. G., 1968. Separations of sugar by thin-layer chromatography. *J. Chromatog.*, **37**, 116-120.
- FAVIER J. C., 1969. Étude de la digestibilité *in vitro* de l'amidon de diverses plantes alimentaires du Sud-Cameroun. Influence des transformations technologiques sur l'amidon de manioc. *Ind. Alim. Agr.*, **1**, 9-13.
- F.A.O., 1962. Report of the Caribbean Nutrition Seminar. *Nutrition Special Reports*, n° 1, F.A.O., Rome.
- GOLDSTEIN J. L., SWAIN T., 1963. Changes in tannins in ripening fruits. *Phytochemistry*, **2**, 371-383.
- GUILBOT A., MERCIER C., 1962. Répercussions sur la digestibilité de l'amidon, des modifications de sa structure physico-chimique au cours de ses transformations technologiques. *Ind. Alim. Agric.*, **79**, 939-947.
- JACQUOT R., RÉRAT A., 1966. La valeur biologique des protéines. *1<sup>er</sup> Congrès mondial de l'Alimentation animale*, 81 p. Madrid.
- JEFFERS H. F., HAYNES P. H., 1967. A preliminary study of the nutritive value of some dehydrated tropical roots. 72-89. *First Symposium International on Tropical Root Crops*, Trinidad.
- LANGWORTHY C. F., DEUEL H. J., 1922. Digestibility of raw rice, arrowroot, canna, taro, tree-fern and potato starch. *J. Biol. Chem.*, **52**, 251-261.
- LE DIVIDICH J., CANOPE I., 1970. Utilisation des déchets de banane dans l'alimentation du Porc en croissance : premiers résultats. *J. Rech. Porcine en France*, 131-135, I.N.R.A.-I.T.P. éd. Paris.
- LE DIVIDICH J., CANOPE I., 1973. Valeur alimentaire de la farine de banane et de manioc dans le régime du Porcelet sevré à 5 semaines. Influence du taux de protéines dans la ration. *Ann. Zootech.*, **23**, 161-169.
- LOEWUS F. A., 1952. Improvement in anthrone method for determination of carbohydrates. *Analy. Chem.*, **24**, 219.
- MARTIN F. W., THOMPSON A. E., 1973. Protein content and amino acid balance of Yams. *J. Agr. Univ. Puerto-Rico*, **57**, 78-83.
- OYENUGA V. A., 1961. Nutritive value of cereal and cassava diets for growing and fattening pigs in Nigeria. *Brit. J. Nutr.*, **15**, 327-338.
- PEIXOTO R. R., 1969. Substituição de milho ao nível de 50 p. 100 Farinha de mandioca na alimentação de suínos em crescimento e engorda. *Boletim tecnico* n° 5, Ministerio de educação e cultura. Universidade federal rural do Rio Grande do sul. Brasil.
- PONCET C., 1973. Utilisation digestive comparée de l'orge, de la banane verte et de la banane ensilée chez la Chèvre. *Journées d'études sur la physiologie et la biochimie de la digestion*, Marseille.
- RASPER V., 1969. Investigation on starches from major starch crops grown in Ghana. II. Swelling and solubility pattern : amylolytic susceptibility. *J. Sci. Fd. Agric.*, **20**, 642-646.

- RÉRAT A., FEVRIER C., HENRY Y., LOUGNON J., 1964. Évolution de la composition corporelle chez le Rat blanc en croissance. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **4**, 35-47.
- SANDSTED R. M., GATES R. L., 1954. Raw starch digestion : a comparison of the raw starches digesting capacities of the amylases systems from  $4\alpha$ -amylases sources. *Food Research.*, **19**, 190-199.
- SPLITTSOESSER W. E., RHODES A. M., 1973. Protein and amino acid values of some tropical root crops. *Illinois Research*, **15**, 6-7.
- TERROINE E. F., 1931. De l'emploi des laits artificiels dans l'élevage du bétail. *Bull. Soc. Sci. Hyg. Aliment.*, Paris, **19**, 1-23.
- THIVEND P., MERCIER Ch., GUILBOT A., 1972. Determination of starch with glucoamylase. VI. General carbohydrate methods. In : *Methods in carbohydrate chemistry*, 100-105, éd. by R. L. WHISTLER and J. N. Be MILLER, Academic Press, New York.
- TOLLIER M. Th., GUILBOT A., 1971. Caractéristiques de la fraction glucidique des échantillons de maïs grain. *Ann. Zootech.*, n° hors série, **20**, 633-640.
- VAN SOEST P. J., 1963. Use of detergent in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. Ass. Official Agr. Chem.*, **46**, 829-835.
- VIOLA S., ZIMMERMAN G., MOKADY S., 1972. Effect of pectin and algin upon protein utilization digestibility of nutrient and energy in young rats. *Nutr. Rep. Inter.*, **1**, 367-375.
- WEIJERS H. A., VAN DE KAMER, J. H., 1965. Alteration of intestinal flora as a cause of diarrhea. *Nutr. Abstr. Rev.*, **35**, 591-604.
- YOSHIDA M., MORIMOTO H., 1955. Utilization of sweet potato starch by rats and its effects on the digestion of dietary protein. *J. Nutr.*, **57**, 565-577.
- ZELTER S. Z., CHARLET-LÉRY G., DELORT-LAVAL J., 1966. Influence de la fécule crue et cuite de pomme de terre sur les dépenses azotées métaboliques et endogènes et sur la valeur nutritionnelle d'un mélange équilibré de protéines chez le Porc en croissance. *C. R. Acad. Agr. France*, 567-573.