

BONIATOS O CAMOTES (*Ipomoea batatas* Lam L) PARA ALIMENTAR CERDOS. CARACTERÍSTICAS DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y DE LOS FACTORES ANTINUTRICIONALES

J. Ly

Instituto de Investigaciones Porcinas. Gaveta Postal No.1, Punta Brava. La Habana, Cuba
email: jly@iip.co.cu

RESUMEN

Existen numerosos informes sobre el uso del boniato en la alimentación animal. En la alimentación de los cerdos ha sido usado en diferentes variantes frescas, ensiladas seco, ya sea como harina, hojuelas o comprimido en forma de gránulos o pastillas, y también cocinado. Aun así, las reseñas que existen sobre el uso del boniato en la alimentación de los cerdos son mas bien breves; éstas hacen hincapié en los rasgos de comportamiento y reproductivos de cerdos alimentados con tubérculos de boniato.

El presente trabajo trata el status de diferentes aspectos relacionados con el valor nutritivo del boniato teniendo en cuenta su composición química y la presencia de factores antinutricionales para cerdos, y el grado de eficiencia que se puede alcanzar con el uso de este producto cuando se formula una dieta balanceada, o los factores antinutricionales son neutralizados con éxito.

Palabras clave: cerdos, boniats, composición química, factores antinutricionales

Título corto: Boniats para alimentar cerdos

SWEET POTATOES (*Ipomoea batatas* Lam L) FOR FEEDING PIGS. CHARACTERISTICS OF THE CHEMICAL COMPOSITION AND ANTINUTRITIONAL FACTORS

SUMMARY

Many reports do exist on the use of sweet potato for animal feeding. In the case of pigs, sweet potatoes has been used in different fresh manners, ensiled, dry, either as a meal, flakes or compressed as granules or pellets, and cooked too. Even though, those existing reviews concerning the use of sweet potato for feeding pigs are rather concises, with emphasis on performance and reproductive of pigs fed on diets containing sweet potatoes.

The current article deals with the status of different aspects related to the nutritive value of sweet potatoes, taking into account its chemical composition and the presence of antinutritional factors, as well as the degree of efficiency which the use of this product may attained when either a balanced diet is formulated or the antinutritional factors are successfully neutralized.

Key words: pigs, chemical composition, sweet potato, antinutritional factors

Short title: Sweet potatoes for feeding pigs

Tabla de contenido

Introducción, 160
Contenido de nutrientes en el boniato, 160
El esquema analítico de Weende, 160
Contenido de almidón en los boniats, 163
Perfil de aminoácidos en boniats, 165
Factores antinutricionales, 166
Bioquímica de los factores de inhibición de tripsina, 166
Métodos de neutralización de la actividad inhibidora de tripsina, 167
Otros factores antinutricionales en los boniats, 168
Conclusiones, 168
Agradecimientos, 168
Referencias, 168

INTRODUCCIÓN

Aunque los tubérculos de boniato (*Ipomoea batatas* Lam L.) se destinan fundamentalmente al consumo humano, el uso de los mismos en alimentación animal es un fenómeno común en todo el mundo tropical. Aún así es en el subtrópico, donde existen referencias abundantes del uso de tubérculos, e inclusive de la parte aérea de la planta, en la alimentación porcina desde la primera mitad de siglo (ver por ejemplo, Georgia Experiment Station 1934; Ware 1947). A ello se han referido diferentes textos de producción porcina de investigadores de la América del Norte (Southwell et al 1940; Pond y Maner 1974). A estos estudios sucedieron los que se hicieron en el Lejano Oriente (Peters 2004). Actualmente, mientras que en Norteamérica el uso de tubérculos de boniato parece abandonado a finales del siglo XX en los sistemas intensivos de producción porcina, Europa los usa en forma de gránulos o pastillas importados fundamentalmente de China, que produce alrededor de las tres cuartas partes de la producción mundial (Calpe 1992, Scott 1992). Con esta excepción, los boniatos destinados a la alimentación de cerdos son producidos localmente, y prácticamente están fuera del comercio internacional.

Numerosa información sobre distintos aspectos relativos al boniato ha sido recopilada por Onwueme (1978) y por Wolfe (1992), mientras que en lo tocante al uso de boniatos en la alimentación animal en general en América Latina, el tema ha sido reseñado por Yeh y Bouwkamp (1985) y por Espinola (1992) respectivamente. Desde el punto de vista de los cerdos, existen reseñas más bien breves, que hacen hincapié en los rasgos de comportamiento y reproductivos de cerdos alimentados con tubérculos de boniato (Nwokolo 1990; Domínguez 1992; Pérez 1997).

Continuamente, aparecen nuevos informes en la literatura científica sobre el uso de boniatos para criar ganado porcino (Zhanga et al 2001; An et al 2002, Hoang Huong 2003; Domínguez et al 2009^{a,b}; Gupta et al 2009). El presente trabajo revisa el status de diferentes aspectos relacionados con el valor nutritivo del boniato para cerdos, con énfasis en los procesos digestivos que tienen lugar en esta especie.

CONTENIDO DE NUTRIENTES EN EL BONIATO

El boniato ha sido usado mayoritariamente en la alimentación porcina de cuatro maneras distintas: fresco, ensilado seco, ya sea como harina, hojuelas o comprimido en forma de gránulos o pastillas, y también cocinado. A este respecto existen numerosos informes que se refieren a su composición en nutrientes. En esta composición, tal vez sean dos los aspectos más importantes a resaltar; el primero sería su alto contenido de almidón, lo que hace que los tubérculos se clasifiquen como una fuente de energía. El segundo aspecto se refiere a que existen variedades de boniato común en cuanto a su contenido en proteína cruda (N x 6.25), más bien muy bajo, y otras con un tenor relativamente abundante en esta fracción (Li 1982; Yeh y Bouwkamp 1985), lo que pudiera equiparar al boniato con los cereales.

EL ESQUEMA ANALÍTICO DE WEENDE

A continuación se presentan agrupados por afinidad geográfica, los datos que se corresponden con el contenido de cenizas, fibra cruda, extracto etéreo, ELN y proteína cruda en boniatos usados mayoritariamente en estudios de alimentación animal.

Tabla 1. Contenido de nutrientes en tubérculos de boniato cultivado en América tropical (por ciento en base seca)

MS	Ceniza	FC	EE	ELN	PC ¹	Fuente de los datos
In natura						
30.0 ²	3.9	3.0	0.3	81.9	10.9	Devendra y Göhl (1970)
39.4 ³	2.1	2.4	0.6	86.1	8.8	
35.6 ⁴	1.7	2.0	0.5	89.0	6.8	
19.8	7.6	2.5	0.5	87.3	2.1	INIAP (1971)
36.5	3.5	4.3	-	78.4	4.8	Cerning-Beroard y Le Dividich (1976)
30.6	3.6	4.3	1.3	-	5.6	Gómez y Buitrago (1982)
30.7	-	-	-	-	2.9	Esnaola (1986)
30.4	-	3.2	-	-	5.6	Alvarenga et al (1988)
21.2	4.4	3.7	0.6	84.2	7.1	CNPSA (1991)
29.0	-	-	0.9	- ⁵	5.0	González (1994)
29.2	3.5	5.5	-	-	4.8	Domínguez et al (2009a)
Harina						
86.9 ⁶	6.5	0.6	1.6	73.7	4.2	Cornelio et al (1988)
90.1 ⁶	5.4	3.7	0.4	85.4	7.1	CNPSA (1991)
89.1	-	-	1.7	-	3.6	Moita et al (1991a)
Cocinado						
30.0	1.1	1.5	0.5	93.4	3.5	Devendra y Göhl (1970)

¹ N x 6.25

² Cáscara blanca

³ Cáscara roja

⁴ Sin cáscara

⁵ Almidón, 49.8%;

⁶ Picado y secado al sol

En la tabla 1 se muestran datos de distintas publicaciones que contienen el perfil nutritivo de los boniatos cultivados en suelo americano. A este respecto, se puede constatar fácilmente que en estado fresco, in natura, estos tubérculos tienen un contenido de MS que oscila en un rango más bien amplio, desde 19.8% (INIAP 1971) hasta 39.4% (Devendra y Göhl 1970). Estudios contemporáneos de Vonesch y Ordóñez (1970) indicaron que el contenido de MS de cuatro variedades de boniato cultivado en el subtrópico argentino estuvo en el rango de 22.0-31.9%. Igualmente se pudiera decir que el contenido de proteína cruda (N x 6.25) puede variar considerablemente, desde el valor de 2.1% según INIAP (1971) hasta 10.9% (Devendra y Göhl 1970). Datos de fines de siglo hablan de valores entre 5.0% (González 1994) y 7.1 (CNPSA 1991%). Además, de los datos se infiere claramente el papel preponderante desempeñado por el ELN.

Los datos de Barrios (1981) hablan de un contenido promedio de 30.4% de MS en tubérculos de seis variedades cultivadas en Venezuela (tabla 2) con un rango más estrecho de variación (23.3-35.9%) que el expuesto en la tabla 1. En lo que se refiere al tenor de proteína cruda, los datos venezolanos

indican una variabilidad notablemente menor (9.0-10.9%) y, evidentemente, un valor promedio más alto (10.0%). Con respecto a los datos venezolanos de Luciani (1989), el promedio de MS en los tubérculos fue 32.2% con un rango de variación (28.1-37.2%) parecido al de Barrios (1981). En contraste, el resultado del análisis de proteína en las muestras examinadas por Luciani (1989) reveló un valor de sólo 3.8%, notablemente menor al hallado anteriormente en ese país por Barrios (1981). Como detalle interesante, Luciani (1989) hizo notar que las variedades UCV-9 y UCV-41 originaban tubérculos de pulpa anaranjada, o sea, eran ricos en beta caroteno, pero que tenían un bajo contenido de almidón. En cambio, las variedades UCV-5, UCV-7, UCV-9 y UCV-10 presentaban el parénquima de color blanco o cremoso, lo que indicaría pobreza de beta caroteno, pero a su vez manifestaban una alta concentración de MS, y por consiguiente, de almidón. Estas últimas cuatro variedades cultivadas son las que Luciani (1989) recomendó para la producción de materia prima que se utilizaría en la agroindustria venezolana de alimentos concentrados para animales.

Tabla 2. Contenido de nutrientes en tubérculos de boniato de 13 variedades cultivadas en Venezuela (por ciento en base seca)

Variedad	MS	Ceniza	FC	EE	ELN	PC ¹	Fuente de los datos
LM 24	29.1	4.1	7.2	1.1	88.6	9.0	Barrops (1981)
UC 779	30.0	3.9	7.7	0.8	88.4	9.2	
Isleña	35.9	3.7	10.6	1.8	73.5	10.4	Luciani (1989)
LM 18	33.5	3.9	7.5	1.0	77.2	10.4	
Catemaco	30.4	4.7	6.9	2.0	75.5	10.9	
LM 503	23.3	4.1	8.9	1.5	75.2	10.3	
UCV-5	32.1	3.3	5.1	0.9	88.3	2.4	
UCV-7	33.5	2.3	4.2	0.4	90.1	3.0	
UCV-9	37.2	3.0	4.8	0.5	87.8	3.9	
UCV-10	31.4	1.3	4.3	0.5	89.8	4.0	
UCV-22	31.7	4.2	4.0	0.6	89.1	4.9	
UCV-39	28.8	5.4	5.7	0.4	84.0	4.5	
UCV-41	28.1	5.6	5.0	0.6	84.2	4.6	
Isleña	35.1	4.8	5.0	1.0	85.6	3.6	

¹ N x 6.25

La concentración de sustancia seca en boniatos cubanos aparece en la tabla 3. En este caso, si bien este valor, en lo que se ha publicado, varía más bien poco (31.0-39.6%) y es relativamente alto (promedio, 36.1%), el contenido proteico parecería tener valores más bajos en los datos de Navia et al

(1955) que otros que los duplican en los informes de García y Pedroso (1989) y Rodríguez (1992). Ello pudiera sugerir cierta tendencia hacia una mejora genética en las variedades cultivadas en Cuba.

Tabla 3. Contenido de nutrientes en tubérculos de boniato cultivado en Cuba (por ciento en base seca)

MS	Ceniza	FC	EE	ELN	PC ¹	Fuente de los datos
In natura						
35.8 ²	1.7	3.0	0.1	90.0	4.4	Navia et al (1955)
35.9	1.8	3.4	0.2	91.6	3.0	
39.6	1.3	2.1	1.0	92.8	2.8	García y Pedroso (1989) Rodríguez (1992)
37.0	2.3	2.6	0.7	87.8	6.6	
37.0	-	1.6	-	-	7.0	
31.0	-	7.7	1.3	-	10.0	

¹ N x 6.25

² Peladas

Datos asiáticos correspondientes a la composición de boniatos pueden examinarse en la tabla 4. Aquí pudiera decirse que el

contenido de MS en los tubérculos de un experimento vietnamita podría considerarse más bien bajo. Otro detalle

interesante es que el valor de 5.4% para la proteína cruda que fue informado por Wu y Chen (1985) en China corresponde al de una variedad definida como rica en proteína. En todos los datos asiáticos, como en los americanos, se mantiene constante la evidencia de un alto valor para el contenido de

ELN. A propósito, los datos de boniato ensilado entre uno y tres meses en Taipei (Lin et al 1988) sugerirían que a medida que transcurre el tiempo el ELN tiende a aumentar ligeramente y así mismo las otras fracciones del esquema analítico de Weende tienden a decrecer.

Tabla 4. Contenido de nutrientes en tubérculos de boniato cultivado en Asia tropical (por ciento en base seca)

MS	Ceniza	FC	EE	ELN	PC ¹	Fuente de los datos
In natura						
26.8	5.0	3.0	1.0	84.5	6.5	Devendra (1979)
34.8	2.6	3.4 ²	-	-	2.5	Rose y White (1980)
27.1 ³	3.4	2.9	1.9	89.0	2.8	Nguyen Nghi (1986)
19.6 ⁴	3.5	4.5	2.1	86.4	3.5	
19.1	-	-	-	-	4.0	Hoang Huong (2003)
Secado						
87.2	2.5	1.8	0.6	78.9	3.4	Takahashi et al (1968)
93.8	4.0	5.4	1.3	86.7	2.6	Gerpacio et al (1978)
87.2	-	3.8	1.3	-	2.7	Gerpacio y Castillo (1979)
87.9	4.2	2.0	1.7	88.4	3.7	Lee y Yang (1980)
90.4	3.8	3.3	1.4	86.1	5.4	Wu (1980)
89.6	1.5	2.8	1.5	88.3	3.7	Rajaguru et al (1982)
86.6	4.3	-	0.9	-	5.9 ⁵	Wu y Chen (1985)
90.8	2.2	4.5	0.5	90.4	2.3	Blaha y Mudrik (1990)
Ensilado						
27.6 ⁶	3.5	3.8	1.6	86.3	4.8	Lin et al (1988)
29.4	3.0	3.3	1.3	88.7	3.7	
30.5	3.0	2.2	1.0	90.7	3.1	

¹ N x 6.25

² FDA

³ Cáscara roja

⁴ Cáscara blanca

⁵ Variedad rica en proteína. Pastillas de boniato secado al sol

⁶ Uno, dos y tres meses de ensilado respectivamente

Ravindran et al (1995) han publicado desde Peradeniya, en Sri Lanka, un estudio muy acucioso sobre el perfil nutritivo de 16 variedades cultivadas de boniato. Un aspecto a destacar podría ser la diferencia evidente entre variedades, muy marcada, en todos los índices estudiados.

La información africana referente al perfil nutritivo de los boniatos se deriva esencialmente de Nigeria. En esos datos, que se presentan en la tabla 5, se hace interesante llamar la

atención sobre los datos de Oyenuga (1968), quien midió el contenido de nutrientes en boniatos pelados y en la cáscara.

Según Oyenuga (1968), el contenido de MS en la cáscara es prácticamente la mitad (11.7%) del correspondiente al parénquima (28.7%). En contraste el nivel de proteína cruda parece seguir una tendencia opuesta, o sea, 6.3% en la corteza y 5.2% en el parénquima.

Tabla 5. Contenido de nutrientes en tubérculos de boniato cultivado en África tropical (por ciento en base seca)

MS	Ceniza	FC	EE	ELN	PC ¹	Fuente de los datos
In natura						
28.7 ²	2.7	0.1	0.5	91.5	5.2	Oyenuga (1968)
28.1	3.2	0.3	0.5	90.6	5.4	
40.0	-	1.2	-	-	5.8	Oyenuga y Fetuga (1975)
Cáscara						
11.7	4.6	0.3	1.3	87.5	6.3	Oyenuga y Fetuga (1975)
Secado						
94.2	3.4	1.2	1.8	90.6	2.7	Fetuga y Oluyemi (1978)
82.1	3.7	0.9	1.7	89.1	4.6	Longe y Tona (1988)

¹ N x 6.25

² Sin cáscara

Los datos europeos de Just et al (1983) y Noblet et al (1993) que se muestran en la tabla 6 corresponden a muestras de

harina de tubérculo de boniato, mientras que los del INRA (1984) reflejan valores in natura. En base seca, estos índices

muestran una estabilidad bastante grande en su composición. Así, la proteína cruda oscila muy estrechamente (4.4-4.8%) y lo mismo ocurre con el ELN (87.2-88.9%). Los datos

norteamericanos que aparecen en esta misma tabla no reflejan una modificación sustancial en el perfil nutritivo de los boniatos que no los caracterice como una fuente tropical de energía.

Tabla 6. Contenido de nutrientes en harina de tubérculos de boniato según laboratorios europeos y norteamericanos (por ciento en base seca)

MS	Ceniza	FC	EE	ELN	PC ¹	Fuente de los datos
Europa						
86.9	3.5	3.4	0.9	88.3	4.4	Just et al (1983)
33.0	3.5	3.3	1.2	87.2	4.8	INRA (1984)
-	3.1	2.9	0.6	88.9	4.4	Noblet et al (1993)
Norteamérica						
90.2	4.5	3.6	1.0	85.5	5.4	Morrison (1956)
89.8 ²	5.9	9.3 ²	0.2	78.0	6.6	Tor-Agbidye et al (1990)

¹ N x 6.25

² Cáscaras y tubérculos no aptos para el consumo humano. Subproductos de la industria

³ FDA; el contenido de FND fue 10.3%

Se han estudiado diferentes factores de diversa naturaleza que pudieran influir en el perfil nutritivo de los tubérculos de boniato, debido a que los mismos se usan en alimentación humana o en la industria. Así, Truong et al (1986) han citado varios trabajos hechos al respecto (Hammett y Barrentine 1961; Ali y Jones 1967; Sistrunk 1977; Reddy y Sistrunk 1980; Kawabata et al 1984). Estudios aún anteriores (Cooley 1948; Jain et al 1951; Edwards et al 1955; Natarajan et al 1960) habían sido mencionados ya por Madamba y San Pedro (1976) en las Filipinas. Igualmente, Madamba y San Pedro (1976) han referido trabajos de mediados de siglo en los que se definía cómo podía modificarse la composición química de los tubérculos de boniato al variar diversas condiciones tales como el suelo y el clima, el método de cultivo, la duración de la cosecha y el status post-cosecha tales como la manipulación y el almacenamiento (Dawson 1950, 1951; Murthy y

Swaminathan 1954; Massai y Barrau 1955). En la industria alimentaria, se pudiera mencionar como ilustración el estudio de Cereda et al (1982), quienes estudiaron en Batucatu 18 variedades cultivadas de esta convolvulácea (vide infra). Por otra parte, la poda periódica de la parte aérea parece influir más en el rendimiento que en la composición del tubérculo (Dahniya 1981).

Un ejemplo de cómo influyen las condiciones climáticas en el perfil nutritivo de los boniatos se muestra en la tabla 7. En este sentido, Madamba y San Pedro (1976) al comparar la composición química de cuatro variedades cultivadas en Filipinas, de acuerdo con las estaciones del año, encontraron que el nivel de ceniza y proteína crudas pero no el extracto etéreo, fue generalmente más alto en la cosecha de la estación seca que en la estación lluviosa.

Tabla 7. Influencia de la estación del año en el contenido de nutrientes en tubérculos de cuatro variedades cultivadas de boniato (por ciento en base seca)

	MS	Ceniza	EE	PC ¹
Estación de seca				
Jewel	94.5 ²	2.8	0.6	2.4
C53-83	93.6	2.3	1.2	3.0
Hsinchu	94.8	2.7	0.4	2.3
Taichung 27	94.8	3.1	0.6	2.5
Media	94.4	2.7	0.7	2.6
Estación de lluvia				
Jewel	91.2	2.8	1.3	1.4
C53-83	91.2	1.3	1.5	2.3
Hsinchu	94.8	2.4	0.7	1.1
Taichung 27	92.9	2.5	0.8	2.2
Media	91.7	2.2	1.0	1.7

¹ N x 6.25

² Tubérculos pelados, lasqueados, secados durante 24 h a 35°C y molidos

Fuente de los datos: Madamba y San Pedro (1976)

CONTENIDO DE ALMIDÓN EN LOS BONIATOS

En los tubérculos de boniato, el ELN se caracteriza por una concentración alta de almidón, y también por la presencia de cierta cantidad de sacarosa. Otros carbohidratos de estructura simple también están presentes. En la tabla 8 se presentan

datos de un informe de Cereda et al (1982) en el que se reflejan resultados del estudio de 18 variedades cultivadas de boniato en el Brasil. En este trabajo, el contenido promedio de MS en la pulpa fresca de los tubérculos fue más bien alto (35.9%); también se observó un alto coeficiente de variación en este índice (20.7%). En lo referente al tenor de almidón, éste fue como promedio, el 63.2% del contenido seco, y fue

desde 42.6% en la variedad con un mínimo contenido de almidón, hasta casi el doble, 78.7% en la variedad SRT 072, la

que resultó ser la más rica en este polisacárido.

Tabla 8. Variedad cultivada de boniato y contenido de almidón en los tubérculos pelados¹ (por ciento en base seca). Estudio brasilero

Variedad	MS, %	Color de pulpa	Almidón	α -amilasa ²	β -amilasa ³
SRT 129	31.8	Naranja	42.6	842	890
SRT 250	24.0	Naranja	51.7	1 777	887
IAC 02/19	27.6	Naranja	52.8	1 142	905
SRT 225	33.5	Rosado	54.2	2 285	735
SRT 272	26.4	Naranja	56.2	3 200	887
IAC 45/71	33.6	Crema	57.4	1 230	735
SRT 257	40.4	Crema	59.1	1 777	725
IAC 66/118	32.4	Crema	62.0	1 230	660
SRT 066	40.0	Crema	65.1	3 200	704
IAC 58/71	22.8	Crema	65.5	410	785
IAC 3/4	36.6	Crema	67.7	1 777	810
SRT 257	48.2	Crema	69.4	1 777	762
SRT 263	48.2	Crema	69.4	1 777	762
SRT 253	37.0	Crema	69.8	2 285	772
IAC 138-Z	41.6	Naranja	70.0	2 285	870
SRT 252	37.4	Crema	72.3	516	777
SRT 230	38.1	Crema	73.4	1 142	535
SRT 072	45.8	Crema	78.7	2 285	856

¹ Tubérculos, recién cosechados, pelados y cortados. Las determinaciones de almidón y carbohidrasas se hicieron en muestras frescas.

² Unidades/g MS

³ Equivalentes de glucosa liberada mg/ml en 5 min. En por ciento

Fuente de los datos: Cereda et al (1982)

Desde el punto de vista químico, el almidón del boniato está constituido por una proporción predominante de amilopectina, y una menor de amilosa.

Tabla 9. Variedad cultivada de boniato y contenido de almidón en harina de tubérculos (por ciento en base seca). Estudio filipino

Variedad ¹	MS, %	Almidón	Amilosa
Tainung 57	92.7	63.8	16.1
Julian	91.8	65.3	19.0
UPCA	91.7	69.7	21.2
BNAS	91.4	72.0	21.0
Georgia Yam	90.6	72.0	21.0
Inubi-Tres colores	91.7	72.1	20.0
C 53-83	91.9	72.2	21.1
Okinawa 100	92.1	73.8	20.8
Tainung 27	92.9	74.4	19.5
Jewel	91.2	78.2	18.8
Variagas x Whitestar	91.8	78.7	23.8
Palawan	91.2	78.9	24.4
Hsinchu	91.5	83.1	19.7
Clemente	91.1	85.0	22.6
Pelican Processor	91.5	86.6	21.5
Leyte-Inubi	91.1	86.8	22.0

¹ Muestras de boniatos cultivados durante la época de lluvia. Los tubérculos se pelaron y cortaron en lascas. Después se remojaron, se secaron en una estufa a 350°C y se molieron

Fuente de los datos: Madamba y San Pedro (1976)

Una evaluación de este aspecto fue hecha por Madamba y San Pedro (1976) en Filipinas, y algunos datos de sus resultados se muestran en la tabla 9. De acuerdo con esta información, el promedio de almidón y amilosa en los tubérculos pelados y hechos harina fue de 75.7 y 20.8% respectivamente. En estos datos el coeficiente de variación para el almidón fue menor (9.1%) que en la investigación de Cereda et al (1986).

En la tabla 10 se muestran los resultados de un estudio de distintos carbohidratos presentes en los boniatos, además del almidón. También se estudió el efecto de la cocción, así como variedades filipinas y una norteamericana. En este trabajo de Truong et al (1986) tal vez otro rasgo interesante lo fue el empleo de métodos enzimáticos y de cromatografía líquida de alta presión para la medición de los carbohidratos. Se halló que la suma de fructosa, glucosa y sacarosa representó 85-96% ó 17-54% del total de carbohidratos solubles de las muestras de boniato crudo o cocinado en ese orden. En estas mismas muestras el almidón fue 33-73% o 32-61%. El decrecimiento en la concentración de almidón con la cocción estuvo aparejada con la aparición de maltosa y maltotriosa en la fracción hidrosoluble de las muestras cocinadas. En muestras de tubérculos in natura que procedían de Guadeloupe, Cerning-Beroard y Le Dividich (1976) hallaron que el contenido de almidón y carbohidratos solubles en etanol fue 69.3 y 9.1% respectivamente. Con la cocción, estos investigadores también observaron una disminución en la concentración de almidón y un aumento del peso de la fracción etanólica (aproximadamente desde un 10 a un 30%).

Tabla 10. Análisis de carbohidratos en distintos tubérculos de boniato¹ (por ciento en base seca)

Variedad	Proceso	Fructosa	Glucosa	Sacarosa	Almidón
VSP-1	CR ²	1.7	2.0	14.2	57.9
	CC	1.8	4.2	1.2	44.7
VSP-2	CR	1.2	1.4	12.6	58.8
	CC	1.3	2.5	1.2	37.1
VSP-3	CR	0.8	1.1	6.2	63.6
	CC	1.1	1.4	6.6	55.0
BNAZ-51	CR	0.4	0.6	13.5	58.4
	CC	0.1	0.2	11.4	57.1
Karinikit	CR	0.3	0.4	4.2	72.9
	CC	0.3	0.4	4.1	61.1
Louisiana yam ³	CR	4.0	4.2	29.7	33.1
	CC	3.6	4.4	9.9	31.7

¹ Muestras peladas, secadas en estufa a 50°C y molidas con posterioridad

² CR significa crudo y CC, cocinado

³ Variedad norteamericana. Las restantes son filipinas

Fuente de los datos: Truong et al (1986)

La estructura de los gránulos de almidón en los boniatos es la característica de otras raíces y tubérculos. De acuerdo con la difracción de rayos X que hace la estructura cristalina de este almidón, puede clasificarse como de tipo B. Por otra parte, este tipo de gránulo es relativamente grande (25 µ).

PERFIL DE AMINOÁCIDOS EN BONIATOS

Entre un 15 y un 35% del N de los tubérculos de boniato no es proteico (Purcell et al 1978). Por otra parte, existen suficientes aminogramas en muestras de tubérculos de boniato, que

permiten sugerir que las proteínas de los mismos están desbalanceadas, fundamentalmente por su tenor relativamente bajo de lisina y aminoácidos azufrados (Edmon 1971; Purcell et al 1972; Li 1982). En la tabla 11 se listan cifras de aminoácidos esenciales contenidos en boniatos usados mayoritariamente en alimentación animal. Esta información sugiere que cuando se usan grandes proporciones de boniatos en la dieta para cerdos, será conveniente formular adecuadamente desde el punto de vista del balance de aminoácidos, lo que indudablemente elevará el valor biológico de la proteína dietética (Walter y Catignani 1981).

Tabla 11. Contenido de aminoácidos esenciales en tubérculos de boniato (por ciento en base seca)

	Fuente de los datos					
	1	2	3	4	5	6
Arginina	0.17	0.18	0.27	-	0.14	0.08
Cistina	-	0.06	0.06	0.11	-	-
Fenilalanina	0.21	0.17	0.39	0.34	0.26	0.08
Histidina	0.05	0.0	0.09	-	0.07	0.26
Isoleucina	-	0.14	0.18	0.27	0.21	0.06
Leucina	0.45	0.24	0.27	-	0.35	0.10
Lisina	0.09	0.18	0.18	0.29	0.08	0.07
Metionina	0.24	0.07	0.06	0.13	0.09	-
Treonina	0.20	0.14	0.27	0.32	0.23	0.07
Triptófano	0.04	0.14	0.09	-	-	0.06
Valina	0.16	0.18	0.24	-	0.30	0.09

¹ Determinado por técnicas microbiológicas (Gerpacio et al 1978)

² Just et al (1983)

³ INRA (1984)

⁴ Boniato rico en proteína (Yeh y Bouwkamp 1985)

⁵ Tor-Agbidye et al (1990)

⁶ CNPSA (1991)

⁷ Incluye tirosina

Aparentemente, debido a que la mayor parte de la proteína del boniato existe en forma de una globulina, la ipomeína (Jones y Gersdorff 1931). El esfuerzo genético por elevar el contenido proteico de los tubérculos no ha conllevado un cambio en la composición en aminoácidos de los mismos. Esto es lo que

parecen sugerir los datos de Yeh y Bouwkamp (1985) que se listan en la tabla 12.

Tabla 12. Contenido de aminoácidos esenciales en tubérculos de boniato con bajo o alto nivel de proteína (por ciento en base seca)

Criterio	Proteína en boniatos	
	Normal	Alta
PC ¹	3.20	7.02
Cistina	0.03	0.11
Isoleucina	0.13	0.26
Fenilalanina	0.14	0.34
Lisina	0.14	0.28
Metionina	0.04	0.13
Treonina	0.12	0.32
Triptófano	0.45	-
Tirosina	0.06	0.29

¹ N x 6.25

Fuente de los datos: Yeh y Bouwkamp (1985)

FACTORES ANTINUTRICIONALES

Scott (1992) ha llamado la atención sobre lo nocivo de los factores de inhibición de la tripsina (FIT) para los índices digestivos en cerdos alimentados con dietas preparadas con

tubérculos crudos, y adelantó que esta restricción podría solucionarse con nuevas variedades logradas mediante procedimientos biotecnológicos o mediante, tal vez, la selección de variedades, al decir de Tsou y Hong (1989, citado por Scott 1992). Como se sabe muy bien, el resultado neto de la acción de los FIT se refleja en una inhibición del crecimiento de los animales.

En el caso particular de los cerdos, Yeh (1983) informó que cuando los tubérculos frescos de boniato constituían entre 25 y 30% de la dieta en base seca, se redujo la velocidad del crecimiento de los animales, e igualmente disminuyó la razón de eficiencia proteica. Un ejemplo de la interdependencia entre la presencia de FIT en los boniatos y los rasgos de comportamiento en cerdos que los consumen aparece en la tabla 13. En este estudio de Yeh y Bouwkamp (1985) el efecto negativo de los FIT se manifestó más en el crecimiento de los animales y en la conversión alimentaria, que en la inhibición del consumo voluntario. Por otra parte, es posible que en ese experimento existiera cierta influencia de la digestibilidad del almidón de los tubérculos que no se midió. La digestibilidad del almidón en los boniatos está influida fuertemente por el procesamiento al que se sometan esos tubérculos (vide infra).

Tabla 13. Influencia de los inhibidores tripticos en rasgos de comportamiento de cerdos en crecimiento acabado alimentados con boniato

	Maíz ¹	Maíz y boniato	Boniato	Boniato y bejuocos
Consumo, kg/día	1.85	1.83	1.78	1.74
Ganancia, kg/día	0.63	0.48	0.44	0.36
Conversión, kg/kg	3.08	3.84	4.09	4.99

¹ En todas las dietas la fuente proteica fue harina de soya

Fuente de los datos : Yeh y Bouwkamp (1985)

BIOQUÍMICA DE LOS FACTORES DE INHIBICIÓN DE TRIPSINA

Aunque no tan conocidos en el mundo atlántico como los presentes en las semillas de leguminosas, los arriba mencionados factores fueron descubiertos en tubérculos de boniato por Sohonie y Bhandarku (1954). A partir de ese momento, los FIT han sido tema de varias investigaciones japonesas (Sugiura et al 1973; Ogiso et al 1974) y chinas (Yeh et al 1972; Huang y Tsai 1982; todos citados por Lin 1988; Lin y Chen 1980; Lin 1982; Lin et al 1983). Así es que estas sustancias fueron purificadas por Sugiura et al (1973) y además fueron estudiados aspectos de su bioquímica por Ogiso et al (1974). A este respecto, existe un número variable de inhibidores de tripsina, lo que al parecer es una función varietal.

Como ilustración, en la variedad cultivada Okinawa Kokei N^o14 se hallaron tres inhibidores diferentes. De ellos, los inhibidores II y III eran bastante estables en el rango de pH de 2 a 11 a 37°C, y además, termoestables (Sugiura et al 1973). Igualmente se informaron las modificaciones de los residuos aminoacídicos en el inhibidor III (Ogiso et al 1974). Por otra parte, Lin et al (1983) propusieron la presencia de más de tres formas moleculares de inhibidores de tripsina en la variedad cultivada de boniato chino Tainong 65.

También Dickey y Collins (1984) informaron haber detectado al menos seis bandas diferentes de inhibidores tripticos en cuatro variedades norteamericanas, al separarlas mediante electroforesis de gel de poliacrilamida a pH 8.9. los pesos moleculares de esas proteínas fueron 40 400, 39 600, 36 600, 34 800, 22 200 y 21 500 (Lin y Chu 1987; citados por Lin et al 1988).

Estudios posteriores hechos por el equipo de Lin en Taipei han aportado más información sobre los FIT de los tubérculos de boniato. En este sentido, se conoce que estos FIT sufren variaciones estacionales, asociadas a cambios de factores climáticos, tales como la temperatura ambiente y el volumen de precipitación pluvial. Los datos de Taipei también han indicado que muchas características agronómicas en esta especie vegetal están relacionadas con la actividad de los FIT. Desde el punto de vista varietal, Lin y Chen (1980) informaron sobre los niveles y termoestabilidad de los FIT en tubérculos de 53 variedades cultivadas de boniato. En general, los investigadores de Taiwan han sugerido que existe una interdependencia positiva entre el nivel de actividad de los FIT y el de proteína en las muestras de boniatos crudos (Lin y Chen 1984; 1985; Yeh 1983 citados por Bradbury 1984). Esa proposición se sustenta en datos que se listan en la tabla 14.

Tabla 14. Inhibidores de tripsina (FIT) y proteína cruda en boniatos cultivados en Taiwán (en base fresca)

Variedad cultivada	FIT ¹	PC ²
B 7078	0.6	0.6
Taiwan Red	0.9	0.6
Tainung 60	1.0	0.5
Red Tuber Tail	1.2	0.6
Tainung 27	1.3	0.6
Julianlok 9-3	1.4	0.7
Tainung New 10	1.5	0.6
Julian	2.0	0.9
Yod Daeng/old Goldrush	2.1	0.6
Tainung 57	2.2	0.7
PI 153905	2.3	0.8
Nilandicho	2.3	0.8
PI 259164-1	2.8	0.9
HDK 6/B6708	2.9	0.7
B 6708/Centennial	3.2	0.7
B 6708/HDK 8	3.4	0.9
HDK 8/PS 318851	3.5	1.0
A2adian	6.3	1.6
Tainung 63	6.9	1.2
Centennial	8.1	1.7

¹ mg/g

² N x 6.25, %

Fuente de los datos: Bradbury et al (1984)

Un informe similar hecho por Bradbury et al (1984) referido a 21 variedades cultivadas en Papua Nueva Guinea no parece confirmar la propuesta de que la actividad de los FIT y el nivel proteico de los boniatos están positivamente correlacionados. De acuerdo con el examen de Bradbury et al (1984) la actividad de los FIT varió en ese muestreo en un rango amplio, desde 0.22 a 22.1 mg/g de tubérculo fresco (tabla 15).

Tabla 15. Inhibidores de tripsina (FIT) y proteína cruda en boniatos cultivados en Papua Nueva Guinea (en base fresca)

Variedad cultivada	FIT ¹	PC ²
Hopemehene	0.33	0.50
Pulupori	0.43	1.00
Wanmun	0.64	1.56
Momondo	0.66	1.19
Soli	0.80	1.38
Kalua	1.69	1.31
Sakamonde	2.85	2.00
Kariap	5.24	2.00
Karis	5.89	0.81
Kariko	6.43	1.63
Simbur Sowar	8.16	1.69
Sapel	9.06	0.78
Koe	9.28	0.94
Tomun	10.80	1.56
Takion	12.70	2.06
Omibo	14.00	0.94
Kiumnake	16.60	1.00
Kaume	18.30	1.19
Wanmun	19.60	0.88
Undawe	20.90	1.50
Poronogo	22.10	1.19

¹ mg/g

² N x 6.25, %

Fuente de los datos: Bradbury et al (1984)

Un intento hecho por Ravindran et al (1995) para correlacionar el tenor de los FIT con la digestibilidad in vitro de la proteína, no dio resultados positivos. La digestibilidad in vitro de la proteína de boniatos tal como la midieron Ravindran et al (1995) dio muy alta (75.8%).

MÉTODOS DE NEUTRALIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD INHIBIDORA DE TRIPSINA

Debido a que los FIT son de naturaleza proteica, se han usado técnicas consistentes en tratar térmicamente los boniatos. Estas técnicas han ido desde el simple secado al sol de los boniatos, hasta el uso simultáneo de presión y vapor. También se ha aprovechado la característica del proceso de ensilado que implica la hidrólisis de proteína.

En cuanto al secado al sol, parece que no elimina la presencia de los FIT según Yeh y Bouwkamp (1985). Estos investigadores observaron que la actividad inhibidora de tripsina fue de 1320 unidades/g MS en boniatos expuestos al sol. Esta actividad se redujo a un 83.3% de aquel valor al tratar las pastillas o lascas de boniato a 390°C durante un minuto, ó a un 47.7% si el tratamiento era a 430°C también durante un minuto. Anteriormente, Yeh et al (1979) habían demostrado que los FIT no fueron completamente destruidos cuando los tubérculos se fraccionaron, se expusieron al sol y después sufrieron un tratamiento térmico (100°C) durante 5 minutos. En otros trabajos se observó que el calentamiento por microondas no mejoró el valor nutritivo de las pastillas de boniato (Yeh et al 1977).

Al parecer, los tratamientos térmicos drásticos son los más efectivos para eliminar los FIT, puesto que Yen et al (1981) lo consiguieron al expandir pastillas de boniato (presión, 6-8 kg/cm²; temperatura, 164-175°C). Paralelamente Yen et al (1981) observaron que el tratamiento de expansión no mejoró la digestibilidad ileal de los aminoácidos, pero sí ocurrió así con el almidón.

También se observó en esta prueba que el ritmo de crecimiento y la conversión alimentaria de los cerdos que consumieron las pastillas expandidas de boniato se mejoraron evidentemente, en comparación con esos mismos tipos de rasgos en animales que se alimentaban con las pastillas sin expandir (Yeh et al 1978). La cocción disminuye considerablemente, aunque no del todo, la actividad de los FIT en los boniatos, que crudos pueden mostrar un 78.8% de inhibición de la tripsina, y 16.7% en los tubérculos ya cocinados, según Martínez et al (1991).

Entre los diversos métodos ensayados para eliminar el efecto de los FIT de los tubérculos de boniato, se halla el de ensilado. Sin embargo, el ensilar los boniatos, aunque hizo disminuir estos factores (tabla 16), no los hizo desaparecer por completo en un plazo de tres meses. En este sentido, Lin (1988) halló que el decrecimiento en la actividad de los FIT no fue lineal con respecto al valor obtenido en la muestra antes de ensilar (37.3 µg de tripsina inhibida/mg proteína). Por otra parte, el curso temporal en la caída de esa actividad fue similar en todas las mezclas probadas de boniato y maíz

Tabla 16. Patrón de cambio en la actividad de los FIT¹ en boniato ensilado con distintas cantidades de maíz

	Meses de ensilado		
	1	2	3
Boniato:maíz			
10:0	14.6	14.6	7.0
9:1	14.0	9.7	4.2
8:2	11.4	8.9	3.9
7:3	10.6	10.0	3.3

¹ Actividad medida en la muestra antes de ensilar fue 37.3 µg de tripsina inhibida/mg de proteína
Fuente de los datos: Lin (1988)

OTROS FACTORES ANTINUTRICIONALES EN LOS BONIATOS

Aunque la atención de los investigadores se ha concentrado en los FIT de los tubérculos de boniato, no debiera desdesharse la posibilidad de que otros factores antinutricionales se encuentren en los boniats. En este sentido, poco se sabe sobre la presencia de compuestos fenólicos en la cáscara de las mismas, como se ha demostrado en la papa (Malmberg y Theander 1984) y en la yuca (Rickard 1982). A este respecto Rickard (1986) informó sobre la interdependencia entre la digestibilidad de la proteína de yucas y el contenido de tanino en la corteza de estas raíces. En los boniats, el pobre aprovechamiento digestivo de la proteína (vide supra) pudiera estar causado no sólo por los FIT, sino también por taninos.

La presencia de otras sustancias en los boniats, tales como el oxalato también ha sido explorada (Ravindran et al 1995). Sobre este particular se sabe muy poco.

CONCLUSIONES

Los tubérculos de boniato constituyen una fuente de almidón que durante mucho tiempo ha sido utilizada en la alimentación de cerdos en condiciones de cría intensiva o extensiva, fundamentalmente esta última en el trópico. Los tubérculos han sido suministrados a los animales en forma fresca o ensilada, o después de sufrir diferentes tratamientos. El ensilado y el secado al sol de los boniats no elimina por completo la actividad adversa de los factores inhibidores de tripsina, lo que podría interactuar con una baja digestibilidad de la proteína de los boniats. Esta proteína es desbalanceada por su bajo contenido de aminoácidos azufrados, y también en lisina.

Desde el punto de vista del valor energético de los tubérculos de boniato, éste parece ser superior cuando estos tubérculos son secados artificialmente que cuando son consumidos por los animales en condiciones in natura. Este status es paralelo a lo que se obtiene con los rasgos de comportamiento durante el crecimiento y engorde de los cerdos. Ello no puede explicarse simplemente por un aumento en el volumen del alimento a consumir, porque hay evidencias de que el almidón del boniato no es fácilmente digestible en los tubérculos crudos, que aún secados artificialmente, solamente sufre una digestión prececal incompleta.

La influencia de los inhibidores de tripsina, presentes en los boniats, no parece estar bien definida en cuanto al estado

nutricional de los cerdos. Aún así, es muy evidente que la digestibilidad de la proteína del boniato es muy baja, y también ocurre así con la de dietas donde se incluye el boniato. Esto, junto con el desbalance de aminoácidos ya referido, debes ser un aspecto muy a tener en cuenta en la formulación de dietas con altos niveles de estos tubérculos en las mismas.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su agradecimiento a los bibliotecarios del Instituto de Investigaciones Porcinas y de la Biblioteca Central del Ministerio de la Agricultura (Agrinfor) en La Habana, y particularmente a la Sra. Juana Camacho y a la desaparecida Lic. Margarita Hung, por su muy eficiente asistencia en la localización de materiales consultados para la preparación del presente ensayo. Igualmente se expresa gratitud a la Ing. Rosa María Martínez, por su colaboración en la preparación del manuscrito.

REFERENCIAS

- An, L.V., Frankow-Lindberg, B.E. y Lindberg, J.E. 2003. Effect of harvesting interval and defoliation on yield and chemical composition of leaves, stems and tubers of sweet potato (*Ipomoea batatas* L. (Lam) plant parts. *Field Crops Research*, 82:49-58
- Alvarenga, J.C., Donzele, J.L. y Lopes, D.C. 1988. Balanço da energia e da proteina de alimentos alternativos para suínos. *Informe Agropecuario*, 13(156):75-76
- Barrios, J. 1981. Prueba comparativa de clones experimentales de batata (*Ipomoea batatas* L.) versus variedades establecidas. *Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela*, 33:257-268
- Blaha, J. y Mudrik, Z. 1990. A study of the nutritive value of Vietnamese feedstuffs. *Agricultura Tropica et Subtropica (Praha)*, 23:89-94
- Bradbury, J.H., Baines, J., Hammer, B., Anders, M. y Miller, J.S. 1984. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 32:469-473
- Calpe, C. 1992. Roots, tubers and plantains; recent trends in production, trade and use. In: *Roots, tubers, plantains and bananas in animal feeding* (D. Machin y S. Nyvold, ed.). *FAO Animal Production and Health Paper N° 95*. Roma, p 11-25
- Cereda, M.P., Conceição, F.A.D., Cagliari, A.M., Heczen, A.M. y Fioretto, R.A. 1982. Estudio comparativo de variedades de batata-doce (*Ipomoea batatas*), usando aproveitamento em industrias de alimentos. *Turrialba*, 32:365-370
- Cerning-Beroard, J. y Le Dividich, J. 1976. Valeur alimentaire de quelques produits amylicés d'origine tropicale: étude in vitro et in vivo de la patate douce, de l'igname, du malanga, du fruit à pain et de la banane. *Annals de Zootechnie*, 25:155-168
- C.N.P.S.A. 1991. Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves. *Centro Nacional de Pesquisas em Suínos e Aves (CNPISA)*. Concórdia, pp 96
- Cornelio, V.M.O., Alves, M.I.G. y Soares, M.C. 1988. Raspa de batata doce para suínos em crescimento e terminação.

Empresa de Pesquisa Agropecuaria de Minas Gerais. Informe N°. 175, pp 2

Dahniya, M.T. 1981. Effects of leaf harvests and detopping on the yield of leaves and roots of cassava and sweet potatoes. In: Tropical root crops. Research strategies for the 1980s (E.R. Terry, K.A. Odoro y F. Coveness, editores). Proceedings of the First Triennial Root Crops Symposium. International Society of Tropical Root Crops (IDRC). Ottawa, p 137-142

Devendra, C.A. 1979. Malaysian feedingstuffs. Malaysia Agricultural Research and Development Institute (MARDI). Serdang, pp 145

Devendra, C. y Göhl, B.I. 1970. The chemical composition of Caribbean feedingstuffs. Tropical Agriculture (Trinidad), 47:335-342

Dickey, I.F. y Collins, W.W. 1984. Cultivar differences in trypsin inhibitors of sweet potato roots. Journal of Americal Society of Horticultural Science, 109:750-754

Domínguez, P.L. 1992. Feeding of sweet potato to monogastrics. In: Roots, tubers, plantains and bananas in animal feeding (D. Machin y S. Nyvold, editores). FAO Animal Production and Health Paper N° 95. Roma, p 217-229

Domínguez, P.L., Reyes, J.L. y Vítores, N. 2009a. Uso del boniato (*Ipomoea batatas* (Lam) en la alimentación porcina. 1. Efecto de la cocción del tubérculo en la digestibilidad de nutrientes. Revista Computadorizada de Producción Porcina, 16(4):

Domínguez, P.L., Cervantes, A. y Ly, J. 2009b. Uso del boniato (*Ipomoea batatas* (Lam) en la alimentación porcina. 2. Efecto de dietas de boniato crudo y distintas fuentes proteicas en rasgos de comportamiento de cerdos en ceba. Revista Computadorizada de Producción Porcina, 16(4):

Edmond, J.B. 1971. Physiology, biochemistry and ecology. In: Sweet potatoes: production, processing, marketing (J.B. Edmond y G.R. Ammerman, editores). The AVI Publishing Company, Westport, p 30-57

Esnaola, M.A. 1986. Efecto de la adición de camote (*Ipomoea batatas*) crudo y cocido a cerdos en crecimiento, alimentados con cantidades restringidas de concentrado. In: Observaciones preliminares sobre el uso de alimentos no tradicionales en cerdos en fincas pequeñas. Informe Técnico N° 66. Centro de Agronomía Tropical, Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, p 19-25

Espinola, C.N. 1992. Alimentación animal con batatas (*Ipomoea batatas*) en Latinoamérica. Turrialba, 42:114-126

Fetuga, B.L. y Oluyemi, J.A. 1976. The metabolizable energy of some tropical tuber meals for chicks. Poultry Science, 55:868-873

García, R. y Pedroso, D. 1989. Alimentos para rumiantes. Tablas de valor nutritivo. Editora del Instituto de Ciencia Animal, La Habana, pp 40

Georgia Experiment Station. 1934. Sweet potatoes as a feed for swine. Georgia Experiment Station Bulletin N° 181, pp

Gerpacio, A.L. y Castillo, L.S. 1979. Nutrient composition of some Philippine feedstuffs. University of The Philippines Technical Bulletin N° 21 (4th edition). Los Banos, pp 117

Gerpacio, A.L., Pascual, F.S., Querubin, L.J., Vergel de Dios, A.F. y Mercado, C.I. 1978. Evaluation of tuber meals as energy sources. 1. Sweet potato- and cassava-based rations for broilers. The Philippine Agriculturist, 61:395-410

Gómez, G. y Buitrago, J. 1982. Effect of processing on nutrient content of feeds: root crops. In: Handbook of Nutritive Value of Processed Food (M. Reichgl, editor). C.R.C. Press. Boca Raton, p 449

González, C. 1994. Utilización de la batata (*Ipomoea batatas* L.) en la alimentación de cerdos confinados y en pastoreo. Tesis DrSci. Universidad Central de Venezuela. Maracay, pp 331

Gupta, J.J., Bardoloi, R.K., Reddy, P.B. y Anubrala Das. 2009. Performance of crossbred pigs fed on raw and boiled sweet potato tuber at various leves at different stages of growth. Indian Journal of Animal Science, 79:696-699

Hoang Huong, G. 2003. Processing and utilization of sweet potato vines and roots for F₁ crossbred fattening pigs. Tesis MSci. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala, pp 70

INIAP. 1971. Resumen de investigaciones en alimentación para engorde de cerdos. Estación de Santa Catalina. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (J. Viteri, editor). Quito, pp 43

INRA. 1984. L'alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin, volailles. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). Paris, pp 282

Jones, P.B. y Gersdorff, C.E.F. 1931. Ipomein: a globulin from sweet potatoes *Ipomoea batatas*. Journal of Biological Chemistry, 93:119-126

Just, A., Jørgensen, H., Fernández, J.A., Bech-Andersen, S y Enggaard Hansen, N. 1983. Forskellige foderstoffers kemiske sammensætning, fordøjelighed, energi- og proteinværdi til svin. Beretning fra Statens Husdyrbufrugsforsøg 556. Copenhagen, pp 99

Lee, P.L. y Yang, Y.F. 1980. Comparación del valor nutritivo de boniatos ricos en proteína para cerdos en crecimiento y acabado. Journal of Taiwan Livestock Research, 13:97-112 (en chino)

Li, L. 1982. Breeding for increased protein content in sweet potatoes. In: Sweet potato. Proceedings of the 1st. International Symposium (R.L. Villareal y T.D. Griggs, editores). Asian Vegetable Research and Development Center. Shan Hua, pp

Lin, Y.H. y Chen, H.,L. 1980. Level and heat stability of trypsin inhibitors activity among sweet potato varieties. Botanical Bulletin of the Academia Sinica, 21:1-13

Lin, Y.H., Cheng, J.F. y Fu, H.Y. 1983. Partial purification and properties of trypsin inhibitors of sweet potato (*Ipomoea*

- batatas Lam.) roots. Botanical Bulletin of the Academia Sinica, 24:103-111
- Lin, Y.H., Huang, T.Ch. y Huong, Ch. 1988. Quality improvement of sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam) roots as feed by ensilage. *British Journal of Nutrition*, 60:173-184
- Longe, O.G. y Tona, G.O. 1988. Metabolizable energy values of some tropical feedstuffs for poultry. *Tropical Agriculture (Trinidad)*, 65:358-360
- Luciani, J.F. 1989. Aporte al mejoramiento varietal de la batata (*Ipomoea batatas* L. Lam) en Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela*, 38:48-74
- Madamba, L.S.P. y San Pedro, E.L. 1976. Chemical composition of sweet potato flour. *The Philippine Agriculturist*, 59:35-355
- Malmberg, A. y Theander, O. 1984. Free and conjugated phenolic acids and aldehydes in potato tubers. *Swedish Journal of Agricultural Research*, 14:119-125
- Martínez, D., Domínguez, P.L. y Tellería, M. 1991. Determinación de factores antitripticos en el tubérculo crudo y cocido de la *Ipomoea batatas* (L.) Lam. Adecuación de una técnica analítica. IV Congreso de la Asociación Latinoamericana de Veterinarios Especialistas en Cerdos (ALVEC.). La Habana, p 110
- Moita, A.M.S., Pereira, A.A., Costa, P.M.A., de Mello, A.V. y Donzelle, J.L. 1991a. Utilização da raspa de batata-doce para suínos na fase inicial de crescimento. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia.*, 20:596-603
- Morrison, F.B. 1956. *Feeds and Feeding* (22th edition). Morrison Publishing Company. Ithaca, pp
- Navia, J.M., López, H., Cimadevilla, M., Fernández, E., Valiente, A. y Clement, I.D. 1955. Nutrient composition of Cuban foods. 1. Foods of vegetable origin. *Food Research*, 20:97-113
- Nguyen Nghi. 1986. Determination of chemical composition of sweet potato and cassava cultivated in Vietnam and the utilization of cassava meal as pig feed. In: *Swine and Poultry Husbandry*. International Foundation for Science (IFS), Estocolmo, p 19-28
- Noblet, J., Fortune, H., Dupire, C. y Dubois, S. 1993. Digestible, metabolizable and net energy values of 13 feedstuffs for growing pigs: effect of energy system. *Animal Feed Science and Technology*, 42:131-149
- Nwokolo, E. 1990. Sweet potato. In: *Nontraditional feed sources for use in swine production* (P.A. Thacker y R.N. Kirkwood, editores.). Butterworths Publishing. Toronto, p 481-491
- Ogiso, T., Tamura, S. y Kato, Y. 1974. Studies on trypsin inhibitors in sweet potato. II. Modification of amino acid residues in inhibitor III. *Journal of Biochemistry (Tokyo)*, 76:147-156
- Onwueme, I.C. 1978. *The tropical tuber crops. Yams, cassava, sweet potato, cocoyams*. John Wiley and Sons. Chichester, pp 234
- Oyenuga, V.A. 1968. *Nigeria's Foods and Feedingstuffs*. Ibadan University Press. Ibadan, pp 33
- Oyenuga, V.A. y Fetuga, B.L. 1975. Chemical composition, digestibility and energy values of some varieties of yam, cassava, sweet potatoes and cocoyams for pigs. *Nigerian Journal of Science*, 9:63-110
- Pérez, R. 1997. *Feeding pigs in the tropics*. FAO Animal Production and Health Paper N° 132. Roma, pp 185
- Peters, D. 2004. Use of sweet potato in pig production in Asia: agricultural and socio-economic aspects. *Pig News and Information*, 25:25N-34N
- Pond, W.G. y Maner, J.H. 1974. *Swine Production in Temperate and Tropical Environments*. W.H. Freeman and Company. San Francisco, pp 646
- Purcell, A.E., Swaisgood, E.E. y Pope, D.T. 1972. Protein and amino acid content of sweet potato cultivars. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 97:30-33
- Purcell, A.E., Walter, W.M. y Giesbrecht, F.G. 1978. Changes in dry matter, protein and non-protein nitrogen during storage of sweet potatoes. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 103:190-192
- Rajaguru, A.S.B., Ravindran, V. y Kornegay, E.T. 1982. Sweet potato meal as an energy supplement in tropical poultry diets. *Journal of Animal Science*, 55(supplement 1):292
- Ravindran, V., Ravindran, G. Swakanisan, R. y Rajaguru, A.S.B. 1995. Biochemical and nutritional assessment of tubers from 16 cultivars of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43:2646-2651
- Richard, J.E. 1982. Investigation into post-harvest behaviour of cassava roots and their response to wounding. Tesis DrSci. University of London. London, pp
- Rodríguez, J. 1992. Raciones prácticas para aves. *Revista ACPA (Asociación Cubana de Producción Animal)*, 11(2):20-27
- Rose, C.J. y White, G.A. 1980. Apparent digestibilities of dry matter, organic matter, crude protein, energy and acid detergent fibre of chopped, raw sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) by village pigs (*Sus scrofa papuensis*) in Papua New Guinea. *Papua New Guinea Agricultural Journal*, 31:69-72
- Scott, G.J. 1992. Sweet potatoes as animal feed in developing countries: present patterns and future prospects. In: *Roots, tubers, plantains and bananas in animal feeding* (D. Machin y S. Nyvold, editores). FAO Animal Production and Health Paper N° 95. Roma, p 183-199
- Sohonie, K. y Bhandarker, A.P. 1954. Trypsin inhibitors in Indian foodstuffs: 1. Trypsin inhibitors in vegetables. *Journal of Science Indian Research*, 13B:500-503

Southwell, B.L., Wheeler, J.T. y Duncan, A.O. 1940. Swine production in the South. The Interstate Printers and Publishers. Danville, pp 307

Sugiura, M., Ogiso, T. y Takeuchi, K. 1973. Studies on trypsin inhibitor in sweet potato. I. Purification and some properties. *Biochimica and Biophysica Acta*, 328:407-411

Takahashi, S., Furuya, S., Jitsukawa, T. y Morimoto, H. 1968. Estudios del valor nutritivo de alimentos para cerdos. 1. Granos y papas. *Boletín del Instituto Nacional de Industria Animal*, 17:1-7 (en japonés)

Tor-Agbidye, Y., Gelaye, S., Louis, S.L. y Cooper, G.E. 1990. Performance and carcass traits of growing-finishing swine fed diets containing sweet potato meal of corn. *Journal of Animal Science*, 68:1323-1328

Truong, V.D., Brimann, C.J. y Marlett, J.A. 1986. Simple sugars, oligosaccharides and starch concentrations in raw and cooked sweet potato. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 34:421-425

Vonesch, E.E. y Ordoñez, C.R. 1970. Calidad y composición química de cuatro variedades de batatas cultivadas en el Norte argentino. *Tecnología y Alimentación*, 19:12-13

Walter, W.M. y Catignani, G.I. 1981. Biological quality and composition of sweet potato fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 29:797-799

Ware, L.M. 1947. Sweet potatoes for livestock. Alabama Agricultural Experiment Station. Progress Report. Serie No. 12, pp

Wolfe, J.A. 1992. Sweet potato: an untapped food resource. Cambridge University Press. Cambridge, pp 643

Wu, J.F. 1980. Energy value of sweet potato chips for young swine. *Journal of Animal Science*, 51:1261-1265

Wu, J.F. y Chen, S.Y. 1985. Effects on nutritional value for varying levels of suncured and popping high protein sweet potato chips for growing pigs. *Journal of the Chinese Society of Animal Science*, 14:41-46 (en chino)

Yeh, T.P. y Bouwkamp, J.C. 1985. Sweet potato roots and vines as animal feed. In: Sweet potato products: a natural resource for the tropics (J.C. Bouwkamp, editor). C.R.C. Press. Boca Raton, p 235-253

Yeh, H.T., Chen, S.Y., Yeh, T.P. y Koh, F.K. 1981. Estudios de digestibilidad de aminoácidos de pastillas expandidas de boniato rico en proteína mediante técnicas de canulación ileal. *Animal Industry Research Institute Research Report*. Taiwan Sugar Corporation. Chunan, p 113-123 (en chino)

Yeh, T.P., Wong, S.C., Koh, F.K., Lee, S.Y. y Wu, J.F. 1977. Mejoramiento del valor nutritivo de pastillas de boniato por diferentes métodos de procesamiento. *Animal Industry Research Institute Research Report*. Taiwan Sugar Corporation. Chunan, p 65-66 (en chino)

Yeh, T.P., Wong, S.C., Lin, H.K. y Kuo, C.C. 1978. Estudios de diferentes métodos de procesamiento de algunos alimentos locales para aumentar su valor nutritivo para cerdos. 1. Expansión de pastillas de boniato. *Animal Industry Research Institute Research Report*. Taiwan Sugar Corporation. Chunan, p 25-31 (en chino)

Yeh, T.P., Wong, S.C., Lin, H.K. y Kuo, C.C. 1979. Popping sweet potato chips for pigs. *Journal of Animal Science*, 49(supplement 1):257

Zhanga, Z., Christopher, C., Wheatley, B. y Corke, H. 2001. Biochemical changes during storage of sweet potato roots differing in dry matter content. *Postharvest Biology and Technology*, 24:317-325