

## EVALUACION NUTRICIONAL Y DE ESTABILIDAD DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE MEZCLAS EXTRUIDAS CON SORGO

*Rubén R. Gutiérrez,<sup>1</sup> Margarita A. de Romano<sup>2</sup> y Marta H. Gómez<sup>2</sup>*

Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI),  
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)  
Universidad Nacional de Salta,  
Salta, Argentina

### RESUMEN

Se extruyeron mezclas binarias sorgo:soja (70:30) y ternarias sorgo:maíz:soja (30:40:30), utilizando sorgos, con alto y bajo contenido de taninos, previamente descascarados. La eficiencia del tratamiento térmico se determinó mediante el índice de dispersibilidad de proteínas (PDI) y la actividad ureásica ( $\Delta$ PH). Las proteínas fueron desnaturalizadas y los factores antinutricionales reducidos. La evaluación nutricional corroboró un adecuado tratamiento de las muestras, encontrándose en las mezclas ternarias digestibilidad verdadera (D) y valor biológico (BV) comparables a la caseína de la leche.

La estabilidad de las mezclas expresada como índice de peróxido (P1), reveló una baja velocidad de oxidación de lípidos hasta siete meses, que eran aceptables sensorialmente hasta un año de almacenamiento.

Los extruidos con la incorporación de sorgo cubren las necesidades proteínicas y de energía del niño en crecimiento, obteniéndose un producto de buen valor nutricional y larga vida.

### INTRODUCCION

El sorgo bicolor (L) Moench tiene, al igual que otros cereales, buenos niveles de los principales nutrientes, almidón (68-73%) y proteínas (9-

---

Manuscrito modificado recibido: 2-10-87.

- 1 Ingeniero en Industrias de la Alimentación del Instituto de Investigaciones para la Industria Química, y Becario de Iniciación del CONICET, Universidad Nacional de Salta, Buenos Aires 177, (4400) Salta, Argentina.
- 2 Ingeniera Química, Profesora Adjunta en Ciencia y Tecnología de Alimentos del INIQUI, Universidad Nacional de Salta.
- 3 Ingeniera en Industrias de la Alimentación y Profesora Adjunta en Ciencia y Tecnología de Alimentos del Citado Instituto.

140/o). Sin embargo, existen tres factores importantes que impiden la completa utilización de este rico contenido en almidón y proteínas. a) En primer lugar, la presencia de compuestos polifenólicos (taninos) localizados principalmente en la testa del grano (1). b) En segundo término, la calidad proteínica de las dietas con sorgo está reducida por el bajo contenido de lisina en los granos, y c) Por último, existen limitaciones específicamente alimentarias, debidas a factores tales como la alta temperatura de gelatinización del almidón y la alta viscosidad de los productos cocidos, conduciendo a problemas en cuanto a aceptabilidad y digestión.

Los taninos condensados y otros polifenoles del grano de sorgo además de impartir sabor astringente, reducen el valor biológico de dietas de animales monogástricos (2) y humanos. Los sorgos con alto contenido de taninos no mejoran su valor biológico con el agregado de lisina; pero si son descascarados, permiten un significativo aumento ponderal de las ratas, cuando se suplementan con lisina (3).

Las mezclas apropiadas de cereales y soja compensan las deficiencias en lisina del cereal y en aminoácidos azufrados de la soja. Si estas mezclas se someten a un proceso de extrusión, se obtiene un alimento de mayor calidad, ya que minimiza la degradación de nutrientes, la digestibilidad mejora por gelatinización del almidón y desnaturalización de las proteínas, y se destruyen factores indeseables del alimento, tales como inhibidores de tripsina en soja y enzimas que posibilitan alteraciones.

Jansen (4) en sus experimentos sobre extruidos con 80% trigo-soja y 20% de sorgo descascarado encontró un índice de eficiencia proteínica (PER) de 2.23 (caseína: 2.50) e indicó que eran de calidad adecuada para la alimentación de niños en edad preescolar. Jansen, Harper y O'Deen, (5), asimismo, extruyeron mezclas de maíz:soja (70:30) con equipos Brady e Insta - Pro. El máximo de características funcionales las obtuvieron para un NSI de un 5% más bajo que el normal; sin embargo, los PER eran comparables al de la caseína y la destrucción de lisina no era significativamente grande, siendo la ureasa desnaturalizada casi por completo. Por otra parte, Bressani *et al.* (6) publicaron resultados similares para mezclas de maíz:soja producidos con extrusor Brady. Harper *et al.* (7) trabajaron con mezclas de maíz:soja (70:30) extruidas en Insta - Pro a 177°C, obteniendo un PER de 1.85, idéntico al obtenido con mezcla de sorgo:soja (70:30), y comparable en sus características de aroma y sabor. En la mezcla se usó sorgo entero el que impartió algo de gusto amargo debido a la presencia de taninos (7).

Los productos de soja con alto contenido de grasa, abundantes en ácidos grasos insaturados, además de la presencia de enzimas lipoxidasas, son muy inestables a procesos de autoxidación (8). Varios estudios sobre la estabilidad de estos productos se basan en la descomposición de las grasas, ya que se les atribuye la mayor responsabilidad en el desarrollo de olores y sabores desagradables (9, 10). Estudios acerca de los efectos de la extrusión sobre la estabilidad de mezclas cereal:soja han mostrado una retención importante de vitamina C, y todas las muestras extruidas fueron consideradas aceptables por evaluación de olor mediante panel (7, 11).

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar: 1) la calidad nutricional de extruidos cereal:soja con la incorporación de sorgo con alto contenido de taninos, y 2) la estabilidad de los productos en cuanto al deterioro de

lípidos, tanto por el proceso tecnológico, como en su posterior almacenamiento.

## MATERIAL Y METODOS

### *Preparación de Mezclas*

Se descascaró en molino abrasivo sorgo marrón (variedad Norkin 308) y sorgo blanco (INTA - Manfredi, Córdoba) con alto y bajo contenido de taninos, respectivamente. Además, se utilizó sémola de maíz amarillo comercial y soja (INTA - Cerrillos, Salta). Todos los materiales fueron molidos hasta pasar la malla No. 14 (serie ASTM). Se efectuaron mezclas de sorgo:soja (70:30) y de sorgo:maíz:soja (30:40:30) formuladas en base a cálculos químicos indicativos de fortificaciones adecuadas.

Las mezclas fueron extruidas en un extrusor Brady 2160 Crop Cooker a un contenido de humedad de 10-11<sup>o</sup>/o, velocidad de tornillo, 1,000 rpm, caudal de alimentación entre 450 y 500 kg/hr, siendo la temperatura alcanzada por el producto en la descarga, de 195 - 200<sup>o</sup>C.

El análisis proximal de las mezclas crudas y extruidas se determinó de acuerdo a métodos de la AOAC (12).

### *Medidas del Tratamiento Térmico*

- *Índice de dispersibilidad de proteínas (PDI)* — Se determina según el método Ba 10-65 de la AOCS (13).
- *Actividad ureásica ( $\Delta PH$ )* — Expresada como la diferencia entre el pH de la muestra y el blanco, según el método Ba 9-58 de la AOCS (14).

### *Contenido de Polifenoles*

- *Catequina equivalente (CE)* — Se determina el contenido de taninos, expresados como unidades de catequina equivalente (mg de catequina por 100 mg de muestra seca), de acuerdo al método de la vainillina-ácido clorhídrico modificado de Maxson y Rooney (15).

### *Ensayos Biológicos*

- *Relación proteínica neta (NPR)* — Se basa en el incremento de peso corporal, según el método de Bender y Doell (16).
- *Utilización proteínica neta (NPU)* — Se basa en la ganancia de nitrógeno corporal, según el método de Bender y Miller (17).
- *Valor biológico (BV)* — Se determina por cálculo, como el cociente entre NPU y TD.
- *Digestibilidad verdadera (TD)* — Se determina juntamente con la NPU, definiéndose como la fracción de nitrógeno ingerido que el animal absorbe (se tiene en cuenta las pérdidas inevitables).

Para determinar estos parámetros se utilizaron grupos de cuatro ratas Wistar por muestra problema de  $21 \pm 2$  días y de ambos sexos,

las cuales se alojaron en jaulas individuales, y recibieron agua y dieta *ad libitum*. Las dietas experimentales se formularon (g/100 g) como sigue: 10 de proteínas (obtenidas por cálculo), 6 de aceite de maíz, 4 de minerales, 1.5 de vitaminas y el resto con dextrina. El contenido de nitrógeno de las dietas, del carcás y de las heces se determinó por duplicado según el método de la AOAC (12).

#### *Estabilidad en el Almacenamiento*

Las mezclas extruidas se molieron hasta pasar la malla No. 40 (serie ASTM), envasándose luego en polietileno de 150  $\mu$ m de espesor y almacenándose por espacio de 14 meses en condiciones de 20 - 25°C de temperatura y 55 - 60% de humedad relativa. La oxidación de los lípidos de las muestras se midió periódicamente como índice de peróxidos (P.I).<sup>4</sup>

La evaluación sensorial de aceptabilidad de los productos estuvo a cargo de un panel entrenado específicamente en sabor rancio, constituido por 15 jueces.

#### *Análisis Estadístico*

La ecuación lineal de regresión se calculó mediante el método de mínimos cuadrados. Los datos fueron analizados para establecer comparación de medias, mediante la prueba de Duncan.

### RESULTADOS Y DISCUSION

El Programa Low-Cost Extrusion Cooker (LEC) desarrollado por la Universidad de Colorado (EUA) adoptó especificaciones para los productos extruidos a base de cereales y legumbres, que fueron desarrollados para países en vías de desarrollo (11). Según se observa en la Tabla 1, tales especificaciones las cumplen las mezclas extruidas. Estas acusan un importante contenido de grasa (6.69 a 7.74 g/100 g) y proteína (18.91 a 20.80 g/100 g), con una alta relación proteínico-energética que es requerida por niños en edad preescolar. El contenido de fibra (1.29 a 1.45 g/100 g) da un valor aceptable e indica que se ha eliminado la mayor proporción del tegumento del sorgo, rico en taninos que reducen digestibilidad (2). Los valores de humedad (5.45 a 6.95 g/100 g) de los extruidos están por debajo del máximo exigido para el Programa LEC (10 g/100 g), siendo un factor importante en la estabilidad de los productos.

Mediante las medidas de PDI,  $\Delta$ PH y CE de las mezclas crudas y extruidas, se tiene una base para estimar la respuesta de éstas al ser evaluadas nutricionalmente. En la Tabla 2 se consignan los datos de PDI,  $\Delta$ PH, CE y NPR. Se encontraron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) en las medidas de PDI y  $\Delta$ PH entre las mezclas crudas y

<sup>4</sup> Índice de Peróxidos (P.I) - La extracción de la grasa se efectuó con metanol: clorofórmico (18) y el dosaje de peróxidos en la misma, según el método de la AOAC (12).

TABLA 1

COMPOSICION PROXIMAL DE MEZCLAS PARA ALIMENTACION, Y EXTRUIDAS, DE  
CEREAL : OLEAGINOSA

Composición <sup>1</sup>	Mezclas cereal : oleaginosa							
	Alimentación				Extruidas			
	SB:S (70:30)	SM:S (70:30)	SB:M:S (30:40:30)	SM:M:S (30:40:30)	SB:S (70:30)	SM:S (70:30)	SB:M:S (30:40:30)	SM:M:S (30:40:30)
Proteína (N x 6.25)	20.53	19.82	19.48	19.14	20.80	19.24	19.64	18.91
Grasa	9.73	9.61	9.09	9.28	7.74	6.64	6.70	5.89
Fibra	1.67	1.69	1.48	1.45	1.45	1.33	1.35	1.29
Cenizas	3.12	2.76	2.56	2.37	2.78	2.48	2.34	2.22
Nifex <sup>2</sup>	64.96	66.12	67.40	67.75	67.23	70.27	69.98	71.69
Humedad	10.10	11.20	10.32	10.65	5.45	6.95	6.30	6.45

1 Resultados en base seca.

2 Nifex: Extracto libre de nitrógeno, según Inst. Brew. (19).

SB = Sorgo blanco, SM = Sorgo marrón, M = Maíz, S = Soja.

TABLA 2

EFFECTO DE LA EXTRUSION SOBRE LA DISPERSIBILIDAD DE PROTEINAS, UREASA, CONTENIDO DE TANINOS Y RELACION PROTEINICA NETA

Mezclas		PDI <sup>1</sup>	$\Delta$ PH <sup>1</sup>	CE <sup>1</sup>	NPR <sup>2</sup>	NPR Relativo <sup>2</sup>
Cereal-oleaginosa						
Alimentación	SM:S (70:30)	44.37	1.89	1.09	2.10 <sup>b*</sup>	0.46
	SM:M:S (30:40:30)	53.34	1.89	0.35	2.57 <sup>ab</sup>	0.56
	SB:S (70:30)	57.55	2.14	0.05	2.49 <sup>ab</sup>	0.55
	SBM:S (30:40:30)	58.95	2.04	0.05	2.88 <sup>a*</sup>	0.63
Extruidas	SM:S (70:30)	10.31	0.27	0.29	3.50 <sup>d*</sup>	0.77
	SM:M:S (30:40:30)	12.54	0.12	0.10	3.62 <sup>cd</sup>	0.80
	SB:S (70:30)	10.39	0.04	0.04	3.63 <sup>cd</sup>	0.80
	SB:M:S (30:40:30)	10.07	0.05	0.04	3.94 <sup>c*</sup>	0.87
Caseína		—	—	—	4.55	1.00

1 Promedio de dos determinaciones.

2 Promedio de cuatro determinaciones.

PDI = Índice de dispersibilidad de proteínas.  $\Delta$ PH = Actividad ureásica (variación de pH). CE = Catequina equivalente. NPR = Relación proteínica neta. NPR relativo = NPR prueba/NPR caseína.

Letras iguales indican que no existen diferencias.

Letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0.01$ ).

\* Diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

SB = Sorgo blanco; SM = Sorgo marrón; M = Maíz; S = Soja.

Los resultados se expresan en base seca.

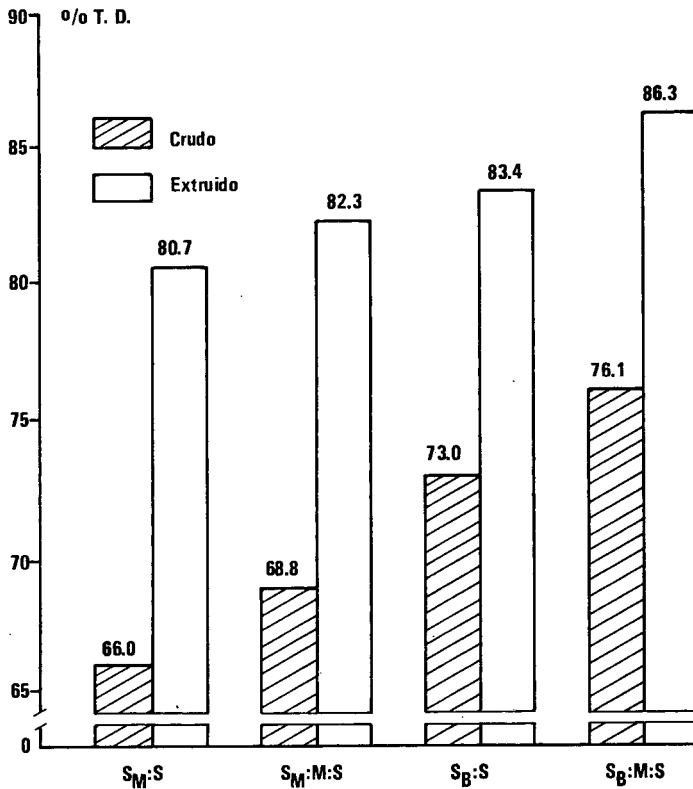
extruidas. Debido a la desnaturalización de las proteínas, el PDI se redujo en menor medida en las mezclas SM:S y SM:M:S (76.8<sup>o</sup>/o y 76.5<sup>o</sup>/o) versus SB:S y SB:M:S (82.0<sup>o</sup>/o y 82.9<sup>o</sup>/o). La actividad ureásica ( $\Delta$ PH) en todas las muestras extruidas se redujo a niveles que oscilaron entre 0.27 - 0.04 unidades de pH. Sin embargo el hecho de que la actividad ureásica se haya reducido no es total garantía de la reducción de actividad antitriptica.

El grano entero de sorgo marrón tiene 5.71 CE, lo que manifiesta el alto contenido de taninos, y el grano entero de sorgo blanco sólo tiene 0.07 CE. Luego de descascarados, el sorgo marrón reduce ese contenido a un 23<sup>o</sup>/o (1.32 CE) del contenido original. Es sabido que los taninos no se destruyen con el calor, puesto que son termorresistentes; sin embargo, en la Tabla 2 se observa que muestras de SM:S y SM:M:S sufren una reducción del 73 y 71<sup>o</sup>/o respectivamente, al ser extruidos.

Los resultados de la evaluación nutricional, en base al crecimiento de ratas (Tabla 2), indican que todas las muestras fueron efectivamente tratadas por calor. Se constataron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) entre las muestras crudas y extruidas. Por efecto de la extru-

sión, se mejora sensiblemente el valor nutritivo por destrucción y reducción de factores antinutricionales y desnaturalización de la proteína. Además, se puede ver que las mezclas  $S_B:S$  presentan NPR superior a las correspondientes de  $S_M$ . Esta diferencia se torna significativa ( $P < 0.05$ ) al reemplazar 40% de sorgo por maíz, teniendo este último un perfil de aminoácidos más favorable.

Según se aprecia en la Figura 1, mediante la experimentación con ratas, en los extruidos se obtuvieron valores de TD de proteína cercanos al patrón de caseína. Las mezclas crudas presentaron diferencias signifi-



(1) = Promedio de 4 determinaciones.

T.D. = Digestibilidad verdadera.

T.D. Caseína = 91.58%.

$S_M$  = Sorgo marrón;  $S_B$  = Sorgo blanco; M = Maíz; S = Soja.

FIGURA 1

Digestibilidad verdadera de mezclas crudas y extruidas con sorgo (1)

cativas ( $P < 0.05$ ) entre las que contenían  $S_M$  y aquellas con  $S_B$ , teniendo estas últimas mayor digestibilidad. Este hecho puede deberse a la interacción de los taninos con las proteínas (2). En los extruidos sólo existen diferencias ( $P < 0.05$ ) entre  $S_B:M:S$  y  $S_M:S$ .

El proceso de extrusión mejora significativamente ( $P < 0.01$ ) el BV. Los extruidos  $S_M:M:S$  y  $S_B:M:S$  dan los valores más altos (91.43 y 94.30/o) no existiendo diferencias significativas con el valor de la caseína (96.950/o) como se aprecia en la Tabla 3; esto se debe a que el maíz mejora el BV al ser extruido. Los valores de NPU (y) mostraron una alta correlación ( $r = 0.9831$ ) con los de NPR (x):  $y = -18.42 + 25.00 x$ .

TABLA 3

EVALUACION DE LA CALIDAD NUTRICIONAL DE LA PROTEINA DE MEZCLAS CON SORGO

Mezclas		BV <sup>1</sup> (o/o)	NPU <sup>1</sup> (o/o)
Cereal:oleaginosa			
Alimentación	$S_M:S$ (70:30)	51.85 <sup>b</sup>	34.22 <sup>b</sup>
	$S_M:M:S$ (30:40:30)	61.48 <sup>ab</sup>	42.50 <sup>ab</sup>
	$S_B:S$ (70:30)	69.13 <sup>a</sup>	48.99 <sup>ab</sup>
	$S_B:M:S$ (30:40:30)	68.03 <sup>a</sup>	51.39 <sup>a</sup>
Extruida	$S_M:S$ (70:30)	81.50 <sup>d</sup>	65.70 <sup>d</sup>
	$S_M:M:S$ (30:40:30)	91.43 <sup>cd</sup>	75.30 <sup>cd</sup>
	$S_B:S$ (70:30)	86.06 <sup>d</sup>	71.09 <sup>cd</sup>
	$S_B:M:S$ (30:40:30)	94.43 <sup>cd</sup>	81.48 <sup>c</sup>
Caseína		96.95 <sup>c</sup>	87.73 <sup>e</sup>

1 Promedio de cuatro determinaciones.

BV = Valor biológico; NPU = Utilización proteínica neta.

Letras iguales indican que no existen diferencias. Letras distintas indican diferencias ( $P < 0.05$ ).

$S_B$  = Sorgo blanco;  $S_M$  = Sorgo marrón; M = Maíz; S = Soja.

Cabe señalar que tanto el método basado en el incremento de peso corporal y el de retención de nitrógeno dan índices similares en cuanto al valor nutricional de la mezcla extruida.

En la Figura 2 se observa el deterioro que sufren los lípidos de las mezclas por efecto del proceso de extrusión. Este deterioro se expresa como porcentaje de incremento de peróxidos en los lípidos respecto al contenido inicial en las mezclas antes de la extrusión. Son más afectadas por el procesamiento las muestras que contienen  $S_M$ , respecto a las que contienen  $S_B$ , tanto en las mezclas binarias, como en las ternarias. Respecto a la incidencia del maíz, como tercer componente, se observa un considerable deterioro en los lípidos de las mezclas ternarias respecto a las binarias.

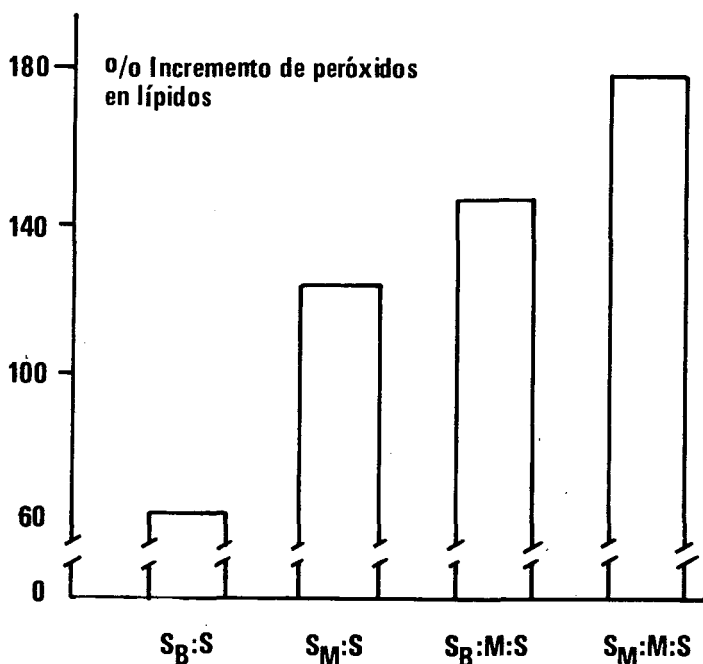


FIGURA 2

## Autoxidación de lípidos por extrusión

Evaluaciones sensoriales de las muestras indican un aumento de aceptabilidad de las mismas al ser extruidas, por disminución de sabores asociados al grano de soja, taninos del sorgo, etc., que en crudas las tornan inaceptables. No se detectan aromas o sabores asociados a rancidez en las muestras luego de la extrusión.

En la Figura 3 se presenta el deterioro sufrido por autoxidación en los lípidos de las mezclas extruidas durante su almacenamiento, en condiciones ambientales y en distintos períodos de tiempo.

Todas las muestras tuvieron un comportamiento similar en cuanto a baja velocidad en la oxidación de los lípidos hasta los 210 días de almacenamiento. A partir de ese período en todas las muestras aumentó la velocidad de deterioro de los lípidos, y aunque ese comportamiento fue similar, se produjo a mayor velocidad en los extruidos con sorgo marrón (alrededor de los 300 días de almacenamiento), frente a las extruidas con sorgo blanco (alrededor de los 350 días de almacenamiento).

En cuanto a la influencia del maíz en las mezclas extruidas, éste acrecienta el deterioro de las mismas.

Las evaluaciones sensoriales a que se sometieron las muestras se consideran aceptables hasta los 300 días de almacenamiento, período a partir

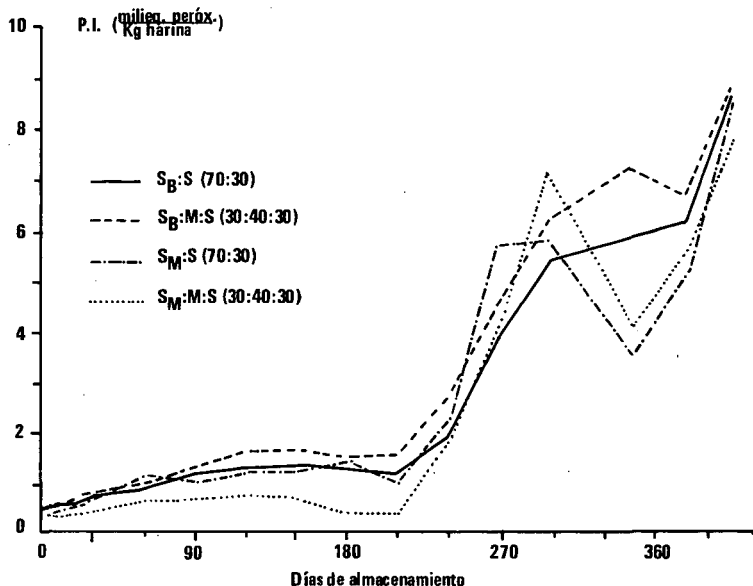


FIGURA 3

Desarrollo de rancidez en mezclas extruidas almacenadas.

del cual comienzan a detectarse sabores y olores asociados a rancidez incipiente, la que va acrecentándose con el tiempo de almacenamiento hasta tornarse inaceptables luego de un año.

Se concluye, pues, que evaluadas nutricionalmente las mezclas extruidas, la mejor es S<sub>B</sub>:M:S (30:40:30), aunque no existen diferencias con el extruido S<sub>M</sub>:M:S (30:40:30). Por efecto del calor se desnaturalizan las proteínas y se reducen los factores antinutricionales de la soja y del sorgo, lo que permite mejorar sensiblemente la calidad proteínica. La extrusión produce mayor deterioro de lípidos en las mezclas ternarias, respecto a las binarias, y durante el almacenamiento presentan baja velocidad de oxidación de los lípidos hasta los 210 días, siendo aceptables hasta los 300 días de almacenamiento.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su reconocimiento por la apreciable asistencia técnica de la Lic. en Qca. Berta Di Carlo y de la Lic. en Nutr. María I. Margalef.

## SUMMARY

NUTRITIONAL AND STORAGE STABILITY EVALUATIONS OF  
SORGHUM-EXTRUDED BLENDS

Binary sorghum:soy (70:30) and ternary sorghum:corn:soy (30:40:30) blends using high and low tannin content dehulled sorghum were extruded. The effectiveness of heat treatment was determined by protein dispersibility index (PDI) and ureasic activity ( $\Delta$ PH), indicating that proteins were denatured and antinutritional factors reduced. The nutritional evaluation supported the fact that samples were adequately treated, giving ternary blends true digestibility (TD) and biological values (BV) similar to milk casein.

Blend stabilities, expressed as peroxide index (PI), revealed a low lipid oxidation rate during the first seven months, and were acceptable up to a year of storage.

Extrudates with incorporated sorghum cover protein and energy demands of the growing infant, and provide a high nutritional value and long-life product.

## BIBLIOGRAFIA

1. Earp, C. E. & L. W. Rooney. Scanning electron microscopy of the pericarp and testa of several sorghum varieties. *Food Microstructure*, 1: 125, 1982.
2. Featherston, W. & J. Rogler. Influence of tannins on the utilization of sorghum grain by rats and chicks. *Nutr. Repts. Internat.*, 11: 491, 1975.
3. Axtell, J.D., Gebisa Ejeta & L. Munck. Sorghum nutritional quality. In: *Sorghum in the Eighties. Vol. 2. Proceedings of the International Symposium in Sorghum. International Crops Research.* Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru, A. P. India, 1982, p. 589-603.
4. Jansen, G. R. Nutritional evaluation of extruded products. In: *Low-cost Extrusion Cookers. International Workshop Proceedings. Report*, 1: 57-65, 1976.
5. Jansen, G. R., J. M. Harper & L. O'Deen. Nutritional evaluation of blended foods made with a low-cost extruder cooker. *J. Food Sci.*, 43: 912, 1978.
6. Bressani, R., J. E. Braham, L. G. Elías, R. Cuevas & M. R. Molina. Protein quality of a whole corn/whole soybean mixture processed by a simple extrusion cooker. *J. Food Sci.*, 43: 1563, 1978.
7. Harper, J. M., J. R. Jansen, J. D. Kellerby & R. E. Tribelhorn. Evaluation of low-cost extrusion cookers for use in LDS's. *Report*, 9: 44-118, 1980.
8. Ray, F. K., N. A. Parrett, B. D. Van Starern, & H. W. Ockerman. Effect of soy level and storage time on the quality characteristics of ground beef patties. *J. Food Sci.*, 46: 1662-1665, 1981.
9. Sessa, D. J. & J. J. Rackis. Lipid derived flavors of legume protein products. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 54: 468-473, 1977.
10. Meijboom, P. W. & G. A. Jongenotter. Flavor perceptibility of straight chain, unsaturated aldehydes as a function of double-bond position and geometry. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 58: 68-682, 1981.

11. Harper, J. M. & G. R. Jansen. Production of nutritious precooked foods in developing countries by low-cost extrusion technology. **Food Revs. Internat.**, **1**: 27-97, 1985.
12. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC**. 12 th. ed. Washington, D. C., The Association, 1975.
13. Method Ba 10-65. American Oil Chemists' Society. **Official and Tentative Methods of the AOCS**. 3rd ed. Illinois, AOCS, 1976.
14. Method Ba 9-58. American Oil Chemists' Society. **Official and Tentative Methods of the AOCS**. 3rd. ed. Illinois, AOCS, 1976.
15. Maxson, E. D. & L. W. Rooney. Evaluation of methods for tannin analysis in sorghum grain. **Cereal Chem.**, **49**: 719, 1972.
16. Bender, A. E. & B. H. Doell. Note on the determination of net protein utilization by carcass analysis. In: **Nutritional Evaluation of Protein Foods**. Peter L. Pellet and Vernon R. Young (Eds.). Tokyo, Japan, The United Nations University, 1980.
17. Bender, A. E. & D. S. Miller. A new brief method of estimating net protein value. **Biochem. J.**, **53**: vii, 1953.
18. Armada, M. & A. López. Determinación de rancidez en harinas de soja con toda su grasa. **III Congreso Argentino de Tecnología de Alimentos**, Santa Fe, Argentina, 1983.
19. Institute of Brewing Analysis Committee. Recommended methods of analysis. **J. Inst. Brew.**, **77**: 181, 1971.