

## MODELO PARA LA EXTRUSION DE MEZCLAS MAIZ: SOJA (70:30)

*María V. Gonzalo de Gutiérrez<sup>1</sup> y Marta H. Gómez<sup>2</sup>*

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

### RESUMEN

La mayoría de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de los extruidos depende de la extensión de la degradación del almidón.

Un extruido de cereal tiene propiedades fisicoquímicas similares a una mezcla de almidón crudo, gelatinizado y dextrinizado. En base a este postulado, se elaboraron modelos de mezclas cereal:oleaginosa, y se aplicaron diferentes técnicas analíticas para su caracterización.

Los resultados revelaron que la muestra extruida de maíz:soja (70:30) en estudio, se asemejaba a una mezcla maíz:soja moderadamente dextrinizada obtenida en el laboratorio. Por consiguiente, podría ser usada en la preparación de papillas o alimentos precocidos.

### INTRODUCCION

Se han realizado diversos trabajos teniendo en cuenta los constituyentes de un producto extruido.

Harper (1) menciona los diferentes ingredientes que pueden constituir un alimento a extruir, además del almidón, y el rol que éstos cumplen dentro del mismo. La proteína de soja a menudo se utiliza para aumentar el contenido proteínico de las mezclas de cereales extruidos, y mejorar la calidad de su proteína.

---

Manuscrito modificado recibido: 10-2-87.

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

El comportamiento de otros ingredientes, tales como las grasas, también fue descrito por este autor, quien sostiene que los compuestos grasos pueden cubrir los gránulos de almidón, restringiendo la cantidad de agua que absorben.

Lorenz (2) hizo una comparación de las propiedades fisicoquímicas de almidones desgrasados y con grasa. Según indica, la eliminación de lípidos aumentaba la capacidad de enlace de agua, y los almidones no desgrasados poseían mayor solubilidad que los desgrasados.

Gómez y Aguilera (3, 4), por su parte, compararon varias mezclas preparadas mediante una combinación de harina de maíz cruda, gelatinizada y dextrinizada con productos extruidos a diferentes humedades. Los extruidos de maíz tenían propiedades similares a mezclas de maíz gelatinizado y dextrinizado solamente.

En los estudios sobre almidones, la viscosidad intrínseca es un índice muy útil y ampliamente aceptado para determinar dimensiones moleculares (5).

El objetivo de este trabajo fue analizar e interpretar los cambios que ocurren en las propiedades funcionales cuando se extruyen mezclas de maíz:soja en función de las variables del proceso; su relación con los componentes y con las características del producto final, e intentar probar la validez de un modelo simple que sostiene que un extruido de maíz:soja tiene propiedades fisicoquímicas similares a una mezcla de almidón de maíz, aislado y aceite de soja crudo, gelatinizado y dextrinizado.

## MATERIAL Y METODOS

### *Preparación de Muestras*

Para preparar la mezcla de maíz:soja (70:30) se utilizó sémola de maíz amarillo comercial y soja de INTA - Cerrillos (Salta), que se descascaró y molió hasta pasar la malla No. 14, serie ATSM.

La extrusión se realizó en un extrusor Brady 2160 Crop-Cooker, cuyos parámetros de trabajo eran: velocidad de tornillo, 1,000 rpm; caudal de alimentación, 450-500 kg/hr; temperatura de descarga, 195-200°C, y relación L/D, 7.5/1.

Las muestras cruda y extruida se molieron y tamizaron por malla 60, serie ATSM.

Una muestra de almidón de maíz crudo comercial y otra de maíz:soja (70:30) se dañaron mecánicamente en un homogeneizador Virtis 45. Se dividieron cada una en tres porciones: 1) Muestra dañada; 2) la muestra dañada se gelatinizó por cocción de una suspensión acuosa (5% p/p) en autoclave a 120°C, 3 horas, y se liofilizó, y 3) la tercera porción se dextrinizó tratando una muestra gelatinizada con 0.2% p/p de  $\alpha$ -amilasa (BHD Chemicals Ltd-England) de origen bacteriano, a 90°C durante 1 hora, y luego se liofilizó.

El aislado de soja y el aceite crudo de soja fueron obtenidos en el laboratorio.

Para preparar los modelos se efectuaron mezclas binarias y ternarias, a saber:

Almidon: Aislado de soja (A:A) (73:27) crudo, gelatinizado y dextrinizado.  
 Almidon: Aceite de soja (A:a) (85:15) crudo, gelatinizado y dextrinizado.  
 Almidón: Aislado: aceite (A:A:a) (58:27:15) crudo, gelatinizado y dextrinizado.

El modelo que resultó comparable con la mezcla extruida se preparó partiendo de 50/o crudo, 65/o gelatinizado y 30/o dextrinizado de la muestra A:A:a (58:27:15).

Luego de liofilizadas todas las muestras se pasaron por malla 60, serie ATSM.

### Métodos Analíticos

- \* *Análisis proximal* — Se realizó de acuerdo al método de la AOAC (1975).
- \* *Susceptibilidad enzimática (ES)* — Se determinó según el método descrito por Gómez y Aguilera (3), expresando el resultado en g de maltosa/100 g muestra seca.
- \* *Índice de absorción (WAI) e Índice de solubilidad en agua (WSI)* — Se hallaron de acuerdo a las indicaciones de Anderson *et al.* (6). El WAI se define como los gramos de gel por gramo de muestra seca (g/g), y el WSI como los gramos de sólidos secos en 100 g de muestra.
- \* *Dextrosa equivalente (ED)* — Se determinó siguiendo el método 80-69 de la AACC, y expresando el resultado en g/100 g azúcares reductores x 100 g/100 g sustancia seca.
- \* *Viscosidad intrínseca* — Las muestras se disuelven siguiendo el método de Lanski descrito por Leach (5), y el resultado se expresa graficando viscosidad inherente vs. concentración, extrapolando hasta la abscisa cero.

$$D_{inh} = \left( \frac{1n / o}{C} \right) \quad C \rightarrow 0$$

donde:  $\bar{D}$  : Viscosidad de la muestra  
 $\bar{D}_o$  : Viscosidad del KOH 1 N  
 C : Concentración

- \* *Microscopía* — Se utilizó un microscopio Wild Heerbrugg con luz blanca y luz polarizada, con un aumento de 400 X.
- \* *Análisis de varianza* — Los datos obtenidos se analizaron por el método de Tukey para establecer comparación de medias.

### RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla 1 muestra el resultado del análisis proximal a que se sometió la mezcla de maíz:soja (70:30) cruda, que es la alimentación al extrusor y también en el producto extruido.

La baja en el valor de extracto etéreo de la muestra extruida se debe a pérdidas de grasa en el equipo y a probables combinaciones de la misma

**TABLA 1**  
**ANALISIS PROXIMAL DE LA MEZCLA MAIZ:SOJA (70:30) CRUDA Y**  
**EXTRUIDA**  
**(g/100 g)<sup>b</sup>**

Componente	Mezcla M:S <sup>a</sup> (70:30)	
	Cruda	Extruida
Proteína	19.66	18.50
Extracto etéreo	7.45	5.50
Fibra	1.40	1.01
Ceniza	2.22	2.16
Nifext <sup>c</sup>	69.27	72.83
Humedad	11.72	8.91

a M:S = maíz:soja.

b Resultados expresados en base seca.

c Según el Institute Brewing Committee (7).

Nifext: Extracto libre de nitrógeno.

con otros componentes durante la extrusión-cocción que disminuyen su solubilidad cuando la extracción se hace con eter de petróleo.

Los valores obtenidos para el extruido concuerdan con las especificaciones de Harper y Jansen (8), en el caso de alimentos procesados para lactantes.

Los datos obtenidos de los diferentes ensayos aplicados a las muestras los ilustra la Figura 1.

La sigla ES indica aproximadamente el grado de modificación sufrido por el almidón. La muestra cocida de M:S (70:30) es más susceptible al ataque con  $\alpha$ -amilasa debido a que su almidón está más modificado (gelatinizado y dextrinizado) que el de la muestra cruda. Por el mismo motivo, presenta un WSI superior al de la alimentación al extrusor.

El almidón gelatinizado tiene la capacidad mucho mayor de hincharse por absorción de agua que el gránulo crudo, lo que explica que en el extruido el WAI sea más elevado. Según Sandstedt y Abbott (9), el calor aumenta la vibración de los espacios intermoleculares permitiendo así una mayor penetración y absorción de agua, con el consecuente hinchamiento y liberación de algunas moléculas de almidón.

En la Figura 2 se aprecian las curvas de viscosidad inherentes a las dos muestras. Al realizarse la extrapolación a cero, se observa que el mayor valor de viscosidad intrínseca corresponde a la muestra menos degradada (1.26), lo que coincidiría con su estructura molecular, ya que las cadenas amiláceas del crudo se conservan intactas.

Las microfotografías de la Figura 3 verifican lo expresado arriba. La Figura 3A muestra la harina de maíz:soja (70:30) cruda con los gránulos de maíz enteros, los que se destacan en 3B porque presentan la característica cruz de malta al ser observados con luz polarizada.

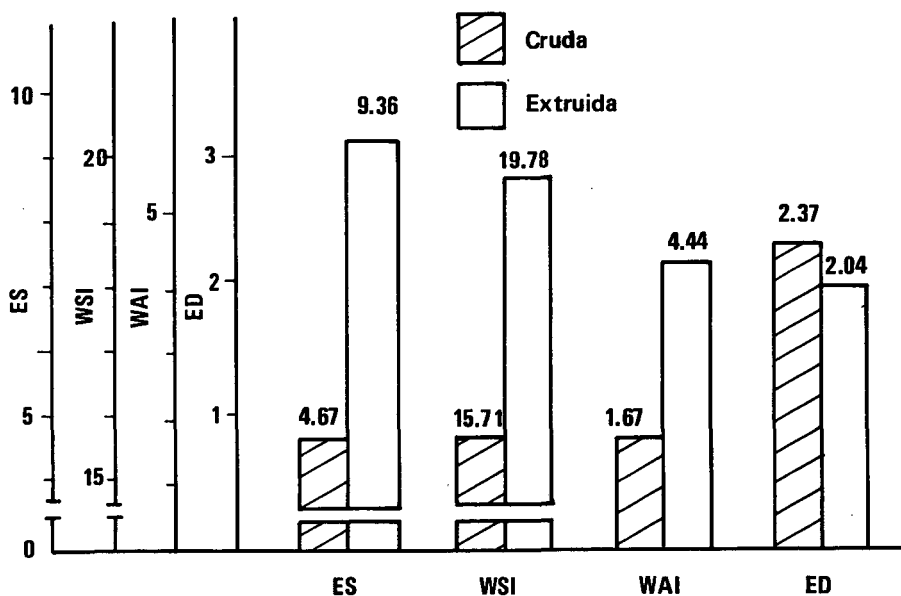


FIGURA 1

Características fisicoquímicas de las mezclas M:S (70:30) cruda y extruida

El extruido de maíz:soja (70:30), Figura 3C, no muestra birrefringencia debido a que el tratamiento de extrusión ha gelatinizado y dextrinizado la mayoría de los gránulos de almidón (> 950/o). Pueden observarse pequeñas gotas que corresponden al aceite que contiene la soja.

Se tomaron los valores de índice de solubilidad en agua y de susceptibilidad enzimática como indicativos de la degradación sucesiva del almidón, ya que sus valores aumentaban a medida que las cadenas amiláceas se acortaban como consecuencia del tratamiento sufrido. Esto se puede observar en la Tabla 2. Los porcentajes de los componentes (almidón, aislado y aceite de soja) de las mezclas binarias y ternarias se aproximan a los que se encuentran en la mezcla maíz:soja (70:30).

Los valores más elevados de WSI y ES corresponden a las mezclas dextrinizadas, y el mayor aumento del valor de WSI se observa entre las muestras gelatinizadas y dextrinizadas, podría considerarse como un índice de degradación de la fracción amilácea a nivel molecular, mientras que las diferencias pronunciadas en los valores de ES se dan entre las muestras crudas y gelatinizadas, siendo un indicio de la modificación sufrida por el gránulo de almidón.

Lo expresado con respecto a la interacción almidón-grasa, es verificado por Lorenz (2), ya que el agredado de aceite al almidón incrementa

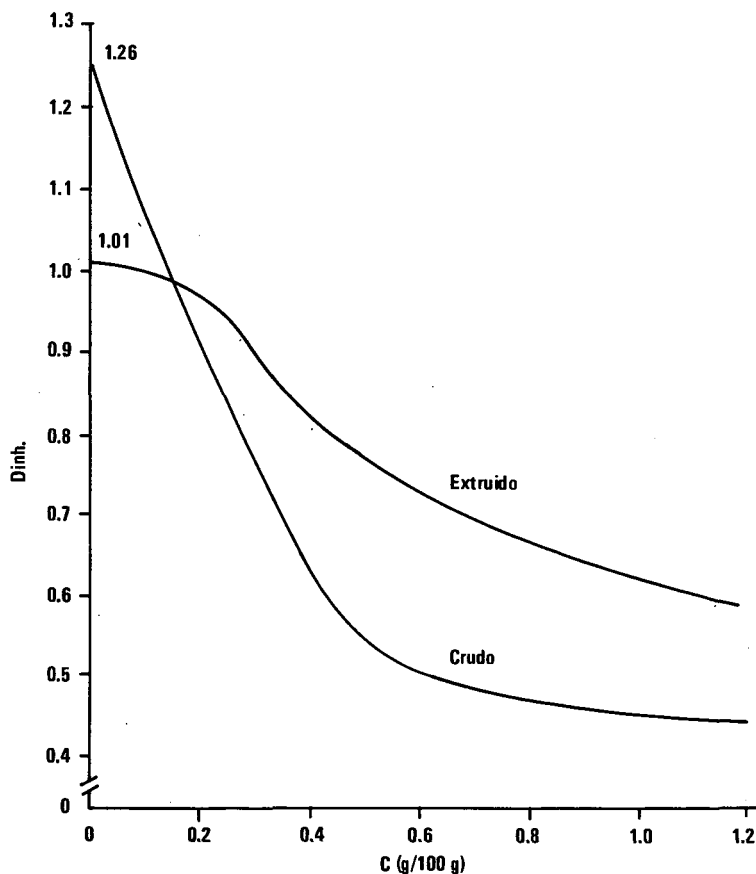


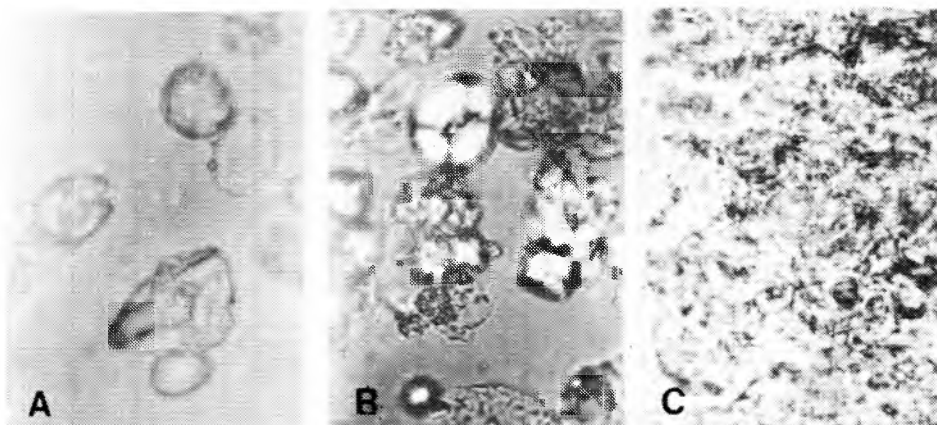
FIGURA 2

Viscosidad intrínseca de las mezclas maíz:soja (70:30) cruda y extruida

su solubilidad; por ejemplo, el WSI del almidón gelatinizado es 1.29, y el del almidón:aceite gelatinizado, es 14.73.

Los resultados de los procesos analíticos aplicados a la muestra extruida y al modelo preparado en el laboratorio que más se asemejan entre sí, se aprecian en la Tabla 3.

Los valores de WSI y WAI son similares en ambas muestras, mientras que el producto obtenido del extrusor acusa un leve aumento en ES (9.36 versus 7.36) y una notable disminución del valor de ED



- A Maíz:soja (70:30) cruda.  
 B Maíz:soja (70:30) cruda observada con luz polarizada.  
 C Extruido maíz:soja (70:30).

FIGURA 3

TABLA 2

INDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA Y SUSCEPTIBILIDAD ENZIMATICA DE MEZCLAS CRUDAS, GELATINIZADAS Y DEXTRINIZADAS

	WSI			ES		
	C	G	D	C	G	D
Almidón	0.72	1.29	86.24	2.31	9.75	14.11
M:S (70:30)	15.71	20.04	62.96	4.67	8.97	9.70
A:A (73:27)	1.32	4.71	64.87	2.53	9.89	8.52
A:a (85:15)	7.29	14.73	87.04	1.83	9.54	10.71
A:A:a (58:27:15)	5.32	7.15	53.74	2.78	7.43	7.84

C = crudo

G = gelatinizado

D = dextrinizado

M:S = maíz:soja

A:A = almidón:aislado

A:a = almidón:aceite

A:A:a = almidón:aislado:aceite

TABLA 3

**CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DEL MODELO Y DE LA MEZCLA  
MAIZ:SOJA (70:30) EXTRUIDA**

	WSI	WAI	ES	ED
A:A:a (c:g:d) (5:65:30)	20.48	3.94	7.36	6.06
Extr. M:S (70:30)	19.78	4.44	9.36	2.04

A:A:a = Almidón:aislado:aceite.

c = Crudo; g = Gelatinizado; d = Dextrinizado.

(2.04 versus 6.06). Es posible que esto se haya debido a interacciones que se producen dentro del equipo y que son imposibles de reproducir en el laboratorio.

En conclusión, la mezcla de maíz:soja (70:30) extruida en el extrusor Brady Crop Cooker bajo las condiciones ya especificadas, se asemeja al modelo con modificación media equivalente a 65% gelatinizado y 30% dextrinizado. Por lo tanto, este producto podría utilizarse para preparaciones espesas tales como papillas o alimentos precocidos.

En base a los resultados encontrados, se recomienda para estudios posteriores, obtener una curva de manejo del extrusor variando algún parámetro del equipo.

### SUMMARY

#### A MODEL FOR EXTRUSION OF CORN:SOY BLEND (70:30)

Most of the physicochemical and sensorial properties of the extrudates depend on the extent of the starch degradation.

A cereal extrudate has physicochemical properties similar to those of a blend of raw, gelatinized and dextrinized starch. Based on this postulate, models of cereal: oilseed blends were prepared, and different analytical techniques for their characterization were applied.

Results revealed that the corn:soy (70:30) extruded sample under study, was similar to moderately dextrinized corn:soy blend obtained in the laboratory. Therefore, it could be used to prepare "papillas" or precooked foods.

### BIBLIOGRAFIA

1. Harper, J. M. *Extrusion of Foods*. Vol. II. Boca Raton, Florida, CRC Press, Inc., 1981, p. 61.
2. Lorenz, K. Physicochemical properties of free-lipid cereal starches. *J. Food Sci.* 41: 1357-1359, 1976.

3. Gómez, M. H. & J. M. Aguilera. Changes in the starch fraction during extrusion cooking of corn. *J. Food Sci.*, 48(2): 378-381, 1983.
4. Gómez, M. H. & J. M. Aguilera. A physicochemical model for extrusion of corn starch. *J. Food Sci.*, 49(1): 40-43 & 63, 1984.
5. Leach, H. W. Determination of intrinsic viscosity of starches. *Cereal Chemistry*, 40(6): 593-600, 1963.
6. Anderson, R. A., H. F. Conway, V. F. Pfeifer & E. L. Griffin. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion-cooking. *Cereal Sci Today*, 14(1): 4, 1969.
7. Institute of Brewing Analysis Committee. Recommended methods of analysis. *J. Inst. Brew.*, 77: 181, 1971.
8. Harper, J. M. & G. R. Jansen. Production of nutritious precooked foods in developing countries by low-cost extrusion technology. *Food Revs. Internat.*, 1(1): 27-97, 1985.
9. Sandstedt, R. M. & R. C. Abbott. A comparison of methods for studying the course of starch gelatinization. *Cereal Sci. Today*, 9(1): 13-18 & 26, 1964.