

DESARROLLO DE UN ALIMENTO DE HUMEDAD INTERMEDIA A PARTIR DE EXTRUIDOS DE MAÍZ Y SOJA¹

Marta Hilda Gómez²

Instituto de Investigaciones para la Industria Química,
Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina

RESUMEN

Las mezclas de cereales precocidos y productos oleaginosos tienen uso potencial como suplementos alimenticios de humedad intermedia.

A partir de ello, se prepararon y evaluaron varias formulaciones consistentes en extruidos de maíz y soja, azúcar, aceite y leche descremada en polvo.

El objetivo principal de nuestro trabajo fue, pues, desarrollar un alimento prototipo con humedad intermedia, estable a temperatura ambiente, de bajo costo y de requerimientos mínimos en el envasado.

En este proceso, las materias primas —maíz y soja— fueron modificadas térmica y enzimáticamente.

El producto final puede ser suspendido en agua y consumido como una bebida de alto contenido energético-proteínico, ya que fue formulado de modo que su composición proximal fuese similar a la de la leche condensada azucarada.

INTRODUCCION

La aplicación de alimentos de humedad intermedia (AHI) o semi-húmedos se incrementa día a día. Este tipo de productos involucran un grupo heterogéneo similar a los alimentos secos por su resistencia a las alteraciones microbiológicas, pero que contienen suficiente humedad, por lo que no se les puede considerar como productos desecados. En vista de que son relativamente bajos en humedad pueden ser considerados como concentrados, desde el punto de vista de peso, volumen y contenido calórico (1). Son estables sin el uso de condiciones especiales de refrigeración,

Manuscrito modificado recibido: 4-10-84.

- 1 Trabajo presentado en el III Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos que se celebró en Santa Fe, Argentina, en 1983.
- 2 La autora es Ingeniera en Industria de Alimentos, y Profesora Adjunta en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universidad Nacional de Salta, Buenos Aires 177-4400, Salta, Argentina.

congelación o esterilización. Además, son suficientemente plásticos, sin dejar en la boca la sensación de sequedad, y son bajos en actividad acuosa (a_w) previniendo así el desarrollo bacteriano y las alteraciones químicas (2-4).

Típicamente, el contenido de agua en los AHI fluctúa entre 20 y 50%/o, y su a_w es menor de 0.85 (o sea, por debajo del nivel requerido para mantener el desarrollo de microorganismos).

Las ventajas de los AHI (5) son las siguientes:

1. Estabilidad microbiológica a reducida a_w .
2. Estabilidad en el almacenamiento sin condiciones especiales.
3. Reducción de peso, lo que resulta en un producto compacto.
4. Pueden ser ingeridos tal como se presentan, es decir, sin rehidratación.

Los principales problemas relacionados con la estabilidad de los AHI son:

1. Crecimiento de microorganismos (principalmente mohos, pues su desarrollo se registra a actividades acuosas (a_w) más bajas que para levaduras y bacterias, y generalmente los hongos pueden crecer a una $a_w \geq 0.80$).
2. Pardeamiento no enzimático.
3. Oxidación de lípidos.

Las mezclas de cereales precocidos, maíz y oleaginosas, soja, tienen aplicación potencial como suplementos alimenticios, y aportarían soluciones a los problemas nutricionales que se observan en el Norte Argentino. Específicamente, éstos son: déficit en calorías, proteínas y algunos micronutrientes, tales como vitamina A y calcio.

El objetivo de este trabajo fue, por lo tanto, el desarrollo de un modelo vegetal de AHI, a partir de maíz y soja, análogo a la leche condensada azucarada, de alta densidad calórica y proteínica, bajo costo, con propiedades nutricionales y funcionales mejoradas, estable a temperatura ambiente y de requerimientos mínimos de envasado.

La elección de mezclas de cereales y oleaginosas se basa en el hecho de que las mezclas finales tienen mejor calidad proteínica que las materias primas: la cantidad de proteína de buena calidad que aporta la soja; la cantidad y funcionalidad de la fracción amilácea que aporta el maíz.

Por otra parte, el volumen de producción de maíz y de soja en Salta aseguran una elaboración de 2,000 Tn/año de sémola precocida (demanda calculada en base a estudios de mercado). Así, pues, las cantidades de maíz y soja requeridas pueden ser fácilmente obtenidas en la zona, ya que representan porcentajes inferiores al 10%/o y 50%/o, respectivamente, de la producción estimada para el período 1983-1984.

MATERIAL Y METODOS

Preparación de Muestras:

Extruido de maíz-soja — Se utilizaron mezclas de sémola comercial de maíz amarillo (70%/o) y soja, variedad Hallesoy, cosecha 1981, descascada y molida (300%/o), con 120%/o de humedad. Estas fueron extruidas en

un extrusor de bajo costo (Brady Crop Cooker) alcanzando temperaturas de 165 - 170°C.

Los porcentajes de maíz y soja se seleccionaron considerando la complementación adecuada de aminoácidos que contiene la mezcla de maíz: soja en los porcentajes citados (70:30).

— *Alimento de humedad Intermedia* — La Figura 1 representa un diagrama de flujo del proceso, a escala laboratorio, usado para producir el AHI modelo, a partir de extruido de maíz-soja. A una suspensión de extruido de maíz:soja, 50/50 en peso, a un pH de 6.5 a 6.8 se le agregó 0.20/o de alfa - amilasa (BDH - Chemical Ltd., England). La degradación enzimática se realizó durante 30 minutos a 65°C; luego, la enzima fue inactivada por ebullición en baño de agua durante 10 minutos. Se agregaron sacarosa, leche en polvo descremada y aceite de maíz, en proporciones de 55, 15 y 15/o respectivamente, en relación a la suspensión modificada, a modo de que el producto final alcanzase niveles adecuados de hidratos de carbono, grasas y proteínas. Luego, este producto fue homogeneizado por agitación, y sometido a ebullición durante 5-7 minutos para disolver la sacarosa y los componentes solubles, mezclar el aceite, y desarrollar las propiedades de gel.

— Para propósitos de comparación se utilizó leche condensada evaporada, preparada por S. A. Nestlé de Productos Alimenticios. En base a la composición de la leche comercial, se calcularon los porcentajes de sacarosa, leche en polvo, y aceite, para lograr una composición porcentual semejante.

Métodos Analíticos

— Los contenidos de humedad, proteína, grasa y cenizas fueron determinados de acuerdo a los métodos de la AOAC, 1975 (6). El contenido de hidratos de carbono y fibras para el AHI fue calculado por diferencia.

— La actividad acuosa se estableció aplicando la técnica de Mc Cune, Lang y Steiner (7). Se obtuvo una curva de calibración que relaciona el contenido de humedad de papeles filtro Whatman No. 2, equilibrados durante 24 horas a 25°C, en atmósferas controladas de distintas humedades relativas. Las determinaciones se llevaron a cabo en un rango de a_w que varió de 0.65 a 0.90. Seguidamente, los datos fueron aplicados a la isoterma de sorción propuesta por Smith (8): $M = a + b \log (1 - a_w)$, donde M = gramos de agua por 100 g de sólido húmedo; a y b = constantes, intersección y pendiente, y a_w = actividad acuosa. Los promedios de seis valores obtenidos para M a cada a_w fueron graficados. El análisis de regresión para cuadrados mínimos arrojó lo siguiente:

$$a = 1.762$$

$$b = -15.179$$

$$r \text{ (coeficiente de correlación)} = -0.9097$$

La a_w de la muestra se determinó por el peso ganado por el papel filtro luego de 24 horas a 25°C, aplicando:

$$a_w = 1 - 10 \exp \frac{M - a}{b}$$

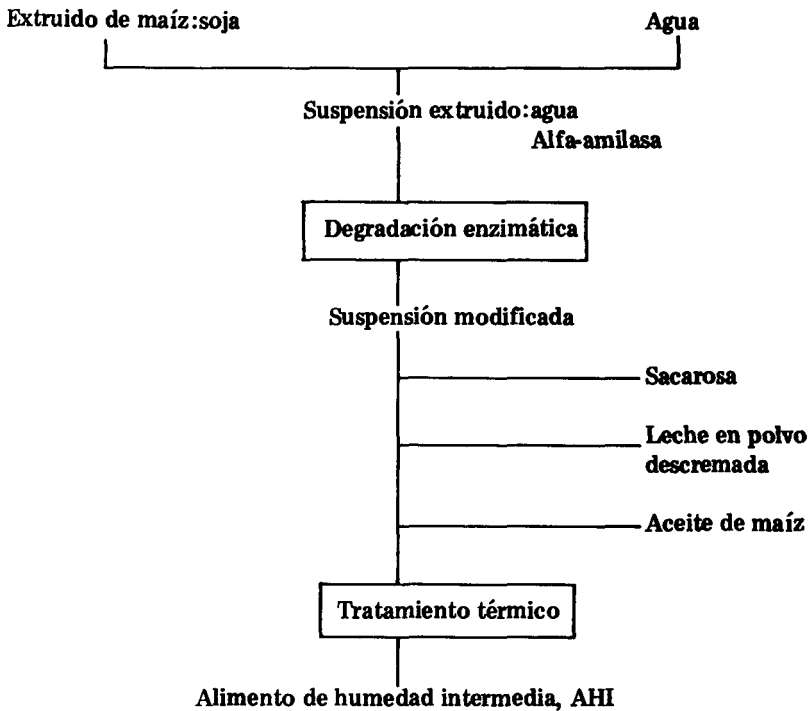


FIGURA 1

Diagrama de flujo para la producción de AHI, a partir de maíz y soja

- Los valores de pH fueron medidos después de mezclar 10 g de muestra con 20 g de agua destilada, en un pehachímetro Orion, usando electrodo de vidrio y ajustando el pH con soluciones buffer.

- La solubilidad en agua se estableció de acuerdo a la técnica de Anderson *et al.* (9), con algunas modificaciones: los sobrenadantes de suspensiones fueron preparadas agregando agua destilada en la relación de 15:1, agua a AHI; relación en peso, agitación durante 30 minutos y centrifugación 15 minutos a 4,000 rpm. La solubilidad en agua fue determinada a partir de los sólidos del sobrenadante después de la centrifugación. Los sólidos se midieron en alícuotas de sobrenadantes por desecación a 100-105°C durante 12 horas.

- *Estabilidad de suspensiones de AHI* - Se tomaron 25 ml de suspensiones de 1:3, AHI a agua, relación en peso, las que se mantuvieron a 4 y 25°C, en cilindros graduados, durante 24 horas (método desarrollado en nuestro laboratorio).

- Los extractos secos de suspensiones de AHI y leche condensada, evaporada fueron determinados por evaporación y desecación a 100-150°C, durante 12 horas (método desarrollado también en el laboratorio).

- La lisina disponible se determinó por el método de Carpenter (10).

— Las calorías fueron calculadas de una porción de 100 cc, considerando que la combustión de 1 g de proteína cede 4 calorías, 1 g de hidratos de carbono aporta 4 calorías, y 1 g de grasa cede 9 calorías.

RESULTADOS Y DISCUSION

El alimento de humedad intermedia (AHI), preparado a partir de extruido de maíz-soja, se obtuvo por el proceso descrito en la Figura 1.

Para alcanzar una buena complementación de proteínas, se utilizaron para extruir, mezclas de maíz-soja en la proporción de 70:30, relación en peso. La composición proximal del extruido de maíz-soja fue como sigue: humedad 5.30/o; proteína (N x 6.25), 18.30/o; grasa, 7.00/o; cenizas, 2.40/o e hidratos de carbono y fibra, 67.10/o. Este extruido fue utilizado para preparar una suspensión 50/50, de agua-extruido, relación en peso. Esta suspensión tiene una composición aproximada de humedad de 52.60/o; proteína (N x 6.25), 8.70/o; grasa, 3.30/o; cenizas, 1.10/o; hidratos de carbono y fibra, 31.80/o. Dicha suspensión transporta 480/o de sólidos, de los cuales 340/o pertenecen al maíz y 140/o a la soja. El pH varió entre 6.5 y 6.7, adecuado para la degradación enzimática posterior. La solubilidad fue de 12.000/o, y su alta viscosidad en frío revela que la fracción amilácea sufrió modificaciones durante la extrusión. El contenido de lisina disponible fue de 0.428 g0/o (base húmeda).

Después de la estimulación enzimática de la alfa-amilasa, la solubilidad del agua aumentó, alcanzando valores de 47.800/o. Este incremento en solubilidad, de 12.00 a 47.800/o, se atribuye a sólidos solubles degradados por las carbohidrasas a partir del almidón modificado de la mezcla extruida.

Las ventajas de usar extruido de maíz-soja en la formulación son las que seguidamente se detallan:

1. Los factores antinutricionales de la fracción de oleaginosa de la muestra, o sea la soja, están inactivados, principalmente la actividad ureásica que es próxima a cero (según se determinó en este laboratorio), debido al calor que recibe durante la extrusión.
2. Los hidratos de carbono del extruido son fácilmente digeribles por las carbohidrasas, a causa de la modificación de almidón, que ocurre durante la extrusión.
3. La modificación enzimática de los carbohidratos posterior al proceso de extrusión altera alguna de las propiedades funcionales, tales como: solubilidad, viscosidad, cohesividad, higroscopicidad y poder edulcorante. Asimismo, la actividad acuosa de la suspensión se altera porque los hidratos de carbono solubles reducen la disponibilidad de agua libre.

Ensayos previos de hidrólisis enzimáticas — Se llevaron a cabo hidrólisis enzimáticas con alfa y glucoamilasas sobre suspensiones (al 250/o) de sémola de maíz, maíz gelatinizado, y extruido de maíz. En función de los sólidos solubles liberados por acción de las enzimas se pudo concluir que la degradación de la fracción amilácea ocurrida durante la extrusión, conduce a productos que son más susceptibles a la acción enzimática que aquéllos obtenidos por gelatinización.

En un nuevo ensayo utilizando como sustrato suspensión (al 250/o) mezcla maíz:soja se pudo observar que la solubilidad (b.s.) de la mezcla de alimentación al extrusor de 19.10/o se incrementaba a 380/o al extruir, y ésta aumentó 68.80/o luego de la estimulación con alfa-amilasa. Este incremento en solubilidad afectó la actividad de agua del sistema, variando de 0.805 en una suspensión extruida a 0.780, en la suspensión extruida hidrolizada (ensayos y datos no publicados).

Después de la degradación enzimática de la fracción amilácea, a la suspensión modificada se le agregaron ingredientes tales como sacarosa, leche en polvo descremada y aceite de maíz. Se obtuvo así un producto final con actividad de agua reducida a 0.72, rango adecuado para alimentos de humedad intermedia, y de características organolépticas y reológicas aceptables.

Los porcentajes finales de los distintos componentes resultaron ser aproximadamente, los siguientes:

Extruido de maíz-soja:	30.00/o
Sacarosa:	31.00/o
Leche en polvo:	8.50/o
Aceite de maíz:	8.50/o
Agua:	22.00/o

La composición proximal y otras características del AHI obtenido se exponen en la Tabla 1.

Según se observa, el AHI presenta una composición similar a la leche condensada azucarada en lo que se refiere a macronutrientes, siendo 22.00/o de agua para el AHI y 25.00/o para la leche. En cuanto a proteínas, el AHI contiene 9.00/o y la leche, 7.5. El contenido de grasa es superior al de la leche, 10.60/o para el primero versus 7.50/o para la leche. El contenido de hidratos de carbono es similar, 57.00/o para el producto y 56.00/o para la leche, siendo el contenido de minerales de la última superior al del AHI.

En cuanto a las características de estabilidad de las suspensiones, pudo observarse que las suspensiones AHI:agua (1:3) son estables por más de 24 horas, sin acusar problemas de sedimentación o separación de fases.

La actividad acuosa del AHI, 0.72, indica que es un producto de humedad intermedia, con buena estabilidad aparente en el almacenamiento a temperatura ambiente durante más de seis semanas, sin cambios en los caracteres organolépticos, ni desarrollo perceptible de microorganismos.

El contenido de lisina disponible en el extruido de maíz-soja es de 0.4280/o (b.h.) mientras que el del AHI es de 0.4630/o (b.h.). Esto se explica por el aporte de la leche en polvo descremada adicionada en la etapa final del proceso, la que suple la posible pérdida de lisina disponible durante la degradación de hidratos de carbono con liberación de grupos reductores e inactivación de enzimas.

El extracto seco de la suspensión del AHI:agua (1:3), pH y calorías aportadas por 100 g son similares a los valores obtenidos por suspensiones de leche condensada azucarada, lo que responde a analogías de formulación.

El balance de materiales y otras propiedades de dicho producto se detallan en la Tabla 2. Esta incluye también un diagrama de bloques que representa el proceso. Según se aprecia, los flujos de entrada (F_1 , F_2 ,

TABLA 1

COMPOSICION PROXIMAL Y OTRAS CARACTERISTICAS DEL AHI

Humedad	21.88 ^o /o
Proteína (N x 6.25)	9.23 ^o /o
Grasa	10.60 ^o /o
Cenizas	1.65 ^o /o
Hidratos de carbono y fibra	56.64 ^o /o
a_w	0.72
pH	6.40
Solubilidad en agua	58.50 ^o /o
Lisina disponible	0.463 ^o /o
Calorías*	316 cal/100 cc
Estabilidad de la suspensión (1:3) a 4 ^o C y 25 ^o C	Aceptable
Extracto seco de la suspensión (1:3)	27.32 ^o /o

Los valores se expresan en base húmeda.

* El cálculo de calorías se llevó a cabo considerando 9.23^o/o de proteínas; 10.60^o/o de grasas, y 46.00^o/o de hidratos de carbono, a partir del almidón de maíz y sacarosa.

sacarosa, leche y aceite), intermedios (F_3 y F_4); y de salida (V_1 , V_2 y el producto F_5) esquematizan la elaboración del AHI. En la parte inferior se presenta el balance de materiales del proceso, observándose el descenso de humedad desde 52.6^o/o a 22.0^o/o a lo largo del proceso. La suspensión inicial de 47.4^o/o de sólidos es degradada por la enzima, y cabe subrayar que esta alta concentración de sólidos y la presencia de proteínas no han inhibido la acción enzimática, lo que se verifica por el cambio en solubilidad, de 12.0^o/o a 48.0^o/o. Una de las ventajas de trabajar con alfa-amilasa es su acción de licuefacción, es decir, su poder de reducción de la viscosidad inicial de la suspensión, que es característica de los productos extruidos. Además, bajo una hidrólisis controlada, libera dextrinas solubles, sin gran liberación de grupos reductores (éstos posteriormente intervendrían en reacciones de pardeamiento).

La incorporación de sacarosa que aporta sólidos solubles y la evaporación de agua son los factores principales que hacen descender la actividad acuosa a valores próximos a 0.72. Por lo tanto, el producto desarrollado en nuestro laboratorio tiene características de alimento de humedad intermedia por su a_w , contenido de humedad (22.0^o/o), y propiedades funcionales.

CONCLUSIONES

Se pueden preparar alimentos de humedad intermedia a partir de fuertes vegetales, maíz y soja, siguiendo el proceso mencionado, modificación térmica y enzimática. El producto así obtenido puede suspenderse en

TABLA 2

BALANCE DE MATERIALES Y ALGUNAS PROPIEDADES DE LOS PRODUCTOS EN PROCESO

Flujo	Masa (g)	Composición*						Propiedades
		Ag	Ma	So	Sa	Le	Ac	
F ₁	52.6	100.0	—	—	—	—	—	Agua
F ₂	46.4	—	32.5	13.9	—	—	—	Ext. maíz:soja
F ₃	100.0	52.6	32.5	13.9	—	—	—	Susp. ext.:agua Humedad: 52.6 ^o /o pH: 6.5 Solubilidad: 12.0 ^o /o
V ₁	6.2	100.0	—	—	—	—	—	Vapor
F ₄	93.8	43.5	35.2	15.1	—	—	—	Susp. modificada Humedad: 46.4 ^o /o pH: 6.5 Solubilidad: 47.8 ^o /o
S _a	51.6	—	—	—	100.0	—	—	Sacarosa
Le	14.0	—	—	—	—	100.0	—	Leche descremada en polvo
Ac	14.0	—	—	—	—	—	100.0	Aceite de maíz
V ₂	8.4	100.0	—	—	—	—	—	Vapor
F ₅	165.0	22.0	21.0	9.0	31.0	8.5	8.5	AHI Humedad: 22.0 ^o /o pH: 6.4 Solubilidad: 58.5 ^o /o

* Ag = agua; Ma = maíz; So = soja; Sa = sacarosa; Le = leche; Ac = aceite.

agua y ser consumido como un análogo de la leche condensada azucarada, ya que ha sido formulado para este fin. A partir de esta metodología, es factible lograr también otras aplicaciones tales como elaboración de alimentos infantiles, productos de confitería, etc.

Se están llevando a cabo trabajos posteriores con miras a mejorar productos de este tipo, esta vez, utilizando otras materias primas y diferentes

condiciones de proceso, evaluación biológica, estabilidad en el almacenamiento, condiciones de envasado y fortificación con minerales y vitaminas. La investigación contempla, asimismo, análisis de aceptabilidad, y estudio de los aspectos económicos de los productos.

SUMMARY

DEVELOPMENT OF A VEGETABLE FOOD OF INTERMEDIATE MOISTURE BASED ON CORN AND SOYBEAN EXTRUDATES

Precooked cereal:oilseed blends have potential use as intermediate moisture food supplements. On this basis, some formulations from corn:soy extrudates, and other ingredients, were prepared and evaluated.

The main objective of this work was to develop a prototype intermediate moisture vegetable food, stable at room temperature, of low cost, and inexpensive packaging requirements.

The technological process involves thermal and enzymatic modification of corn and soy blends.

The final product can be suspended in water and consumed as a high energy-protein beverage. Its proximate composition is similar to that of sweetened condensed milk.

BIBLIOGRAFIA

1. Brokmann, M. C. Development of intermediate moisture foods for military use. *Food Technol.*, 24:896-900, 1970.
2. Kaplow, M. Commercial development of intermediate moisture foods. *Food Technol.*, 21:53-57, 1970.
3. Labuza, T. P. **Mechanism of Deterioration of Intermediate Moisture Food Systems.** Washington, D. C., NASA, 1972. (NASA Contractor Report, CR-114861).
4. Troller, J. A. & J. H. B. Christian. **Water Activity and Food.** New York. N. Y., Academic Press, Inc., 1978.
5. Gee, M., D. Farkas & A. R. Rahman. Some concepts for the development of intermediate moisture foods. *Food Technol.*, 4:83-85, 1977.
6. Association of Official Agricultural Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC.** 12th ed. Washington, D. C., The Association, 1975.
7. Mc Cune, T. D., K. W. Lang & M. P. Steinberg. Water activity determination with the proximity equilibration cell. *J. Food Sci.*, 46:1978-1979, 1981.
8. Smith, S. H. The sorption of water vapor by high polymers. *J. Am. Chem. Soc.*, 69:646, 1947.
9. Anderson, R. H., H. F. Conway, V. P. Pfeifer & E. L. Griffin. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion-cooking. *Cereal Sci. Today*, 14:4, 1969.
10. Carpenter, K. J. The estimation of the available lysine in animal protein-foods. *Biochem., J.*, 77:604-610, 1960.