

EFFECTO DE LA INCORPORACION DE ADITIVOS SOBRE EL ENVEJECIMIENTO DE GELES DE ALMIDON DE MAIZ Y AREPAS

*Marlene Rivero de Padua,¹ Omar Verde,² Miriam Lucena
de Orellana³ y Julio Arias⁴*

Centro de Investigaciones del Estado para la
Producción Experimental Agroindustrial,
FUNDACION CIEPE
Estado Yaracuy, Venezuela

RESUMEN

Se investigó el efecto de la incorporación de diferentes aditivos sobre el envejecimiento de los almidones de maíz y arepas. Los almidones fueron extraídos a partir de endospermo degerminado de maíz, aplicando un proceso de molienda húmeda, y su retrogradación, con o sin incorporación de aditivos, evaluada utilizando el amilógrafo de Brabender, y mediante la medida de cambios en la viscosidad de los geles de almidón a través del tiempo, mediante un viscosímetro Brookfield, modelo RVT. Los aditivos que resultaron ser más efectivos en retardar la velocidad de envejecimiento de los geles se usaron en las arepas. Asimismo, para encontrar los niveles de incorporación en las mismas, se utilizó un pánal de catadores con el fin de establecer la concentración umbral para cada uno de los aditivos. Los cambios en la textura de las arepas —mantenidas a dos temperaturas de almacenaje, 9^o y 23^oC— fueron evaluados utilizando un texturómetro Instron.

Las pruebas preliminares con el almidón de maíz permitieron seleccionar los siguientes aditivos: monoglicéridos destilados, goma guar y aceite vegetal hidrogenado. Se estudió el efecto de 15 combinaciones diferentes de estos aditivos sobre la textura

Manuscrito modificado recibido: 5-4-88.

¹ Jefe de Investigación y Desarrollo de Productos de Maíz, S.A. "PROMASA". Encrucijada de Chivacoa, Chivacoa, Apartado 115, San Felipe, Edo. Yaracuy, Venezuela.

² Decano de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

³ Técnico Asociado a la Investigación del Laboratorio de Cereales y Oleaginosas de la Fundación CIEPE, Estado Yaracuy, Venezuela.

⁴ Técnico del Laboratorio de Cereales y Oleaginosas de la Fundación CIEPE.

de las arepas. Se encontró que solamente tres de ellas permitieron revertir del todo el proceso de retrogradación, y mantener los valores de dureza y elasticidad dentro del rango esperado para una arepa recién hecha, cuando la misma se recalienta hasta que alcanza la temperatura de 49°C. Sólo un 66% del endurecimiento que sufren las arepas preparadas sin aditivos puede revertirse cuando las mismas son recalentadas, siempre que el producto no haya sufrido ninguna deshidratación.

Cuando las arepas se almacenan durante 24 horas, a temperatura ambiente y sin empaque, sufren una pérdida de humedad en su superficie de 47%, y aun cuando el producto se recaliente, su endurecimiento se hace irreversible en un 84.6%.

INTRODUCCION

En años recientes y debido a la aparición en el mercado de harinas precocidas de maíz producidas industrialmente, el método tradicional de elaboración de arepas ha cedido el paso a uno más conveniente. En este proceso se han suprimido las operaciones de degerminación, cocción, y molienda del maíz, y la masa se elabora mezclando la harina precocida de maíz, con agua y sal (1).

Como consecuencia de la innovación tecnológica, el consumo de arepas se ha elevado sustancialmente. No obstante, la arepa tiene una vida útil bastante corta, a causa de los rápidos cambios que ocurren en la textura de la misma después de su elaboración.

El endurecimiento de las arepas es un fenómeno bien conocido; una vez elaboradas, éstas tienen una textura suave en su interior y crujiente en la concha o parte externa, que es característica de lo que el consumidor reconoce como una arepa "recién hecha".

Una vez transcurridos escasos minutos de haberla preparado, comienzan a aparecer los cambios típicos causados por la retrogradación de sus almidones. Estos se manifiestan fundamentalmente por el incremento en la dureza de las mismas.

Existe muy poca información en la literatura en relación al fenómeno de retrogradación de almidones de maíz, y particularmente en un producto como la arepa. Cabrera, Zapata y Gómez (2), estudiaron la cinética del envejecimiento de las arepas de maíz, utilizando geles de almidón como sistema modelo, en presencia de emulsificantes y preservativos. Dichos autores encontraron que el sorbato de potasio ejerce un efecto antagonico sobre el estearil-2-lactilato de calcio, reduciendo su capacidad de retardar el envejecimiento.

Los agentes de superficie activa o surfactantes son utilizados en la industria de alimentos con el objeto de mejorar la textura y la vida media de los productos mediante la formación de complejos con los componentes del almidón (3).

Recientemente se ha sugerido el empleo de diversas gomas como agentes retardadores del envejecimiento, y como estabilizadores y modificadores de la textura (4, 5).

El objetivo de este trabajo, a partir de lo expuesto, fue el de investigar el efecto de la incorporación de un sistema de aditivos (surfactante no iónico, goma y grasa), sobre el proceso de envejecimiento de los almidones de maíz y de las arepas. Este fue evaluado mediante la medida de los cambios en la textura de los mismos a través del tiempo.

MATERIAL Y METODOS

Harinas Precocidas y Almidón de Maíz

Para la realización del presente estudio se empleó endospermo duro de maíz blanco, degerminado, el cual tenía (en porcentaje) las siguientes características físicoquímicas: humedad, 11.00; grasa, 0.69; proteína (N X 6.25), 8.15; ceniza, 0.44; y almidón, 75.50, los que fueron determinados por los métodos de la AOAC (6). Con estos fragmentos de endospermo se elaboró harina precocida, siguiendo el esquema que señala la Figura 1, y se obtuvo el almidón de acuerdo al método de Schoch (7). Este último fue caracterizado químicamente según los métodos estándar de la AACC (8), y físicamente, mediante la evaluación del tamaño de partículas (1), el rango de temperatura de gelatinización (9) y los cambios de viscosidad de una suspensión acuosa de los almidones. Durante la cocción fueron evaluados utilizando el viscoamilógrafo de Brabender (10).

Con miras a investigar el efecto de la incorporación de los aditivos sobre la retrogradación de los almidones en un sistema simple, se utilizó el almidón obtenido en el laboratorio, al cual denominaremos "experimental" en el resto de este estudio, y otro proveniente del comercio local.

Aditivos

Se utilizaron los siguientes aditivos: una mezcla de monoglicéridos destilados, el Dimodan PM, producido por Grindsted Products, Inc., el cual se añadió en forma de dispersión acuosa; el Mivatex 25.00 que es una dispersión acuosa de monoglicéridos destilados y lecitina, y es fabricado por Eastman Chemical Products; el Burtonite V-7-E, fabricado por Burtonite Co., que es una goma guar con una elevada capacidad de retener agua; el Vicarin 402 fabricado por Marine Colloids, el cual es un carragenato tipo lambda; el Keltrol fabricado por Kelco Co., una goma xántica que funciona como coloide hidrofílico, y aceite vegetal hidrogenado (manteca vegetal) con un índice de yodo de 71.3.

Efecto de los Aditivos sobre la Retrogradación de los Almidones

Para determinar el efecto de los aditivos sobre la retrogradación, se utilizó el almidón de maíz experimental extraído en el laboratorio, y el obtenido en el mercado local. Se prepararon suspensiones al 6% en agua destilada, y se gelatinizaron parcialmente en el recipiente del amilógrafo de Brabender. Para ello, cada suspensión se calentó hasta alcanzar el máximo de su rango de temperatura de gelatinización (69°C); luego se enfrió, sumergiendo el recipiente que la contenía, en un baño de hielo (1°C). La observación microscópica de la suspensión indicaba que el 72% de los gránulos había perdido la cruz de birrefringencia. A esta suspensión de almidones parcialmente gelatinizados se le incorporaron individualmente cada uno de los aditivos.

La razón por la que los aditivos se incorporaron a una suspensión de almidones modificados, fue porque las arepas se elaboran con harina precocida de maíz, cuyo grado de gelatinización oscila en alrededor de 85%. Por lo tanto, el aditivo que se incorpore al sistema debe actuar sobre los gránulos de almidón ya gelatinizados.

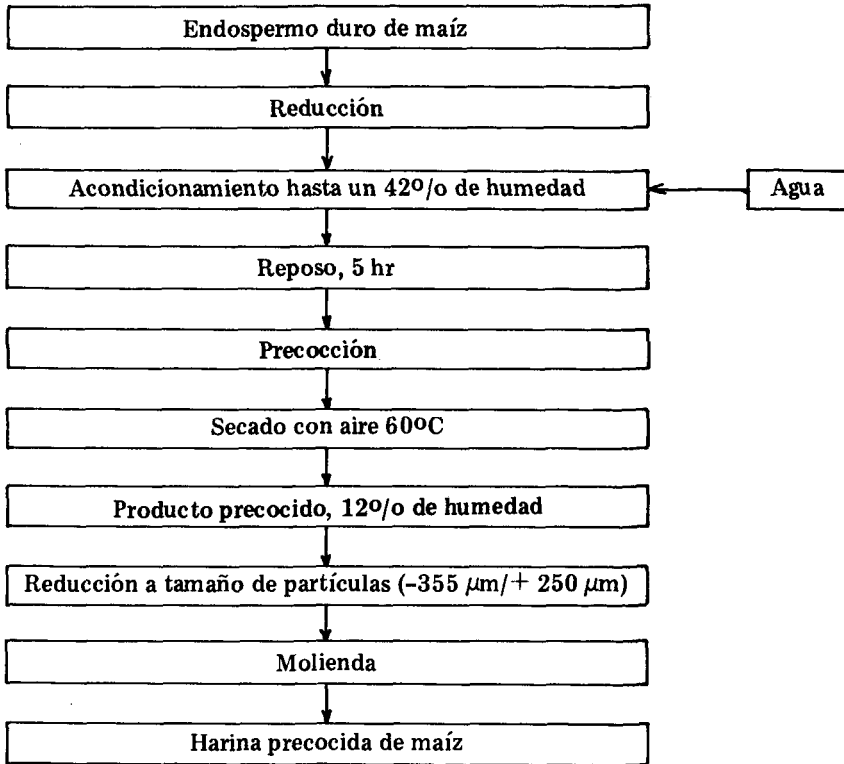


FIGURA 1

Esquema de procesamiento para la obtención de harina precocida de maiz.

Las cantidades de aditivos agregados fueron calculadas en base al contenido de almidón; se corrieron los amilogramas y la tendencia a la retrogradación se midió como el incremento de la viscosidad durante el ciclo de enfriamiento (11). Al finalizar esta etapa, cada suspensión se distribuyó en recipientes metálicos que tenían las siguientes dimensiones: altura, 10 cm y capacidad 13.9 cm³. En cada uno de ellos se vertieron 100 ml de la suspensión, y los cambios en su viscosidad, a través del tiempo, fueron evaluados con un viscosímetro Brookfield RVT utilizando la Helipath con la aguja "C" a la velocidad de 2.5 rpm. Este experimento se repitió utilizando el almidón experimental, con el objeto de comprobar los resultados obtenidos con el almidón comercial.

Efecto de la Incorporación de Aditivos sobre la Textura de Arepas a Diferentes Condiciones de Almacenaje

En las arepas se emplearon aquellos aditivos que resultaron ser más efectivos en retardar la retrogradación de los almidones en el sistema simple. Con el propósito de evitar que los aditivos causaran una alteración

significativa del sabor de las arepas, se corrieron pruebas de umbral (12), para definir los niveles de incorporación de los mismos.

Las arepas preparadas con o sin incorporación de aditivos, fueron cocidas en agua a ebullición durante 5 min. Luego se empacaron individualmente en bolsas de polietileno y fueron almacenadas a dos temperaturas diferentes, 9°C (refrigeradas) y 24°C (condiciones ambientales).

El tiempo de almacenaje en el caso de las arepas refrigeradas fue de 0, 24, 48, 72 y 96 horas. La textura, en estas arepas, fue evaluada al final de cada período de almacenaje, para lo cual, el producto era recalentado por inmersión en agua a ebullición durante 2 min; luego se dejaban enfriar hasta que alcanzaban la temperatura de 40°C.

La textura de las arepas conservadas a temperatura ambiente fue evaluada, sin recalentamiento previo, a tiempo cero y a las 6, 24 y 30 horas de almacenaje.

Las características texturales evaluadas fueron la dureza, kg, f (1), la cohesividad y la elasticidad, o/o (13).

Evaluación Estadística

Los diferentes aditivos, a distintos niveles, conducen a un diseño de experimentos del tipo 33 factorial (3 aditivos a tres niveles). Para su evaluación se emplearon los procedimientos estadísticos señalados por Steel y Torrie (14).

RESULTADOS Y DISCUSION

Características Físicoquímicas de la Materia Prima

Las características físicoquímicas del almidón experimental y del comercial se presentan en la Tabla 1. La extracción a nivel de laboratorio produjo un almidón con mayor contenido de grasas que el del comercial, con un grado de gelatinización de 7.32 o/o. Esto último, debido al daño mecánico producido durante la molienda.

En la Figura 2 se expone gráficamente el registro amilográfico de una suspensión al 6 o/o del almidón experimental. La observación microscópica con luz polarizada de la suspensión, al alcanzar la temperatura de 69°, 70°, 73° y 95°C, indica que a 69°C, un 72 o/o de los gránulos de almidón ha perdido la birrefringencia. Al alcanzar la temperatura de 70°C, la pérdida de la birrefringencia es total.

Características Físicoquímicas de la Harina Precocida por Inyección de Vapor y de la Producida Comercialmente

Luego de seleccionar las condiciones apropiadas de procesamiento, humedad de acondicionamiento, 42 o/o; presión de vapor, 40 lbs/pul, y tiempo de acondicionamiento, 5 hr, se obtuvo el lote de harina precocida de maíz que se empleó en la elaboración de las arepas fabricadas en el estudio. En las Tablas 2 y 3 se señala el tamaño de partículas y las características físicoquímicas, respectivamente, de la harina producida experimentalmente.

TABLA 1
CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DEL
ALMIDON DE MAIZ

Características	Almidón experimental	Almidón comercial
<i>Químicas</i>		
Humedad	11.90	10.5
Grasa, %	2.32	0.8
Proteína, %	0.10	0.6
<i>Físicas</i>		
Gelatinización, %	7.32	0.9
Temperatura de gelatinización, °C	62-69	63-71.5
ITP*, % del total < 45 µm	77.6	90.0

*ITP = Índice del tamaño de partículas.

TABLA 2
DISTRIBUCION PROMEDIO DEL TAMAÑO DE PARTICULAS
EN LA HARINA PREGELATINIZADA DE MAIZ

Tamiz Tyler No.	Apertura (µm)	Índice del tamaño de partículas* %
		Harina experimental
35	425	23.02
42	355	29.52
48	300	16.42
60	250	14.62
80	180	11.02
Receptor	-	5.39

* Porcentaje del total retenido sobre un tamiz.

Efecto de los Aditivos sobre el Patrón Amilográfico de los Geles de Almidón de Maíz

La Figura 3 muestra que con la incorporación de surfactantes la temperatura de espesamiento aumenta y la viscosidad de la suspensión disminuye a 90°C. Tanto los monoglicéridos destilados como la mezcla acuosa

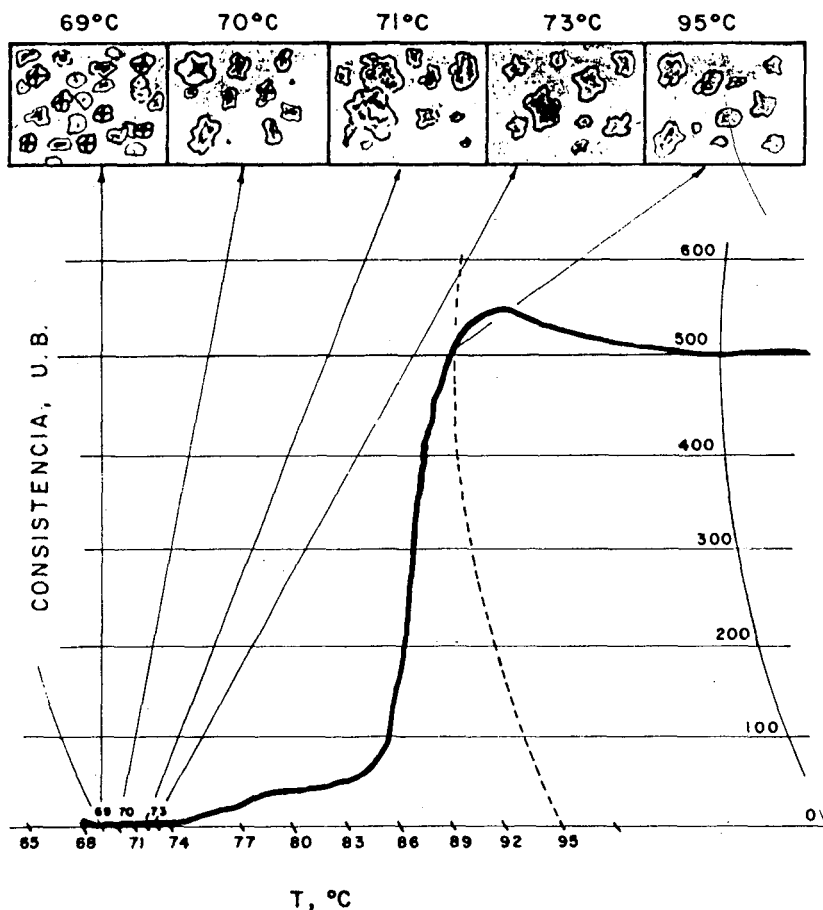


FIGURA 2

Gránulos de almidón observados a diferentes temperaturas durante el ciclo de calentamiento en el amilógrafo

de monoglicéridos producen una reducción de la tendencia a la retrogradación de las pastas, aun cuando se observa que los primeros resultan, en este sentido, más efectivos que la mezcla acuosa.

Las gomas se utilizan en productos de panadería fundamentalmente como mejoradores de la textura y para aumentar la capacidad de retención de agua de las masas (4, 15). Como puede observarse en la Figura 4,

TABLA 3

CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DE LA HARINA PREGELATINIZADA DE MAIZ

Características	Harina experimental
Humedad, o/o	11.00
Almidón, o/o	75.50
Proteína, o/o	8.20
Grasa, o/o	0.69
Cenizas, o/o	0.44
Grado de gelatinización, o/o	73.00
Indice de absorción de agua (mlH ₂ O/g muestra)	5.20
Consistencia (Anteproyecto 1A COVENIN 10:10-001), cm	0.68
Viscosidad Brookfield, cps.	1,250.000.00

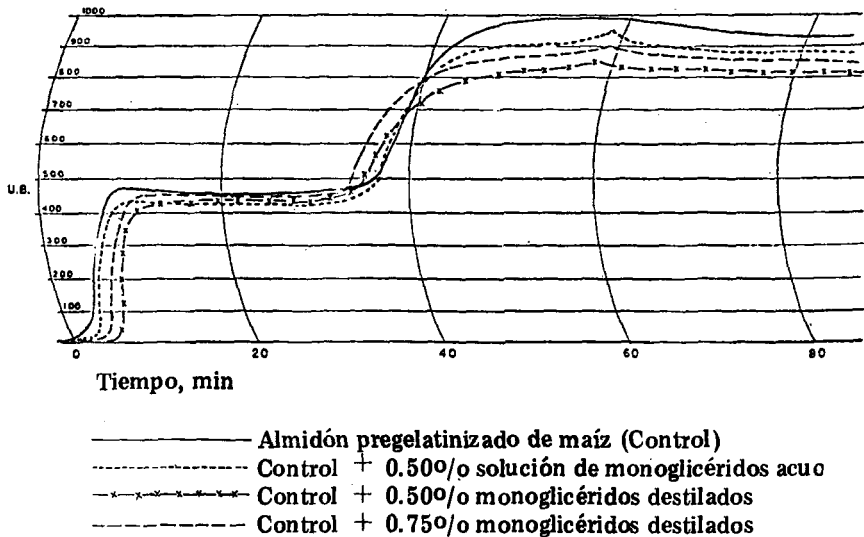
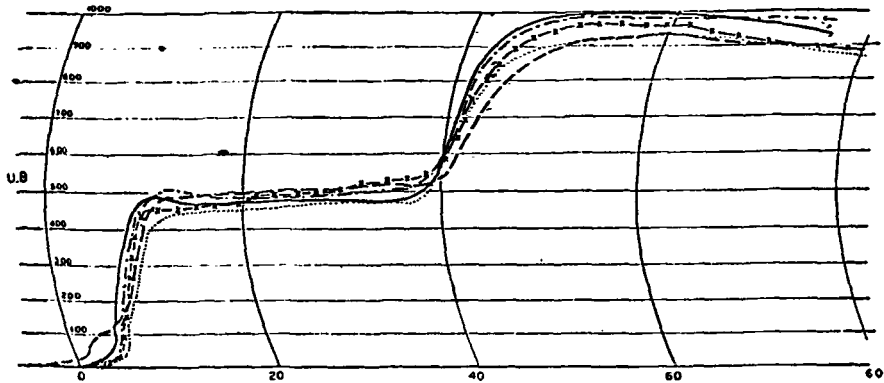


FIGURA 3

Amilogramas de almidón de maíz

las gomas empleadas produjeron un incremento en la temperatura de espesamiento de la pasta, con excepción de la suspensión con incorporación de goma xántica al 0.50%, así como una reducción en la viscosidad de la suspensión a los 90°C. La sección de la curva durante el ciclo de enfriamiento no resulta muy influenciada por la adición de gomas, y el incre-



Tiempo, min

- Almidón pregelatinizado de maíz (Control)
- - - Control + 1.00% goma xántica
- · - Control + 0.50% goma xántica
- x - Control + 0.40% goma guar
- · · Control + 0.50% K-carragenato

FIGURA 4

Amilogramas de almidón de maíz.

mento de la viscosidad durante este ciclo es aproximadamente el mismo para todas ellas.

La Figura 5 señala el efecto de la incorporación de un aceite hidrogenado, manteca vegetal, con un índice de yodo de 71.3, sobre el patrón amilográfico del almidón de maíz gelatinizado y el efecto combinado de una mezcla de la manteca con monoglicéridos destilados. Según se aprecia, el incremento de la viscosidad durante el ciclo de enfriamiento experimentó una drástica reducción, de aproximadamente 400 U.B., tanto para la suspensión con la manteca vegetal como para la suspensión con la combinación de manteca y monoglicéridos. Esto puede deberse a la disminución de la concentración de almidón en la suspensión, ya que las cantidades agregadas de los aditivos fueron calculadas en base al contenido del mismo, al igual que el grado de saturación de la manteca. Como lo indican Osman y Dix (16), las grasas con un índice de yodo muy elevado tienden a reducir el incremento de la viscosidad de las pastas de almidón durante el envejecimiento.

La presencia de la manteca indujo un ligero aumento de la temperatura a la cual se inicia el espesamiento de la suspensión de almidón al 60%, la que se elevó de 84.40C a 86.50C al incorporarse el aceite vegetal hidrogenado.

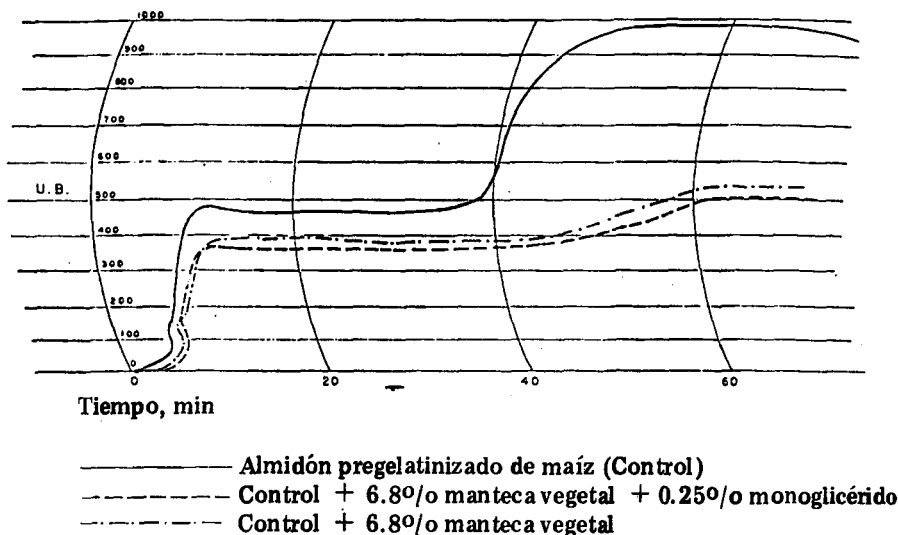


FIGURA 5

Amilogramas de almidón de maíz

Efecto de los Aditivos sobre el Envejecimiento de los Geles de Almidón de Maíz

Los cambios de la viscosidad durante el envejecimiento de los geles de almidón de maíz, con o sin incorporación de aditivos, están representados en las Figuras 6, 7 y 8. Como se aprecia, los valores de viscosidad aumentan con el tiempo en lo que parece ser un modelo exponencial. En la Tabla 4 se detallan los cambios en la velocidad de la reacción, medidos como la pendiente de la tangente a las curvas en su fase inicial.

Los monoglicéridos adicionados al nivel de 0.75% ocasionan una disminución de 60% en la velocidad del envejecimiento, mientras que cuando se emplean a la concentración del 0.50%, la reducción es de 37%. La combinación de manteca y surfactante (monoglicérido) reduce en 41.5% la velocidad de la reacción, demostrándose de esta forma el efecto sinérgico de la combinación, la que produce un efecto más pronunciado que el del surfactante empleado aisladamente y al nivel de 0.50%. La suspensión acuosa de monoglicéridos y lecitina no produce efecto alguno sobre la fase inicial de las reacciones de envejecimiento, y los valores absolutos de viscosidad resultan ser aún más elevados que los del almidón sin aditivos.

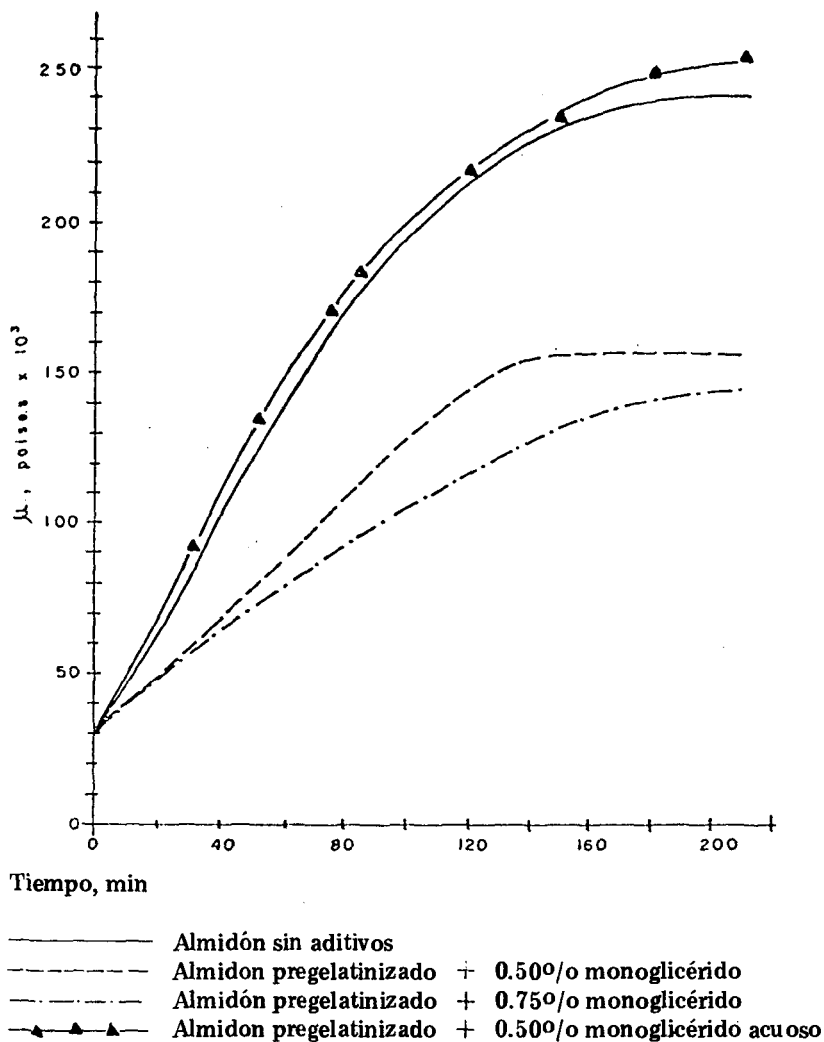


FIGURA 6

Variaciones en la viscosidad de geles de almidón a través del tiempo

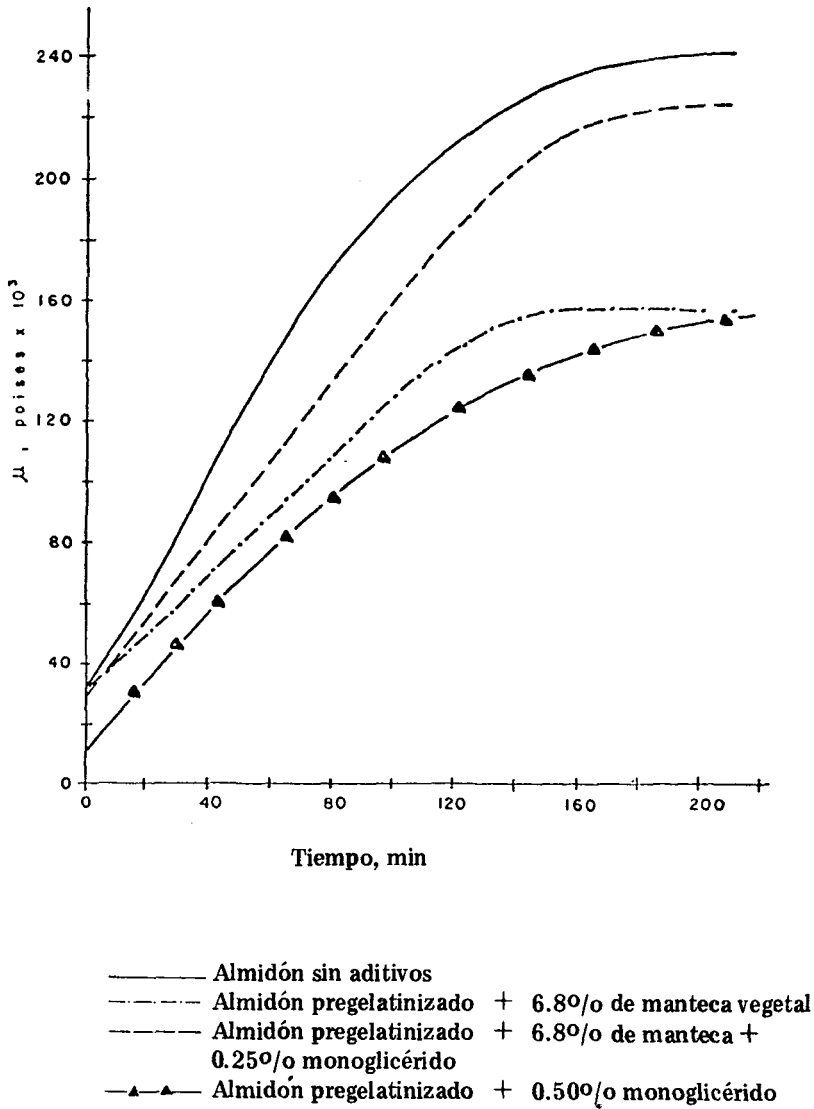


FIGURA 7

Variaciones en la viscosidad de geles de almidón a través del tiempo

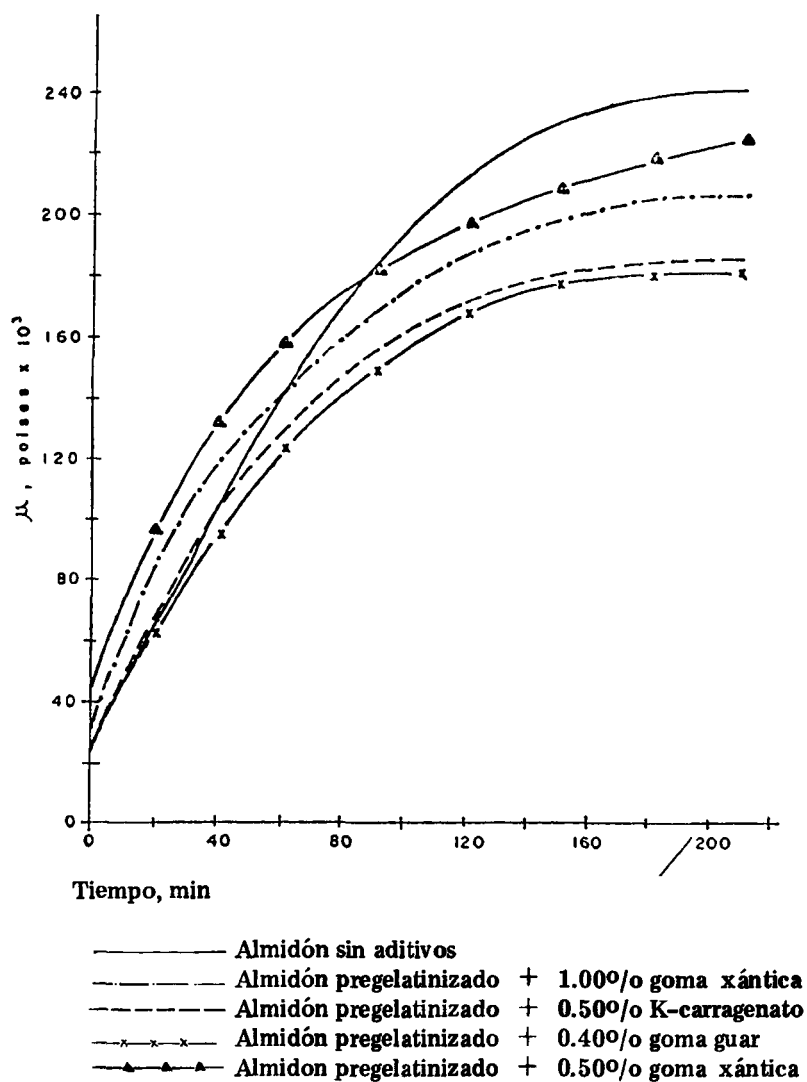


FIGURA 8

Variaciones en la viscosidad de geles de almidón a través del tiempo

TABLA 4

EFFECTO DE LOS ADITIVOS SOBRE LA VELOCIDAD DE ENVEJECIMIENTO
DEL GEL DE ALMIDON EXPERIMENTAL DE MAIZ

	Velocidad de envejecimiento (poise/min)
Control ¹	6,900.00
A + 0.50% monoglicéridos	3,350.00
B + 0.50% monoglicéridos	1,675.00
A + 6.80% manteca + 0.25 monoglicéridos	3,750.00
B + 6.80% manteca + 0.25 monoglicéridos	2,400.00

1 Almidón de maíz sin aditivos y sin tratamiento calórico.
A = Almidón sin tratamiento calórico.
B = Almidón previamente gelatinizado.

El efecto de la incorporación de gomas se observa en la Figura No. 8. La goma xántica —a los niveles de 0.50/o o de 1.00/o— incrementa notoriamente la consistencia inicial de los geles de almidón, pero después de transcurridos 90 o 60 min, respectivamente, los valores absolutos de viscosidad disminuyen en relación a los del patrón. Ello se debe a que según se observa en la Tabla 5, ocasionan una leve reducción en la velocidad de envejecimiento del gel de almidón.

Tanto el carragenato al 0.50/o, como la goma guar al 0.40/o, ejercen un efecto similar sobre el incremento de la viscosidad durante el enfriamiento de la suspensión de almidón de maíz. No obstante, puede observarse que la goma guar es la más efectiva de ambas, pues aun cuando fue utilizada en menor concentración, la viscosidad de su suspensión es ligeramente menor que la de la suspensión con carragenato.

Según hemos observado, este último método resulta ser mucho más apropiado para cuantificar el efecto de los aditivos sobre los cambios en las características físicas del almidón gelatinizado a través del tiempo, pues permite una mejor diferenciación de la acción de cada uno de los compuestos estudiados.

En la Figura 9 se observan los cambios en la viscosidad de los geles del almidón de maíz extraído en el laboratorio, en presencia de los aditivos que mostraron una mayor efectividad en retardar el envejecimiento: los monoglicéridos y la combinación de manteca (aceite vegetal hidrogenado) y monoglicéridos. Asimismo, también se compara el efecto de los aditivos sobre un almidón que no ha sufrido ningún tratamiento calórico, con el efecto de los mismos sobre un material que ha sido parcialmente gelatinizado. En primer lugar, se aprecia que el almidón extraído en el laboratorio tiene una velocidad de envejecimiento mucho mayor que la del almidón comercial. Esto indica que el método amilográfico no es el más apropiado para evaluar este fenómeno, ya que el incremento en la consistencia de una suspensión en continua agitación, durante el ciclo de enfria-

TABLA 5

EFECTO DE LOS ADITIVOS SOBRE LA VELOCIDAD DEL ENVEJECIMIENTO DEL GEL DE ALMIDON COMERCIAL DE MAIZ

	Velocidad de envejecimiento (poise/min)
Control ¹	2,000
Almidón pregelatinizado + 0.500/o monoglicéridos	810
Almidón pregelatinizado + 0.750/o monoglicéridos	1,250
Almidon pregelatinizado + 6.800/o manteca	1,320
Almidón pregelatinizado + 6.800/o + manteca + 0.250/o monoglicéridos	1,170
Almidon pregelatinizado + 0.500/o monoglicéridos acuosos	2,070
Almidón pregelatinizado + 0.500/o goma xántica	1,980
Almidón pregelatinizado + 1.000/o goma xántica	1,950
Almidón pregelatinizado + 0.500/o K-carragenato	1,820
Almidón pregelatinizado + 0.400/o goma guar	1,720

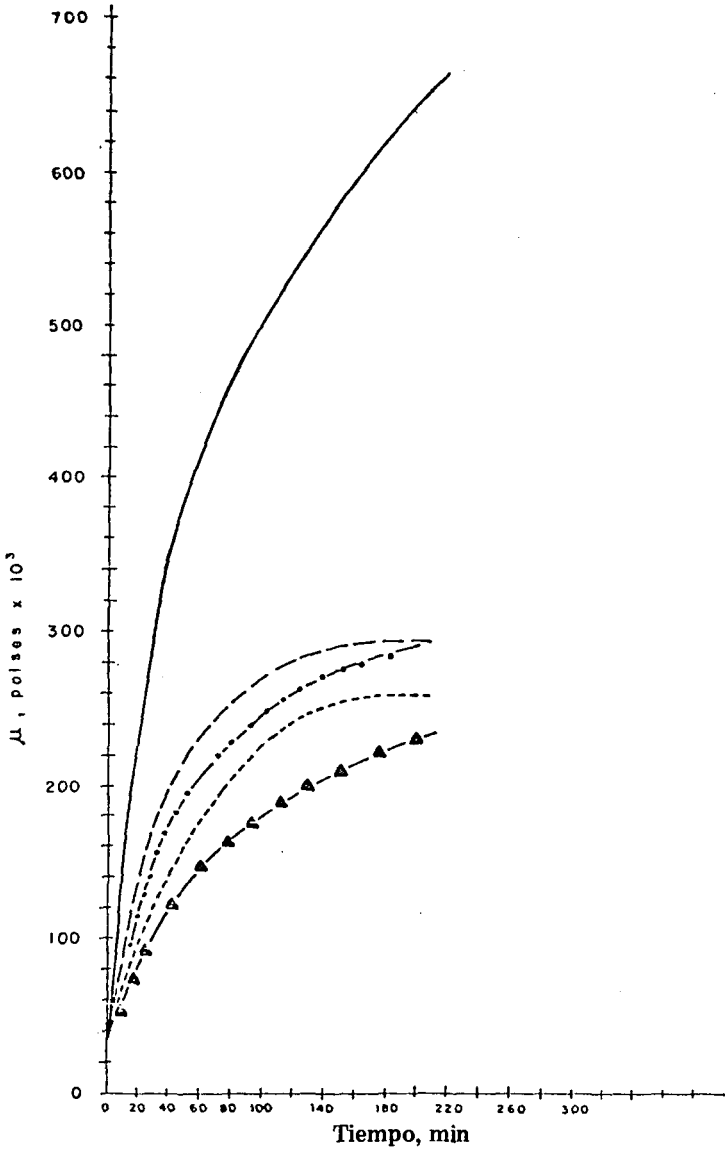
1 Almidón de maíz sin aditivos y sin tratamiento calórico.

miento, no refleja lo que ocurre cuando la suspensión se deja en reposo y alcanza la temperatura ambiente.

La velocidad de envejecimiento del almidón experimental se reduce en 51.40/o cuando se gelatiniza en presencia de 0.50/o de un surfactante no-iónico. No obstante, según se ve, el efecto del surfactante es mucho más drástico cuando se incorpora al almidón parcialmente gelatinizado, dado que en este caso la velocidad de envejecimiento se reduce en 75.70/o (Tabla 5).

La combinación de manteca y monoglicéridos, al incorporar el almidón que no ha sufrido tratamiento calórico alguno, produce un efecto muy similar al ejercido por el surfactante por sí solo, y la velocidad de envejecimiento del gel se reduce en 45.70/o. Según pudimos observar, la combinación de aditivos es mucho más efectiva en retardar la velocidad de retrogradación de las moléculas de almidón cuando se incorpora a una suspensión previamente gelatinizada, en cuyo caso la velocidad de envejecimiento se reduce en 65.20/o.

De acuerdo a los resultados notificados por Breenan y Ayernor (17) —quienes estudiaron la cinética de la retrogradación de los almidones de ñame— el proceso se completaba en un tiempo aproximado de 12 horas. Esto indica que su velocidad de retrogradación es mucho más rápida que la de los almidones de trigo, en los cuales el proceso concluye alrededor de 16 horas después de iniciarse (18). Es necesario señalar que en el caso de almidones de maíz, el proceso de retrogradación culmina su fase acelerada alrededor de los 180 min, momento en el que la curva muestra su punto de inflexión. Esta marcada diferencia entre el almidón de maíz y otros almidones explica el acelerado proceso de envejecimiento de las arepas.



- Almidón (experimental) sin aditivos
- - - Almidón (experimental) + 6.8% manteca + 0.25% monoglicérido
- · - Almidón (experimental) + 0.5% monoglicérido
- · · Almidón (experimental) pregelatinizado + 6.8% manteca + 0.25% monoglicérido
- ◄◄ Almidón (experimental) pregelatinizado + 0.5% monoglicérido

FIGURA 9

Variaciones en la viscosidad de los gels a través del tiempo.

Incorporación de Aditivos en las Arepas

Tomando como base el comportamiento de los aditivos en el gel de almidón, se seleccionaron los monoglicéridos destilados, la goma guar y la manteca, con el propósito de utilizarlos en un sistema complejo como son las arepas. Para retardar el proceso de retrogradación se seleccionó la mezcla de manteca con el surfactante, y para aumentar la capacidad de retener el agua, la goma guar.

Con miras a determinar los niveles máximos posibles de incorporación de los aditivos en el producto final, se hicieron pruebas de umbral con un panel de 12 catadores entrenados, a los que se les dieron a evaluar muestras de arepas con 0.06^o/o, 0.10^o/o o 0.16^o/o de monoglicéridos; arepas con 5.0^o/o, 7.0^o/o o 7.5^o/o de manteca vegetal, y arepas con 0.3^o/o, 0.4^o/o o 0.5^o/o de goma guar. Como se señala en la Tabla 6, se encontró que los niveles de uso sugeridos por los fabricantes están por encima de los niveles no detectados por el panel, con excepción de la manteca vegetal, en vista de que su incorporación en el producto incrementaba sustancialmente la aceptabilidad del mismo. Por ello se optó por bajar hasta 4.5^o/o su nivel, valor éste por debajo del tolerado por los catadores, a fin de no tener un producto demasiado grasoso que pudiese ser luego rechazado por el consumidor.

Una vez determinados los niveles máximos de los diferentes aditivos tolerados en las arepas, se empleó un diseño experimental de tres variables (3³). Esto resultó en los 15 tratamientos que se señalan en la Tabla 7 más el del patrón sin aditivos, con arepas preparadas a partir de harina precocida por inyección de vapor (tratamiento 16).

Efecto de la Incorporación de Aditivos sobre la Textura de las Arepas Almacenadas a 9°C

Los resultados de evaluación de la textura de arepas almacenadas a temperatura de refrigeración, indican —tal como se señala en la ecuación de regresión que figura en la Tabla 8— que al contrario de lo que podría esperarse, la dureza de las mismas es independiente del tiempo de almacenaje. Esto señala que el recalentamiento a que se someten las muestras, previo a la evaluación de su textura, permite la total reversión de las reacciones de asociación o retrogradación de las moléculas de almidón en el producto; por lo tanto, la incorporación de aditivos mejoradores de la textura y retardadores del proceso de envejecimiento, tiene un efecto positivo, ya que el lapso de tiempo (15 días aproximadamente) en que permanecen sanitariamente aptas para consumo, el endurecimiento que sufren se hace reversible. Estos hallazgos son comparables a los de Nosnick, Merrit y Geddes (19), quienes demuestran que el endurecimiento del pan durante el envejecimiento está asociado con la retrogradación de la amilopectina. Dichos investigadores encontraron, asimismo, que el proceso es reversible con el calentamiento, en tanto que la asociación de la amilosa es irreversible con los métodos normales de calentamiento. En la misma Tabla también se observa que la manteca vegetal tiende a disminuir significativamente la dureza de las arepas, mientras que la goma guar tiende a incrementarla, y los monoglicéridos destilados no ejercen un efecto significativo sobre ésta. La combinación de manteca con monoglicéridos o de

TABLA 6

COMPARACION ENTRE LOS NIVELES DE LOS ADITIVOS SUGERIDOS
POR EL FABRICANTE, Y LOS TOLERADOS EN LAS AREPAS

Aditivo	Nivel sugerido	Nivel tolerado
Goma guar	0.04 - 0.72*	0 - 0.35*
Monoglicérido	0.30 - 0.80*	0 - 0.15*
Manteca	—	0 - 6.00*

* Calculados en base al peso de harina.

TABLA 7

DISEÑO DE EXPERIMENTO PARA ENCONTRAR LA COMBINACION
DE ADITIVOS MAS APROPIADA PARA CONTROLAR EL ENVEJECIMIENTO
DE LAS AREPAS

Tratamiento	Nivel de Aditivo, %*		
	Manteca	Monoglicérido	Goma guar
1	1.165	0.038	0.071
2	4.584	0.038	0.071
3	1.165	0.151	0.071
4	4.584	0.151	0.071
5	1.165	0.038	0.279
6	4.584	0.038	0.279
7	1.165	0.151	0.279
8	4.584	0.151	0.279
9	0.000	0.095	0.175
10	5.750	0.095	0.175
11	2.875	0.000	0.175
12	2.875	0.190	0.175
13	2.875	0.095	0.000
14	2.875	0.095	0.350
15	2.875	0.095	0.175
16**	0.000	0.000	0.000

* Calculado en base al peso de harina de la formulación.

** Arepas preparadas con harina pregelatinizada por inyección de vapor.

manteca con goma guar, sin embargo, disminuye significativamente la dureza, en tanto que la combinación de monoglicéridos con goma guar aumenta significativamente la dureza de las arepas; por este motivo, los mismos no deberían estar presentes simultáneamente en el producto.

TABLA 8

**ECUACION DE REGRESION MULTIPLE PARA PREDECIR LOS CAMBIOS EN
LA DUREZA DE AREPAS REFRIGERADAS**

Variable	Coeficiente
Intercepción	2.1320
X	-0.5410 **
Y	2.121 NS
Z	2.6300 **
Tiempo (hora)	-0.0002 NS
X ²	0.1310 **
Y ²	2.2120 NS
Z ²	-6.7990 NS
XY	-2.600 **
YZ	-1.2240 **
	r ² = 0.53
	16.736 **

Niveles de significancia = **P < 10/o.

NS = No Significativo.

X = Manteca.

Y = Monoglicéridos.

Z = Goma guar.

Efecto de la Incorporación de Aditivos sobre la Textura de Arepas Almacenadas a Temperatura Ambiente

Cuando las arepas se mantuvieron a temperatura ambiente y sus características texturales fueron evaluadas sin someterlas a recalentamiento previo, observamos (Tabla 9) que el modelo estadístico explica el 800/o de la variabilidad en la dureza de las mismas; además, a medida que transcurre el tiempo de almacenaje, ocurre un aumento significativo de la dureza y de la elasticidad. Esto indica que al no haber recalentamiento, la retrogradación procede en forma continua, manifestándose en los cambios de la textura del producto. La dureza disminuye con la incorporación de manteca y monoglicéridos, mientras que la goma guar no ejerce efecto significativo sobre la misma. Las combinaciones de los aditivos contemplados en el modelo tienden a incrementar la dureza de las mismas.

La cohesividad de las arepas prácticamente no es afectada por las variables estudiadas, y aun cuando las mismas se hacen más duras o más blandas, la fuerza de los enlaces internos que mantienen la estructura del producto, permanece relativamente constante. No obstante, el efecto individual y el cuadrático de la manteca son significativos e incrementan la cohesividad; en cambio, los efectos individuales de los monoglicéridos y de la goma guar tienden a disminuirla, y la interacción de monoglicéridos y goma guar la incrementa significativamente.

El modelo estadístico explica 600/o de la variabilidad en la elasticidad de las arepas y, como lo revelan los datos en la Tabla 9, los efectos individuales de las variables consideradas son todos significativos; la manteca y

TABLA 9

ECUACION DE REGRESION MULTIPLE PARA PREDECIR LOS CAMBIOS EN LA DUREZA, COHESIVIDAD Y ELASTICIDAD DE AREPAS ALMACENADAS A TEMPERATURA AMBIENTE

Variable	Coeficientes		
	Dureza	Cohesividad	Elasticidad
Intercepción	45.896	0.519	72.62
X	-2.856**	0.083**	5.65**
Y	-194.357**	-1.550**	-241.89**
Z	-20.761 NS	-1.467**	-175.25**
Tiempo (horas)	0.264**	-0.000 NS	0.20**
X ²	-0.627**	-0.011**	0.55 NS
Y ²	-123.020 NS	-4.626 NS	-1073.33**
Z ²	-65.450 NS	-0.931 NS	128.96 NS
XY	31.386**	-0.004 NS	10.81 NS
XZ	7.502**	-0.017 NS	-11.95 NS
YZ	262.733**	9.480**	1769.52**
r ² =	0.803	0.414	0.60

Niveles de significancia = ** P < 10/o.

NS = No Significativo.

X = Manteca.

Y = Monoglicéridos.

Z = Goma guar.

el tiempo de almacenaje tienden a aumentar la elasticidad, en tanto que los monoglicéridos y la goma guar la disminuyen. El modelo estadístico explica un 60% de la variabilidad en la elasticidad de las arepas y, según se observa en la misma Tabla 9, los efectos individuales de las variables consideradas son todos significativos; la manteca y el tiempo de almacenaje tienden a aumentar la elasticidad, en tanto que los monoglicéridos y la goma guar la disminuyen. El efecto cuadrático de los monoglicéridos produce una disminución significativa de la elasticidad, lo que indica que no deben usarse concentraciones muy elevadas de este aditivo, ya que si bien produce un efecto favorable al reducir la dureza del producto, el mismo debe mantener una elasticidad que esté en el rango de 55% a 86%. Los valores por debajo de este rango equivalen a una arepa demasiado blanda, deformable e inelástica.

Para la realización de este ensayo, las arepas se conservaron dentro del empaque de polietileno hasta el momento de su evaluación, por lo que las mismas no sufrieron pérdida de humedad. Con el objeto de estudiar el efecto de la deshidratación y del recalentamiento sobre la textura de las arepas, se corrió una prueba en la que un lote de arepas se mantuvo a temperatura ambiente sin empaque, y otro dentro del empaque de polietileno, durante 24 horas. La textura de ambos lotes se evaluaba antes y después de recalentarlos en un baño de maría hasta que alcanzaban la temperatura de 49°C y la humedad de la superficie externa de las arepas se determinaba antes de recalentarlas.

De conformidad con la Tabla 10, las arepas mantenidas dentro del empaque alcanzaron una textura suave al ser calentadas, aun cuando al compararlas con las arepas recién hechas, se observa que un 34% de la retrogradación se ha hecho irreversible. Las arepas que se han dejado sin empaque sufren una rápida deshidratación en su superficie, con una pérdida de humedad de aproximadamente 47%, formándose una "película" externa de textura gomosa y flexible y apariencia translúcida que permanece aún después de recalentarlas. Además, presentan un incremento de la dureza mayor de 100%, lo que las hace totalmente inacceptables.

TABLA 10

EFFECTO DE LA PERDIDA DE HUMEDAD Y EL RECALENTAMIENTO
SOBRE LA TEXTURA DE LAS AREPAS

Temperatura de evaluación	Tiempo de almacenaje (horas)	Humedad (o/o)	Dureza (kg f)
49°C Sin empaque	0	—	19.0 ± 0.5
49°C Sin empaque	24	—	53.7 ± 1.6
49°C Con empaque	24	—	26.8 ± 0.9
23°C Sin empaque	0	63.0 ± 3.0	23.6 ± 0.7
23°C Sin empaque	24	34.0 ± 1.5	> 60
23°C Con empaque	24	63.2 ± 2.2	41.7 ± 2.2

De los tratamientos (combinaciones de aditivos) estudiados (Tabla 11), únicamente las combinaciones 1, 5 y 11 permitieron revertir totalmente la retrogradación y mantener dentro de un rango aceptable la dureza y la elasticidad de las arepas. Con el recalentamiento, las arepas preparadas con cualquiera de las combinaciones de aditivos mencionados, recuperaron del todo la textura inicial del producto.

TABLA 11

ECUACIONES DE PREDICCIÓN DE LOS CAMBIOS DE DUREZA, COHESIVIDAD Y ELASTICIDAD DE LAS AREPAS CON O SIN ADITIVOS A TRAVÉS DEL TIEMPO

Diferentes tratamientos	Parámetros					
	Dureza, lbs	r ²	Cohesividad	r ²	Elasticidad, o/o	r ²
1	Y = 37.2 + 0.17t**	0.41	Y = 0.50 - 0.001t NS	0.004	Y = 68.1 - 0.16t NS	0.04
2	Y = 17.2 + 0.36t**	0.74	Y = 0.42 + 0.008t NS	0.430	Y = 72.3 - 0.07t NS	0.02
3	Y = 17.8 + 0.09t NS	0.29	Y = 0.35 - 0.006t **	0.590	Y = 24.6 - 0.03t NS	0.01
4	Y = 16.6 + 0.27t**	0.55	Y = 0.37 - 0.011t NS	0.005	Y = 36.3 + 0.16t NS	0.05
5	Y = 28.7 + 0.70t**	0.79	Y = 0.25 + 0.006t**	0.680	Y = 42.7 + 0.78t**	0.55
6	Y = 23.1 + 0.33t**	0.64	Y = 0.56 - 0.007t**	0.500	Y = 53.5 + 0.24t NS	0.03
7	Y = 25.2 + 0.32t**	0.78	Y = 0.23 + 0.001t NS	0.360	Y = 38.4 + 0.07t NS	0.02
8	Y = 16.9 + 0.20t**	0.56	Y = 0.22 + 0.002t NS	0.120	Y = 30.4 + 0.34t**	0.54
9	Y = 28.5 + 0.18t**	0.10	Y = 0.21 + 0.005t**	0.550	Y = 33.3 + 1.10t**	0.65
10	Y = 12.4 + 0.05t NS	0.17	Y = 0.27 + 0.001t NS	0.010	Y = 39.3 + 0.71t**	0.46
11	Y = 35.3 + 0.13t NS	0.04	Y = 0.41 + 0.000t NS	0.000	Y = 54.5 - 0.45t NS	0.48
12	Y = 19.6 - 0.06t NS	0.08	Y = 0.28 + 0.000t NS	0.000	Y = 28.1 + 0.69t**	0.56
13	Y = 25.2 - 0.27t NS	0.63	Y = 0.33 + 0.003t**	0.940	Y = 66.1 - 0.21t NS	0.53
14	Y = 25.7 + 0.07t NS	0.13	Y = 0.34 + 0.001t**	0.460	Y = 50.2 + 0.27t NS	0.17
15	Y = 21.7 + 0.21t**	0.85	Y = 0.37 - 0.001t NS	0.005	Y = 47.1 - 0.08t NS	0.02
16	Y = 38.8 + 0.94t**	0.97	Y = 0.61 + 0.001t NS	0.007	Y = 85.9 + 0.03t NS	0.01

Niveles de significancia = ** P < 10/o.

NS = No Significativo.

SUMMARY

EFFECT OF THE INCORPORATION OF ADDITIVES ON THE AGEING OF CORN STARCH GELS AND AREPAS

This research was carried out to investigate the effect of the incorporation of various additives on the ageing of corn starch and arepas. Starches were extracted from the endosperm of degerminated corn by a wet milling process, and its retrogradation, with or without the incorporation of additives was evaluated using the Brabender amilograph and by measuring the viscosity changes of the starch gels through time, using a Brookfield viscometer model RVT. The most effective additives in retarding the rate of ageing of starch gels, were used in the arepas. Likewise, trained panelists were utilized to find the levels of the additives incorporated in the arepas, by running taste threshold tests for each one of the additives. Textural changes of the arepas —maintained at two different storage temperatures, 9° and 23°C— were evaluated using an Instron texturometer.

Preliminary tests with the corn starch allowed to choose the following additives: distilled monoglycerides, guar gum and hydrogenated vegetable oil. The effect of 15 different combinations of these additives on the texture of arepas was then studied, and findings revealed that only three of them were able to totally revert the retrogradation process, and maintain the hardness and elasticity within the expected range of a fresh-made arepa, when this is reheated until reaching a maximum temperature of 49°C. A 66% of the hardening of the arepas prepared without additives can be reverted with the reheating process, but only if the product has not suffered dehydration.

When stored for 24 hours at room temperature, unpacked arepas have a surface moisture loss of 47%, and even if reheated, hardening becomes irreversible in 84.6% of them.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a la empresa Refinadora de Maíz Venezolana, C. A., REMAVENCA, cuyo apoyo hizo posible la publicación de este trabajo. Asimismo, agradecen a la Sra. Cristina Ortega de Puche la realización de las Figuras que lo ilustran.

BIBLIOGRAFIA

1. Rivero de Padua, M. & H. Padua Maroun. Rheological behavior of Venezuela *arepa* dough from precooked corn flour. *Cereal Chem.*, **61**: 37-41, 1984.
2. Cabrera, J. A., L. E. Zapata & S. Gómez. Model studies on corn arepa staling. Influence of storage conditions and emulsifiers. (Resumen del trabajo No. 523). Presented at: The 42nd Meeting of the Institute of Food Technologists. IFT. Las Vegas, Nevada, USA, 1982.
3. Krog, N. Functions of emulsifiers in food systems. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **54**: 124, 1977.
4. Schuurink, F.A. Improving Flour of Dough. Dutch Patent 59.870 (C.A. 41:7014 g).

5. Klose, R. & M. Glicksman. Gums. In: **Handbook of Food Additives**. Thomas Furia (Ed.). Cleveland, Ohio, CRC, 1968, p. 313-375.
6. Association of Official Agricultural Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC**. 13th ed. Methods 14.068, 14.065, 14.067, 14.064 y 14.033. Washington, D. C., The Association, 1980.
7. Schoch, T. Preparation of starch and the starch fractions. In: **Methods of Enzymology**. Vol. III. Anthony San Pietro (Ed.). New York, N. Y. Academic Press, Inc., 1955, p. 5-17.
8. American Association of Cereal Chemists. **Approved Methods of the AACC**. St. Paul, Minnesota, The Association, 1976.
9. Watson, S. A. Determination of starch gelatinization temperature. In: **Methods in Carbohydrate Chemistry**. Vol. IV. R. L. Whistler (Ed.). New York, N. Y., Academic Press Inc., 1964. p. 240-242.
10. Smith, R. J. Viscosity of starch paste. In: **Methods in Carbohydrate Chemistry**. Vol. IV. R. L. Whistler (Ed.). New York, N. Y. Academic Press Inc., 1964, p. 114-117.
11. Tipples, K. H. Uses and applications of the amylograph. In: **The Amylograph Handbook**. W. Shuey and T. R. Tipples (Eds.). St. Paul, Minn., The American Association of Cereal Chemists, 1980, p. 12-22.
12. Mackey, A. & Y. Flores. **Manual de Evaluación Sensorial**. San Felipe, Yaracuy, Venezuela, 1982, p. 45-50. (Publicaciones CIEPE).
13. Bourne, M. Texture profile of ripening pears. **J. Food Sci.**, **28**: 404-408, 1963.
14. Steel, R. & J. Torrie. **Principles and Procedures of Statistics**. New York, N. Y., Mc Graw-Hill Book Co., 1960.
15. Glicksman, M. Utilization of synthetic gums in the food industry. **Advances in Food Res.**, **12**: 283-295, 1963.
16. Osman, E. & M.R. Dix. Effects of fats and non-ionic surface active agents on starch pastes. **Cereal Chem.**, **37**: 464-474, 1960.
17. Breenan, J. G. & G. Sodah-Ayernor. A study on the kinetics of retrogradation in a starch- based dough made from dehydrated yam (*Dioscorea rotundata*, L. Poir). **Starch**, **25**: 276-280, 1973.
18. Colwell, K. H., D. Awford, N. Chamberlain & G. H. Elton. Effect of storage temperature on the ageing of concentrated wheat starch gels. **J. Sci. Food Agric.**, **20**: 550-555, 1969.
19. Nosnick, P., P. Merrit & T. W. Geddes. Staling studies in breads containing maize starch. **Cereal Chem.**, **23**: 297-308, 1946.