

EFECTOS DE UNA MEZCLA DE ESTEARINA DE PALMA Y ACEITE DE CANOLA SOBRE LOS PARÁMETROS REOLÓGICOS DE LA MASA DE TRIGO Y CARACTERÍSTICAS DEL PAN

Alan Pavlovich-Abril, María Guadalupe Salazar-García, Francisco Javier Cinco Moroyoqui, Refugio Ortega Ramírez y Nohemí Gámez Meza

RESUMEN

Se estudiaron los efectos de la sustitución de manteca comercial por una mezcla de estearina de palma:aceite:canola 50:50, sobre las características reológicas de la masa de harina de trigo y del pan elaborado con esta masa. Se calcularon las correlaciones ($r=0,82$; $p<0,05$) entre el trabajo de deformación (W) y la absorción de agua en el farinógrafo; y la absorción de agua y el volumen específico del pan ($r=-0,55$), el trabajo de deformación (W) y el volumen específico del pan ($r=-0,54$). Los resultados mostraron que la adición de grasa, disminuyó W , la resistencia al estiramiento (P) y la absorción de agua, y aumentó la estabilidad y el tiempo de mezclado. Tam-

bién se realizaron correlaciones entre el volumen del pan y la fuerza de compresión (textura) en el pan ($r=-0,74$). La mezcla estearina:canola 50:50 mostró un nivel mayor de ácidos grasos poliinsaturados, sin la presencia de ácidos grasos *trans*, proporcionando propiedades reológicas similares a las de una masa elaborada con manteca comercial, sin presentar diferencias del volumen y textura del pan. El estudio muestra que la grasa elaborada con mezcla de estearina de palma y aceite de canola es una alternativa viable para sustituir a las mantecas comerciales convencionales.

Introducción

Funcionalmente, la grasa es uno de los ingredientes de mayor importancia en panificación por su influencia en el mezclado, manejo y fermentación de la masa, así como en el volumen del pan y la impartición de cualidades sensoriales al pan horneado (Baltasavias *et al.*, 1999). La introducción de grasas bajas en colesterol, con bajo o nulo contenido de ácidos grasos *trans* en Europa y EEUU fue a finales de los años '90. La importancia de este tipo de grasas en la formulación de los alimentos se debe a que su ingesta puede disminuir los niveles de LDL en sangre y/o regular la relación HDL/LDL (List, 2004). Las grasas *trans* representan el 3% de las ca-

lorías consumidas en la dieta en EEUU, mientras que las grasas saturadas representan el 12%. Por ello es importante que el consumo de las grasas saturadas no se incremente significativamente, en el objetivo de proveer alternativas a las grasas *trans* (Stauffer, 2005). Hay por ello interés en la industria por la formulación de mantecas y margarinas cero *trans* para panificación, a partir de mezclas de grasas y aceites con cierto grado de blandura (Berger y Aini, 2005).

Mayamol *et al.* (2004) obtuvieron una manteca libre de ácidos grasos *trans*, funcional para panificación, formulando una mezcla de estearina de palma y aceite de salvado de arroz (50:50), con altos niveles de ácidos grasos insatura-

dos (34,5% de $C_{18:1}$ y 18,7% de $C_{18:2}$). En ese estudio se formuló un producto similar a la margarina (vanaspati), que se produce en el sureste Asiático (Pakistán e India), por hidrogenación de mezclas de aceites. Agyare *et al.* (2005) encontraron que la masa para galletas elaborada con una mezcla de un lípido estructurado y aceite de canola no presentó diferencias en la resistencia al estiramiento (P), en el trabajo de deformación (W) y en el diámetro de las galletas, en las galletas elaboradas con grasa hidrogenada.

Las mediciones reológicas son importantes en la industria de panificación, ya que detallan una descripción cuantitativa de las propiedades mecánicas de la masa, proporcionan información re-

lacionada con la composición y estructura molecular del material, y caracterizan y simulan el desempeño del material durante el procesamiento (Dobraszczyk y Morgenstern, 2003).

En la literatura química sobre cereales, a menudo se ven mediciones tomadas con un alveógrafo o farinógrafo, refiriéndose a éstas como mediciones reológicas. Estos instrumentos miden cómo la masa se deforma y fluye (Hoseney, 1994). Los parámetros del alveógrafo más utilizados son (Agyare *et al.*, 2005): la resistencia al estiramiento (P), la extensibilidad de la masa (L) y el trabajo de deformación (W). Con respecto a los parámetros del farinógrafo más frecuentemente considerados, ellos son el porcentaje de ab-

PALABRAS CLAVE / Masa / Panificación / Reología / Textura / Volumen del Pan /

Recibido: 27/11/2008. Modificado: 15/07/2009. Aceptado: 20/07/2009.

Alan Pavlovich-Abril. M.C. en Almacenamiento y Procesamiento de Granos, Universidad de Sonora (USon), México. Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos. Código postal 83260

María Guadalupe Salazar-García. Doctora en Biotecnología, USon, México. Profesora Investigadora, USon, México. Dirección: Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México. e-mail: gsalazar@guayacan.uson.mx

Francisco Javier Cinco Moroyoqui. Doctor en Ciencias, USon, México. Profesor-Investigador, USon, México. e-mail: fcinco@guayacan.uson.mx

Refugio Ortega Ramírez. M.C. Almacenamiento y Procesamiento de Granos. USon, México. Investigador, USon,

México. e-mail: rortega@guayacan.uson.mx

Nohemí Gámez Meza. Doctor en Ciencias, USon, México. Profesora Investigadora, USon, México. ngamez@guayacan.uson.mx

EFFECTS OF A PALM STEARIN AND CANOLA OIL MIXTURE ON THE RHEOLOGICAL PARAMETERS OF WHEAT DOUGH AND BREAD

Alan Pavlovich-Abril, María Guadalupe Salazar-García, Francisco Javier Cinco Moroyoqui, Refugio Ortega Ramírez and Nohemí Gámez Meza

SUMMARY

The effects of the substitution of the commercial shortening for palm stearin and canola oil mixture on the rheological properties of a wheat dough and bread were studied. The correlation coefficients between alveograph deformation work (W) and water absorption (WA) on the farinograph ($r= 0.82$; $p<0.05$), between WA and the specific volume ($r= -0.55$), and between W and specific volume ($r= -0.54$) were determined. The data show that the addition of fat decreases W, stretch resistance (P), and WA, while it increased the stability and mixing time. The cor-

relation between loaf volume and compression force (texture) of bread ($r= -0.74$) was also determined. The palm stearin: canola oil 50:50 mixture had a greater level of polyunsaturated fatty acid than commercial shortening without the presence of trans fatty acids, while providing similar rheological properties, without differences in loaf volume and bread texture. The study shows that the fat elaborated with the palm stearin:canola oil mixture is a viable alternative to replace the conventional commercial shortening.

EFEITOS DE UMA MISTURA DE ESTEARINA DE PALMA E ÓLEO DE CANOLA SOBRE OS PARÂMETROS REOLÓGICOS DA MASSA DE TRIGO E CARACTERÍSTICAS DO PÃO

Alan Pavlovich-Abril, María Guadalupe Salazar-García, Francisco Javier Cinco Moroyoqui, Refugio Ortega Ramírez e Nohemí Gámez Meza

RESUMO

Estudaram-se os efeitos da substituição de banha comercial por uma mistura de estearina de palma:óleo:canola 50:50, sobre as características reológicas da massa de farinha de trigo e do pão elaborado com esta massa. Calcularam-se as correlações ($r= 0,82$; $p<0,05$) entre o trabalho de deformação (W) e a absorção de água no farinógrafo; e a absorção de água e o volume específico do pão ($r= -0,55$), o trabalho de deformação (W) e o volume específico do pão ($r= -0,54$). Os resultados mostraram que a adição de gordura, diminuiu W, a resistência ao estiramento (P) e a absorção de água, e aumentou a estabi-

lidade e o tempo de mistura. Também se realizaram correlações entre o volume do pão e a força de compressão (textura) no pão ($r= -0,74$). A mistura estearina:canola 50:50 mostrou um nível maior de ácidos graxos poliinsaturados, sem a presença de ácidos graxos trans, proporcionando propriedades reológicas similares às de uma massa elaborada com banha comercial, sem apresentar diferenças no volume e textura do pão. O estudo mostra que a gordura elaborada com mistura de estearina de palma e óleo de canola é uma alternativa viável para substituir às banhas comerciais convencionais.

sorción de agua, que consiste en la capacidad de hidratación de la harina cuando ésta se mezcla y llega a una consistencia óptima en los 500UB; el tiempo de desarrollo de la masa, que se mide a partir de la adición de agua a la harina, hasta que alcanza su consistencia óptima, la cual se da por la interacción entre los diferentes componentes de la harina (Chinachoti y Vodovotz, 2001); y la estabilidad, que indica el tiempo que la masa es capaz de mantener su consistencia óptima (de acuerdo con la línea de 500UB) durante el mezclado (Haraszi et al., 2008).

Como una opción de uso de mantecas elaboradas por la hidrogenación de aceites o provenientes de grasas animales, resulta de interés conocer el efecto de la adición de una mezcla de estearina de palma

y aceite de canola sobre las propiedades reológicas de la masa de trigo, el volumen y textura del pan. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la adición de una mezcla formulada con esa mezcla sobre las propiedades reológicas de la masa de trigo, el volumen y la textura del pan.

Materiales y Métodos

Materia prima

Se utilizó harina comercial de trigo fuerte, la cual fue donada por el Molino la Fama, Hermosillo, Sonora, México. La estearina de palma fue suministrada por Industrializadora Oleofinas, Monterrey, Nuevo León, México. Se utilizó aceite puro de canola comercial y manteca comercial marca Inca.

Caracterización química de la harina

Para la evaluación de las características de la harina de trigo se usaron los métodos recomendados por la AACC (2001) para: proteína (46-13); ceniza (08-03); y humedad (44-19).

Caracterización fisicoquímica de la grasa

Se caracterizaron los tres tipos de grasa, la manteca comercial, estearina de palma, y la mezcla estearina:aceite de canola 50:50. Las pruebas físicas y químicas se llevaron a cabo de acuerdo con los métodos recomendados por la AOCS (1998) para ácidos grasos libres (Ca 5a-40), índice de peróxido (Cd 8-53), índice de yodo a partir del porcentaje de cada ácido graso insatura-

do (Cd 1c-85), color (Cc 13e-92), índice de refracción (Cc 7-25), punto de fusión (Cc 1-25), composición de ácidos grasos por cromatografía de gases (CE 1-62), consistencia de la grasa (Cc-16-60) por medio del penetrómetro Kohler (Bohemia, NY, EEUU), y análisis de difracción de rayos X (Cj 2-95) en un difractómetro Bruker AXS D8 (Madison, WI, EEUU). Esta última prueba determina los espacios cortos y largos de las estructuras de los cristales de la grasa e identifica las formas cristalinas predominantes.

Mediciones reológicas a la masa

Las mediciones fueron realizadas en la masa elaborada con los diferentes tipos de grasa, utilizando dos proporciones, 3 y 6% en base al peso de la

TABLA I
CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LAS GRASAS

	Manteca	Estearina	Mezcla
Ácidos grasos libres (%)	0,015	0,039	0,016
Índice de peróxidos (meq·kg ⁻¹)	0,55	0,85	0,60
Color Lovibond (Rojo)	2,0	3,5	3,0
Índice de refracción	1,4590 (50°C)	1,4557 (60°C)	1,4661 (50°C)
Punto de fusión	45°C	52°C	49°C
Índice de yodo	43	33,8	63

harina empleada. Las concentraciones de grasa seleccionadas fueron acordes a las cantidades utilizadas para la elaboración de pan blanco de molde, de 3%, y para la elaboración de panes para *hot dog*, de 6% (Pomeranz, 1985; Blanshard *et al.*, 1986; AACC 10-10, 2001).

Alveógrafo. Se agregó la grasa fundida (70°C) a 250g ±0,5g a la harina momentos antes de adicionar el agua con una concentración de sal del 2%. Por cada medición reológica se realizaron dos repeticiones y se llevaron a cabo tres réplicas. Los alveogramas se obtuvieron en un alveógrafo Chopin (Villeneuve, La Garenne, Francia), usando el método estándar 54-30A de la AACC (2001). Los parámetros reológicos obtenidos del alveograma fueron P, L y W.

Farinógrafo. Los farinogramas se obtuvieron a través de un farinógrafo Brabender (Duisburg, Alemania) siguiendo el método 54-21 de la AACC (2001). En este caso se agregó la grasa fundida a la harina y se mezcló por 30s antes de agregar el agua destilada. Se determinó el porcentaje de absorción de agua, la estabilidad y el tiempo de mezclado.

Evaluación del pan

En la elaboración del pan blanco de molde se siguió el método 10-10 de la AACC (2001). Se elaboraron 42 panes, a los cuales se les determinó el volumen específico después de 30min del horneado. La mitad de ellos se utilizó para la medición de la textura a las 2h. La otra mitad, después de reposar por 2h, fue almacenada individualmente en bolsas de polietileno

de 25×18cm a temperatura ambiente durante 24h, para posteriormente determinar la textura. Se emplearon tres panes por cada uno de los seis tratamientos y se tomaron como control tres panes sin grasa. El volumen del pan se determinó por desplazamiento de semilla de nabo en un medidor de volumen National MFG CO (Chatman, NJ, EEUU). La textura del pan se determinó usando un equipo de prueba Universal, mediante el método 74-09 del AACC (2001), empleando un texturómetro Instron 4465 (Conton, MA, EUA) midió la textura de la miga del pan.

Diseño experimental

El diseño experimental fue un factorial (3×2). Los factores fueron representados por los tres tipos de grasa: manteca comercial, estearina de palma y la mezcla estearina:canola 50:50. Los niveles de la concentración de grasa fueron 3 y 6%.

Análisis estadístico

Se realizó un ANDEVA y una prueba de contraste de medias para determinar si existían diferencias entre los tratamientos (p<0,05). Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico SAS. JMP 5.0.1 de 2002. El modelo propuesto para cada respuesta fue: $y = \mu + g + c + gx + \varepsilon$, donde g: grasa, c: concentración, y ε : error.

Resultados y Discusión

Los valores obtenidos del análisis químico de la harina fueron considerados ca-

racterísticos de una harina para panificación, con un contenido de ceniza de 0,52%, una cantidad de proteína adecuada de 10,8%, y una humedad del 12,5%.

En la Tabla I se presenta la caracterización de las grasas utilizadas. Las tres grasas cumplieron con los estándares de calidad (Pyler, 1988). En cuanto a las pruebas físicas como el color, éste se encontró por arriba de lo deseado (3,0R) para una grasa destinada a la panificación, que es

de los ácidos grasos confirmó que la estearina presentó una cantidad mayor de ácidos grasos saturados, en particular el ácido palmítico (16:0); la mezcla estearina:canola 50:50 exhibió un elevado contenido de ácido oleico (18:1) y una proporción importante de ácido palmítico y de ácidos grasos esenciales omega 6 y omega 3; la manteca comercial mostró una composición alta (18,1%) de ácido esteárico y ácido oleico (42,75%). El valor del índice de yodo fue incrementado en el siguiente orden: mezcla estearina:canola 50:50 > manteca comercial > estearina.

TABLA II
CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA Y QUÍMICA DE LAS GRASAS

	Manteca	Estearina	Mezcla
Consistencia			
12°C	83mm/10	71mm/10	188mm/10
20°C	127mm/10	115mm/10	—
29°C	215mm/10	227mm/10	—
Composición de ácidos grasos (%)			
Mirístico (14:0)	3,90	1,65	6,48
Palmítico (16:0)	25,0	49,81	36,81
Esteárico (18:0)	18,1	8,75	6,00
AGS	47,0	60,2	49,29
Palmitoléico (16:1)	2,47	0,71	ND
Oléico (18:1) n-9	42,75	20,56	34,0
AGMI	45,22	21,27	34,0
Linoléico (18:2) n-6	2,3	7,88	10,30
Linoléico (18:3) n-3	ND	0,60	6,13
AGPI	2,3	8,48	16,43
Isómeros <i>trans</i>	ND	ND	ND
Hábito de cristalización	β'	$\beta \approx \beta'$	β

ND: no detectable.

un máximo de 1,5R (Pyler, 1988). Los puntos de fusión de la mezcla estearina:canola 50:50 (49°C) y de la manteca comercial (45°C) fueron más bajos que el de la estearina (52°C), como era de esperarse.

La Tabla II muestra la consistencia de las grasas estudiadas y el análisis de la composición de ácidos grasos. La consistencia de la mezcla de estearina:canola 50:50 fue más blanda que las otras dos grasas, presentando una mejor consistencia la manteca comercial. Esto concuerda con la composición de los ácidos grasos y el índice de yodo de las tres grasas. La composición

Efecto de la adición de grasa sobre los parámetros del alveógrafo

La Figura 1 muestra la interacción tipo de grasa y concentración sobre los parámetros alveográficos de la masa. El tratamiento con 3% de la mezcla estearina:canola 50:50 tuvo un ligero efecto sobre P, parámetro que relaciona la habilidad de la masa para retener las burbujas de gas. La mezcla de estearina:canola favoreció el ablandamiento de la masa, al contrario de la estearina que presentó un efecto de endurecimiento. El comportamiento de la masa elaborada con la

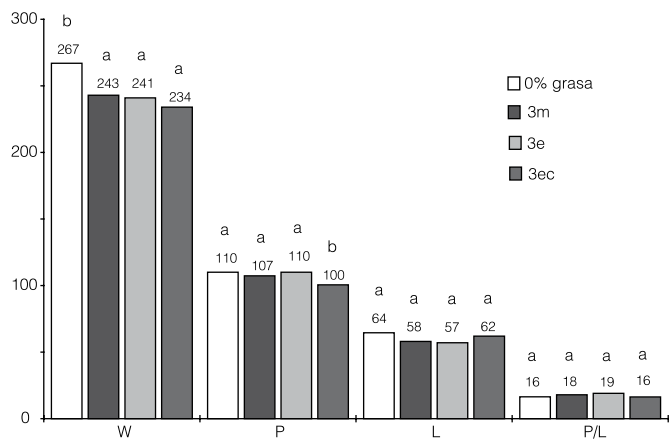


Figura 1. Interacción tipo de grasa/concentración en los parámetros alveolares de la masa. W ($J \times 10^{-4}$), P (mm), L (mm), (P/L $\times 10$). Columnas con diferente letra son significativamente diferentes ($p < 0,05$). 3: porcentaje de grasa, m: manteca, e: estearina, ec: mezcla estearina-canola

mezcla estearina:canola fue similar a la masa elaborada con la manteca comercial. Estos resultados indican que la adición de grasa influye sobre la resistencia del estiramiento de la masa y la fuerza general.

Efecto de la grasa en los parámetros farinográficos

La Figura 2 muestra la interacción de tipo de grasa y concentración al 3% sobre los parámetros farinográficos de la masa. En dicha figura se aprecia que solamente la estabilidad de la masa elaborada con la mezcla de estearina:canola presentó una diferencia significativa ($p < 0,05$). Esto se puede deber a la característica blanda

de la mezcla, lo cual reduce la fuerza necesaria de mezclado de la masa en mayor grado, lubricando los componentes, disminuyendo la fricción entre ellos y haciéndola mecánicamente más manejable (Junjen *et al.*, 2003). La adición de 3% de grasa incrementó significativamente ($p < 0,05$) la estabilidad de la masa, en donde el tratamiento con la manteca comercial y el tratamiento con estearina tuvieron un mayor efecto (9,6 y 9,7 minutos respectivamente) que el tratamiento con la mezcla de estearina-canola 50:50 (8,3 minutos), lo cual demostró que la adición de grasa a la masa modificó el comportamiento reológico, mejoró la consistencia y la plasticidad, permitiendo un

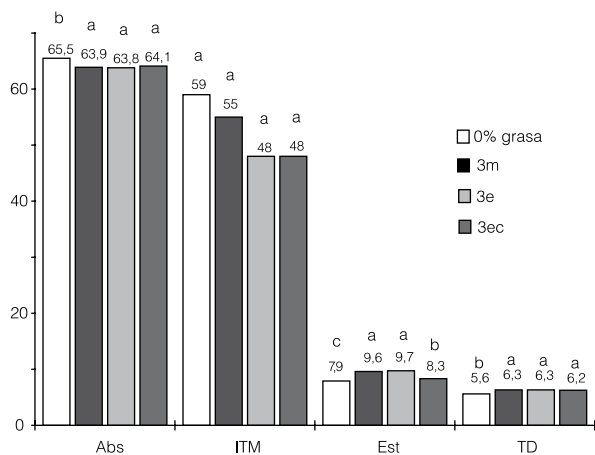


Figura 2. Interacción grasa/concentración sobre los parámetros farinográficos en la masa. Abs: % de absorción de agua, ITM: índice de tolerancia al mezclado (UB), Est: estabilidad (minutos), TD: tiempo de desarrollo (min). Columnas con diferente letra son significativamente diferentes ($p < 0,05$). 3: porcentaje de grasa, m: manteca, e: estearina, ec: mezcla estearina-canola.

estiramiento por más tiempo sin fractura de la masa. De acuerdo con Tronso *et al* (2003), los métodos reológicos para medir deformaciones grandes (farinógrafo) son mejores para caracterizar las masas de harina que los métodos para deformaciones pequeñas (dinámicos oscilatorios). La reología de deformaciones grandes provee bases para estudiar el comportamiento visco-elástico de la masa (Peighambardoust *et al.*, 2005). Se reconoce la acción sinérgica de las grasas con las proteínas de la masa de trigo, la cual aumenta la estabilidad, incrementa el tamaño y el número de las celdas de gas en la masa fermentada, manteniendo funcionales las proteínas del gluten por más tiempo durante el horneado y protegiendo por más tiempo al almidón (aumentando la temperatura de gelatinización), efectos éstos

También, la cantidad de grasa requerida varía según el tipo de harina. La capa de aceite ayuda a mantener la continuidad de la interfase gas-líquido durante la expansión de la masa. Este efecto de la grasa sobre el volumen del pan se explica en parte por la capacidad de la grasa para formar emulsiones al ser mezcladas con las proteínas y los polímeros de almidón (Junge y Hoseney, 1981). Por otro lado, el tiempo de desarrollo de la masa y el volumen específico del pan ($r = 0,54$), son características importantes de la calidad de la masa.

La estabilidad de la masa mezclada en un farinógrafo está influenciada por el comportamiento de los componentes de la harina en el proceso de formación de la masa durante el mezclado (Haraszi *et al.*, 2008). De los parámetros reológicos de la masa obtenidos del alve-

TABLA III
CORRELACIONES ENTRE EL VOLUMEN DEL PAN Y LOS PARÁMETROS REOLÓGICOS DE LA MASA

Variable	Correlación	n	Nivel de significación
P/L	0,0348	21	0,8811
L	-0,1704	21	0,4601
P	-0,3494	21	0,1205
W	-0,4801	21	0,0277
% de absorción	-0,5501	21	0,0100
Tiempo de desarrollo	0,5408	21	0,0140
Estabilidad	0,1765	21	0,4442
ITM	-0,3062	21	0,1771

que permiten una mayor expansión del pan en el horneado (Brooker, 1996).

Correlación entre los parámetros reológicos y el volumen del pan

En la Tabla III se observa que la mayor correlación es aquella entre la absorción de agua y el volumen específico del pan ($r = -0,55$). La absorción de agua está influenciada por la adición, tipo y proporción de grasa en la harina. Las masas elaboradas con grasa requieren una menor cantidad de agua para lograr su consistencia ópti-

ógrafo fue W, el parámetro que relaciona la fuerza de panificación de la masa, el que tuvo la mayor correlación ($r = -0,48$) con el volumen específico del pan. Desde el punto de vista reológico, W es el parámetro más relevante para predecir la calidad de panificación de una harina (Hoseney, 1994); ya que el alveógrafo simula la extensión biaxial que ocurre en la celda de gas durante la fermentación de la masa, representada por pequeñas celdas esféricas de gas donde la masa se convierte en una espuma con celdas de gas poliédricas.

En la Figura 3 se aprecia que el efecto de la adición de grasa disminuyó el parámetro del trabajo de deformación. La adición de grasa disminuye la fuerza general de la masa y aumenta el volumen del pan. Sin embargo, la adición de 6% de grasa disminuyó la fuerza de la masa (Figura 1) y, no obstante, el volumen del pan no aumentó. Por lo tanto, la presencia de una cantidad de grasa >3% en la masa puede tener un efecto desestabilizante en la burbuja de gas (Chinachoti y Vodovotz, 2001). Esto es debido a que los lípidos polares, tales como los fosfolípidos y glucolípidos, presentes en la harina de trigo (Gan *et al.*, 1995; Hamer y Hosney, 1998; Zdzislaw y Kolakowska, 2001; Helmerich y Koehler, 2005; Sroan y MacRitchie, 2009) son superficialmente activos y capaces de formar monocapas condensadas, las cuales interactúan o compiten con las proteínas para proveer películas interfaciales más estables entre el gas y la fase líquida, estabilizando la celda de gas y la espuma. Por otra parte, una adición excesiva de grasa (>3%) formará monocapas expandidas comprimibles y débiles; esta es la razón por la cual la grasa (ácido linoléico) tiende a actuar como desestabilizante de espumas (Gan *et al.*, 1995; Li y Vu, 2004; Sroan y MacRitchie, 2009). En la Figura 3 también se observa la correlación ($r = 0,82$) entre los parámetros reológicos del trabajo en el alveógrafo (W) y la absorción de agua de la harina en el farinógrafo. Estos parámetros fueron los más influenciados por la adición y tipo de grasa, y además son los principales a considerar para determinar las características reológicas de la masa (Hosney, 1994).

Relación de la fuerza de compresión y el volumen del pan

La Figura 4 muestra la correlación ($r = -0,74$) entre

el volumen específico del pan y la fuerza de compresión. En el pan fresco el volumen tuvo una correlación alta con la fuerza de compresión, debido a que un volumen mayor del pan es el resultado de una celda de gas de tamaño mayor con una distribución uniforme. Las paredes de la celda de gas grandes son más delgadas, resistentes y elásticas. Por lo tanto, las celdas de gas oponen una menor resistencia a la compresión. También, al ser estirada la celda recuperará su tamaño original más rápido sin sufrir fractura, resultando una fuerza de compresión menor. Todas estas cualidades de las celdas de gas se reflejan en el volumen y en la textura del pan. A pesar de que existen otros factores que intervienen en la textura del pan, su influencia es menor comparada con el efecto que tiene el tamaño, la uniformidad y las características de las paredes (flexibilidad y elasticidad) de la celda.

Efecto de la grasa sobre el volumen y textura del pan

La Tabla IV muestra el efecto de la concentración de grasa sobre el volumen del pan. El pan preparado sin grasa tuvo un volumen significativamente menor que los panes elaborados con ma-

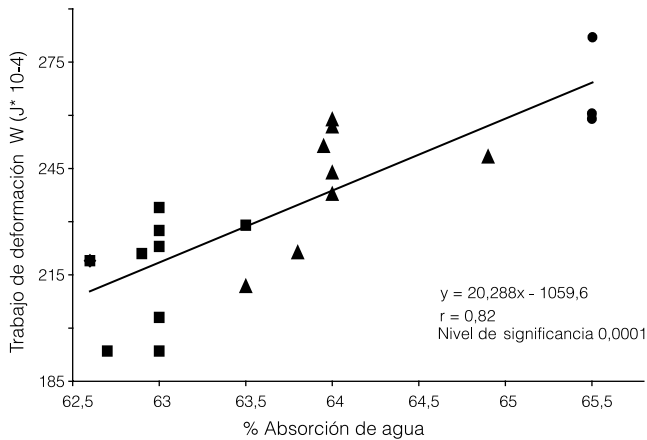


Figura 3. Correlación entre los parámetros del porcentaje de absorción de agua en el farinógrafo y el trabajo de deformación en el alveógrafo (W). ■: 6% de grasa, ▲: 3% de grasa, ●: 0% de grasa.

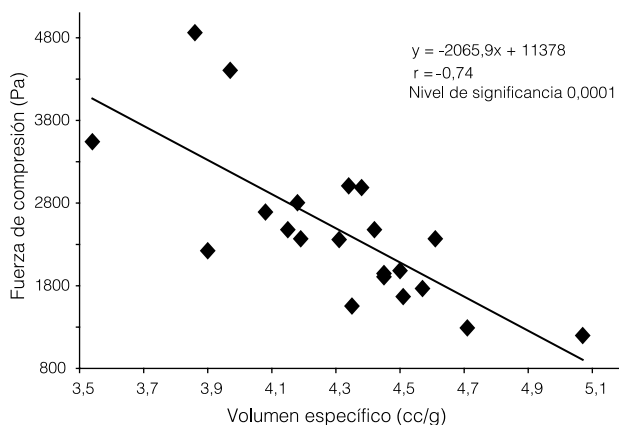


Figura 4. Relación entre el volumen específico del pan y la textura medida a las 2h.

sas que incluyeron grasa en su formulación. También, se observó que la adición de 3% de grasa alcanzó el mayor volumen. La adición de una mayor cantidad de grasa no se vio reflejada en un aumento significativo ($p < 0,05$) en el volumen del pan, e incluso hubo una leve disminución del volumen en el pan elaborado con 6% de grasa. La

grasa en panificación estabiliza la interfase como lo hace un surfactante; la deformación en la bicapa causa un adelgazamiento local y un agotamiento de la concentración de la grasa. Las moléculas naturalmente migran al área agotada reduciendo el gradiente de concentración y el flujo del surfactante (grasa) arrastra el fluido del interior de la bicapa a la región más delgada, restaurando su grosor original, mientras que cada uno de los mecanismos son efectivos por sí mismos en la estabilización de la espuma, debido a que las proteínas, las grasas y la interacción proteína/grasa compiten por la interfase (Salt *et al.*, 2006).

La interacción tipo grasa/concentración al 3%, no presentó un efecto significativo ($p < 0,05$) en la textura del pan fresco (2h) y a las 24h de almacenamiento

(Tabla IV). A esta concentración, la fuerza de compresión del pan fresco no presentó diferencias y mostró que la mezcla presentó un desempeño adecuado comparado con los otros dos tratamientos (estearina y manteca comercial). Una de las características principales que debe tener una grasa para panificación es su intervalo

TABLA IV
VOLUMEN ESPECÍFICO Y TEXTURA DEL PAN, SEGÚN EL CONTENIDO Y TIPO DE GRASA

Porcentaje y tipo de grasa	Volumen específico (cm ³ ·g ⁻¹)	Fuerza de compresión (Pa)	
		2h	24h
0 grasa	3,77 c	3543 c	4250 b
3 manteca	4,44 ab	2014 a	3361 a
3 mezcla	4,44 ab	2401 a	3303 a
3 estearina	4,41 ab	1971 a	3914 a
6 manteca	4,32 ab	2554 a	3230 a
6 mezcla	4,62 a	1555 a	3318 a
6 estearina	4,16 b	3260 b	4172 a

Columnas con diferente letra son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

de plasticidad (suficientemente "fluida" a temperatura ambiente) para proporcionar una buena lubricación entre los componentes de la masa, pero también debe ser lo suficientemente sólida como para impartir una firmeza al producto de tal manera que promueva una textura y apariencia adecuada (O'Brien, 2004). El tratamiento con la concentración de 6% de grasa mostró un efecto significativo en la textura del pan. La interacción grasa/concentración del tratamiento con 6% de estearina presentó una dureza significativamente mayor ($p < 0,05$) en la fuerza de compresión de pan, medido a las 2 y a las 24h. La adición de estearina a esta concentración presentó un efecto contrario en la textura del pan debido a su composición y firmeza.

Las características de la mezcla estearina:canola utilizada en este estudio correspondieron a propiedades físicas adecuadas para ser utilizada como grasa para panificación, con un punto de fusión alto y una composición de ácidos grasos que le confirieron plasticidad otorgándole a la masa mayor capacidad de retención de aire al mezclarse.

No existe una teoría que explique satisfactoriamente el mecanismo por el cual las grasas sólidas mejoran el volumen del pan cuando éste es horneado pero, en general, se acepta que las grasas ayudan a las celdas de gas a expandirse por más tiempo sin romperse (Brooker, 1993). En el caso de las grasas sólidas, éstas proveen una reserva de cristales que se derriten en la masa a medida que la temperatura aumenta, sellando las fugas en las celdas de la masa a medida que ésta se expande por medio de una película que mejora la retención del gas y la textura de la miga (Brooker, 1996).

A pesar de que la mezcla estearina:canola 50:50 fue más blanda que las otras dos grasas, esto no se vio

reflejado en la textura del pan, ya que la fuerza de compresión fue similar en los tres panes elaborados. Probablemente esto se deba a la tendencia de cristalización de la mezcla, la cual se transforma rápidamente a cristales β (Tabla II), debido a que este patrón de cristalización da una textura más granulosa y áspera al pan.

Conclusiones

La mezcla obtenida con estearina de palma y aceite de canola 50:50 presentó propiedades físicas que la hacen adecuada para su uso en algunos productos de panificación. La mezcla estearina-canola proporcionó propiedades reológicas a la masa similares a las de la masa elaborada con manteca comercial, confiriéndole una estabilidad adecuada al mezclado y una reducción a la fuerza de deformación. Por lo tanto, dicha mezcla representa una alternativa viable para la elaboración de productos de panificación. Además, la mezcla estearina de palma y aceite de canola exhibió una concentración de ácidos grasos esenciales, omega 6 y omega 3, mayor que la manteca comercial, confiriéndole a la mezcla estearina:canola 50:50 una mejor imagen nutricional que la manteca comercial.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Juan José Palafox Reyes, del Departamento de Geología, por los servicios prestados en la realización de este trabajo, a los Departamentos de Investigación y Posgrado en Alimentos y de Investigación Científica y Tecnológicas, todos de la Universidad de Sonora, México, y a Gustavo A. González Aguilar, del CIAD, por la revisión del manuscrito.

REFERENCIAS

AACC (2001) *Approved Methods of the AACC*. 10ª ed. Ame-

rican Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN, EEUU.

Agyare KK, Addo K, Xion YL, Akoh CC (2005) Effect of structured lipid on alveograph characteristics, baking and textural qualities of soft wheat flour. *J. Cereal Sci.* 42: 309-316.

AOCS (1998) *Official Methods and Recommended Practices*. 4ª ed. American Oil Chemists Society. Arlington, VA, EEUU.

Baltasavias A, Jurgens A, Van Vliet T (1999) Fracture properties of short-dough biscuits: Effect of composition. *J. Cereal Sci.* 29: 235-244.

Berger KC, Aini NI (2005) Formulation of zero-trans acid shortening and margarines and other foods fats with products of the oil palm. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 82: 775-782.

Blanshard JMV, Frazier PJ, Galliard T (1986) *Chemistry and Physics of Baking*. 1ª ed. The Royal Society of Chemistry. Sutton, RU. pp. 14-29 y 170-177.

Brooker BE (1993) The stabilization of air in cake batters - the role of fat. *Food Struct.* 12: 285-296.

Brooker BE (1996) The role of the stabilization of the gas cells in bread dough. *J. Cereal Sci.* 24: 187-198.

Chinachoti P, Vodovotz Y (2001) *Bread Staling*. Series in Contemporary Food Science. CRC. Boca Raton, FL, EEUU. pp. 75-92.

Dobraszczyk BJ, Morgenstern MP (2003) Review: Rheology and breadmaking process. *J. Cereal Sci.* 38: 223-245.

Gan Z, Ellis PR, Schofield JD (1995) Gas cell stabilization and gas retention in wheat bread. *J. Cereal Sci.* 3: 215-230.

Hamer RJ, Hosney RC (1998) *Interaction: The Key to Cereal Quality*. Cap. 6. AACC. St. Paul, MN, EEUU. pp. 132-133.

Haraszi R, Larroque OR, Butow BJ, Gale KR, Bekes F (2008) Differential mixing action effects on functional properties and polymeric protein size distribution of wheat dough. *J. Cereal Sci.* 47: 41-51.

Helmerich G, Koehler P (2005) Functional properties of individual classes of phospholipids in breadmaking. *J. Cereal Sci.* 42: 233-241.

Hosney RC (1994) *Principles of Cereal Science and Techno-*

logy. 2ª ed. AACC. St. Paul, MN, EEUU. pp. 213-228.

Junge RC, Hosney RC (1981) A mechanism by which shortening and certain surfactants improve loaf volume. *Cereal Chem.* 58: 408-412.

Junjen TRG, Brusckhe MV, Dekker JG (2003) Analysis of dough kneaders using numerical flow simulation. *Cereal Chem.* 76: 688-693.

Li D, Vu T (2004) Lipids in wheat flour and breadmaking. *Lipid Technol.* 16: 275-279.

List GR (2004) Processing and reformulation for nutritional labeling of trans fatty acids. *Lipid Technol.* 16: 173-177.

Mayamol PN, Samuel T, Balachandran C, Sundaresan A, Aramughan C (2004) Zero trans shortening using palm stearin and rice brand oil. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 81: 407-413.

O'Brien RD (2004) *Fats and Oils: Formulating and Processing for Application*. 2ª ed. CRC. Boca Raton, FL, EEUU. pp. 30-40 and 175-192.

Peighambardoust SH, van der Goot AJ, Van Vliet T, Hamer RJ, Boom RM (2005) Effect of the simple shear on the physical properties of glutenin macro polymer. *J. Cereal Sci.* 42: 59-68.

Pomeranz Y (1985) Wheat flour lipids. What you can do and cannot do in bread. *Cereal Food World* 30: 443-446

Pylar EJ (1988) *Baking Science and Technology*. 3ª ed. Sosland, Kansas City, MO, EEUU. pp. 83-127.

Salt LJ, Wild PJ, Georget D, Skeggs PK, Mill ENC (2006) Composition and surface properties of dough liquor. *J. Cereal Sci.* 43: 284-292.

Sroan BS, MacRitchie F (2009) Mechanism of gas cell stabilization in breadmaking II. The secondary liquid lamellae. *J. Cereal Sci.* 49: 41-46.

Stauffer CE (2005) Making the no-trans transition. *Baking & Snack. Bakers Production Manual*. Sosland, Kansas City, MO, pp. 15-24.

Tronsmo KM, Magnus EM, Baardseth P, Schofield JD, Aamodt A, Faergestad EM (2003) Comparison of small and large deformation rheological properties of wheat dough and gluten. *Cereal Chem.* 80: 587-595.

Zdzislaw E, Kolakowska A (2003) *Chemical and Functional Properties of Food Lipids*. 1ª ed. Chap. 17. CRC. Boca Raton, FL, EEUU. pp. 345-363.