

CAMBIOS EN LA REOLOGÍA DEL CHOCOLATE CON LECHE POR ADICIÓN DE AISLADO DE PROTEÍNA DE SOYA Y DIFERENTE TECNOLOGÍA DE ELABORACIÓN

*Elaine Benítez **, Roger de Hombre, Margarita Nuñez de Villavicencio y Juan González

Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. Carretera al Guatao km 3 ½, La Habana, Cuba.

E-mail: elaine@iiaa.edu.cu

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la sustitución parcial de la leche descremada en polvo por aislado de proteína de soya (APS) sobre las características reológicas analizadas en dos alternativas tecnológicas. Se empleó un diseño IV Optimal capaz de incorporar en una misma matriz el contenido de leche en polvo (4 a 19 %), contenido de APS (0 a 15 %) y las alternativas tecnológicas molino de bolas tipo WaFa y método tradicional de elaboración de chocolate. La incorporación de APS y el tipo de tecnología influyen en las características reológicas del chocolate. El esfuerzo de fluencia aumenta a medida que aumenta la incorporación de APS, pero el chocolate elaborado por la tecnología WaFa presenta mayor afectación. Las formulaciones elaboradas por la tecnología WaFa tienen valores de viscosidad entre 4,5 y 7,1 Pa·s, mientras que las elaboradas por la tecnología tradicional variaron entre 2,3 y 3,2 Pa·s. Las diferencias entre las formulaciones debidas a la tecnología empleada y al porcentaje de APS deben ser consideradas y evaluadas según el uso al cual se destina el chocolate.

Palabras clave: reología, chocolate, aislado de proteína de soya, viscosidad, esfuerzo de fluencia.

ABSTRACT

Changes in milk chocolate rheology by addition of isolated soy protein and different processing

The aim of this work was to study the effect of the partial substitution of skim milk powder for isolated soy protein (ISP) and two technological alternatives on the rheological characteristics. A IV-Optimal design able to incorporate in a single matrix milk powder content (4-19%), content of ISP (0-15%), ball mill technology (WaFa) and traditional processing method was used. The incorporation of ISP and type of technology influencing the rheological characteristics of chocolate. The yield stress increases with increasing the addition of ISP, but the chocolate produced by ball mill technology presents greater involvement. Formulations developed by ball mill technology have viscosity values between 4.5 and 7.1 Pa·s, while those produced by traditional technology showed values between 2.3 and 3.2 Pa·s. The differences between formulations due to the technology used and the percentage of ISP should be considered and evaluated according to the use of chocolate.

Keywords: rheology, chocolate, isolated soy protein, viscosity, yield stress.

INTRODUCCIÓN

Desde los años 90 las tendencias mundiales han mostrado un creciente interés de los consumidores hacia alimentos que además de tener valor nutritivo, aporten beneficios a la salud. Estos cambios en los patrones de alimentación promovieron el consumo de alimentos funcionales, que además del papel primario de nutrir y el secundario de satisfacer aspectos sensoriales o de preferencia, se les atribuye una tercera función: la modulación del sistema fisiológico del cuerpo humano (1).

***Elaine Benítez Correa:** Ingeniera Química (ISPJAE, 2010). Es máster en Ingeniería Alimentaria (ISPJAE, 2016). Se desempeña como investigador aspirante en la Planta Piloto de Cereales del Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia (IIIA). Sus principales líneas de trabajo son productos de confitería y chocolate convencionales, modificados en su composición y saludables.

Las investigaciones han demostrado que el consumo de proteína de soya (PS) tiene efectos beneficiosos para la salud humana (2). Los datos clínicos y epidemiológicos sugieren que para disminuir el riesgo a sufrir enfermedades crónicas tales como enfermedades cardiovasculares, ciertos tipos de cáncer, osteoporosis y síntomas post-menopáusicos, se requiere un consumo diario de 25 g aproximadamente (3). La PS ha sido ampliamente usada en productos lácteos, jugos de fruta, sustitutos cárnicos, cereales para desayunos, barras energéticas, pan y productos horneados (4), con el fin de mejorar sus propiedades nutricionales y funcionales (5). No se conocen antecedentes sobre su uso en chocolate.

El chocolate es un vehículo apropiado para la incorporación de ingredientes funcionales a la dieta debido a su gran aceptación por los consumidores. El chocolate con leche sin dudas es el más popular entre los tipos de chocolate (6). Diversos estudios se han desarrollado con el fin de conocer cómo se afecta la reología del chocolate y sus características sensoriales, cuando se incorporan ingredientes funcionales tales como inulina, povidex, galactooligosacáridos, hierro hemínico, leche de soya, probióticos, etc. (7-11).

El método tradicionalmente empleado para la elaboración de chocolate consiste en un sistema de mezclado, refinado y conchado. El tratamiento de conchado es valorado por los beneficios que aporta al sabor del chocolate y a sus propiedades reológicas. Existen tecnologías alternativas que prescinden de la etapa de conchado, sin embargo, han sido adoptadas por los pequeños y medianos productores que requieren plantas menos costosas y más compactas (6). El sistema WaFa, de la firma italiana Renato Mazzetti, responde a la categoría de tecnología alternativa y consiste en un mezclador y un molino de bolas para el refinado.

Un estudio comparativo entre la tecnología tradicional y la tecnología WaFa en chocolate amargo, con leche y blanco reportó diferencias en la textura, siendo la incidencia aún mayor cuando el chocolate contiene leche (12).

MATERIALES Y MÉTODOS

Las corridas experimentales se elaboraron utilizando APS con 90 % de pureza (Procesadora de ingredientes S.A de C.V, México), leche entera en polvo (LEP) y leche

descremada en polvo (LDP) (Quimer-Quim, México), manteca de cacao y licor de cacao (Baracoa, Cuba), azúcar refinada (Tecnoazúcar, Cuba), lecitina de soya (Química BDI, México), vainillina (Wanglong Tech, China).

El diseño de experimento desarrollado fue de tipo IV-Optimal con 16 corridas experimentales realizadas de manera aleatoria. La Tabla 1 muestra los factores de experimentación y los niveles seleccionados. Se mantuvieron constantes en cada una de las formulaciones el contenido de LEP, manteca de cacao, licor de cacao, azúcar refinada, lecitina de soya y vainillina. Para la construcción y análisis del diseño se empleó el programa Design Expert 8.0 (Stat-Ease, Minneapolis, EE.UU). Los resultados se analizaron mediante análisis de regresión múltiple y se determinó la calidad de ajuste de los modelos.

Tabla 1. Factores experimentales

Variable independiente	Nivel bajo (-1)	Nivel alto (1)
APS (% m/m)	0	15
LDP (% m/m)	4	19
Tipo de tecnología	WaFa	Tradicional

APS-aislado de proteína de soya, LDP-leche descremada en polvo.

La muestra fue preparada por dos métodos de elaboración: tecnología WaFa y tecnología tradicional. Para el refinado de la muestra elaborada por la tecnología WaFa se utilizó un molino de bolas (Mazzetti Renato, Italia, modelo WaFa-10). Se refinaron las materias primas durante 40 min, la lecitina y vainillina fueron añadidas 10 min antes de finalizar el proceso. Por el método tradicional se mezclaron durante 5 min los ingredientes sólidos, el licor de cacao y 40 % del total de manteca de cacao. La reducción del tamaño de partícula se logró en dos pases por un refinador de tres rodillos (Bühler, Alemania, modelo SDX-600). En una concha longitudinal escala de laboratorio se alimentó la mezcla refinada y el resto de la manteca de cacao. El tiempo de conchado fue de 24 h, temperatura 50 °C y velocidad de agitación de 20 min⁻¹. La lecitina de soya y la vainillina fueron añadidos una hora antes de finalizar esta etapa. Los chocolates obtenidos por ambos métodos fueron precristalizados a una temperatura de 29 a 30 °C y moldeados en tabletas de 10 y 120 g con enfriamiento posterior a 10 °C durante 10 min.

El producto final fue envasado en papel de aluminio y almacenado a 19 ± 1 °C y HR de 65 % hasta realizar los análisis.

Cada corrida experimental fue caracterizada reológicamente usando un viscosímetro rotacional de cilindro concéntrico Haake Rotovisco RV-20. La relación entre el radio del cilindro interior y el radio del cilindro exterior fue de 0,92. Las muestras se analizaron por duplicado a 40 °C a velocidades de deformación de 5 a 50 s⁻¹.

Los datos fueron graficados y ajustados a los modelos de Bingham, Herschel Bulkley y Casson con el programa del equipo. Se seleccionó el modelo que presentó mejor ajuste para la obtención de la viscosidad plástica (η_{pl}) y el esfuerzo de fluencia (σ_0).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los modelos reológicos analizados presentaron buena calidad de ajuste de los datos de σ vs. γ , según el análisis realizado. El modelo de Bingham fue seleccionado por presentar un R² mayor que 0,99, superior al obtenido para los modelos de Casson y Herschel Bulkley. Los valores de los parámetros σ_0 y η_{pl} fueron estimados a partir del modelo.

El análisis de varianza de la regresión para los datos de σ_0 y η_{pl} resultó significativo ($p < 0,001$). La prueba de falta de ajuste resultó no significativa ($p > 0,05$), el análisis de los residuos no mostró observaciones atípicas y los residuos estandarizados siguen la distribución normal. Los coeficientes resultaron significativos ($p < 0,025$). El estadígrafo R² indica que el modelo es capaz de explicar más del 90 % del error total.

Las pruebas de calidad de ajuste realizadas confirman la capacidad de los modelos que se muestran en las ecuaciones 1 y 2 para describir el comportamiento de las variables σ_0 y η_{pl} con respecto a los componentes de la mezcla LP (x_1) y APS (x_2) y el factor tecnología (x_3).

$$\sigma_0 = 7,24x_1 + 25,75x_2 + 6,28x_1x_2 - 8,35x_2x_3 - 11,13x_1x_2x_3 \text{ (ec. 1)}$$

$$\eta_{pl} = -4,27x_1x_2 - 2,48x_1x_3 - 2,07x_2x_3 + 3,97x_1x_2x_3 \text{ (ec. 2)}$$

En el análisis de la influencia de los coeficientes obtenidos para σ_0 , se observa que la incorporación de APS contribuye al aumento de dicho parámetro en mayor medida que la LDP. Este comportamiento puede asociarse con el volumen que ocupan las partículas de APS en la fase continua de manteca de cacao, debido a que su densidad es menor (0,4 g/cm³) en comparación con la densidad de la LDP (0,6 g/cm³). La incorporación de APS se realizó en relación masa/masa, sin embargo, una relación masa/volumen debe reflejar con mayor exactitud el efecto de la sustitución sobre las propiedades reológicas (13).

El término que representa la combinación entre los componentes de la mezcla presenta signo positivo, por tanto aumenta el σ_0 debido a que la estructura del chocolate es más compleja a medida que se incrementan las partículas dispersas en la fase continua (14).

La Tabla 2 muestra los coeficientes de los modelos y las variables codificadas después de sustituir el factor tecnología (x_3) por -1 para la tecnología WaFa y 1 para la tradicional.

Tabla 2. Variables codificadas y coeficientes de los modelos ajustados para los parámetros reológicos

Variable	Esfuerzo de fluencia (σ_0)		Viscosidad plástica (η_{pl})	
	WaFa	Tradicional	WaFa	Tradicional
-				
x ₁	7,24	7,24	2,48	-2,48
x ₂	34,1	17,40	2,07	-2,07
x ₁ x ₂	17,41	-4,85	-8,24	-0,30

x₁- LDP, x₂- APS

El valor del coeficiente del término x_2 indica que el σ_0 presenta menor afectación al incorporar APS cuando se emplea la tecnología tradicional. En este método de elaboración, la combinación de los componentes de la mezcla x_1x_2 disminuye el σ_0 , según el signo negativo del coeficiente. En la Fig. 1 se puede observar que el chocolate elaborado mediante la tecnología WaFa presenta valores de σ_0 desde 8,9 a 30,0 Pa, mientras que por la tecnología tradicional el intervalo es de 6,1 a 13,7 Pa. La diferencia entre las muestras con una misma composición y elaboradas por diferente tecnología es mayor a mayores niveles de sustitución de LDP por APS. Comparando entre formulaciones elaboradas por un mismo método, se observa que la tecnología WaFa es la que ofrece mayor intervalo de valores de σ_0 . Lo anterior confirma la capacidad de la tecnología tradicional para mejorar las propiedades de flujo según lo descrito por Beckett (6).

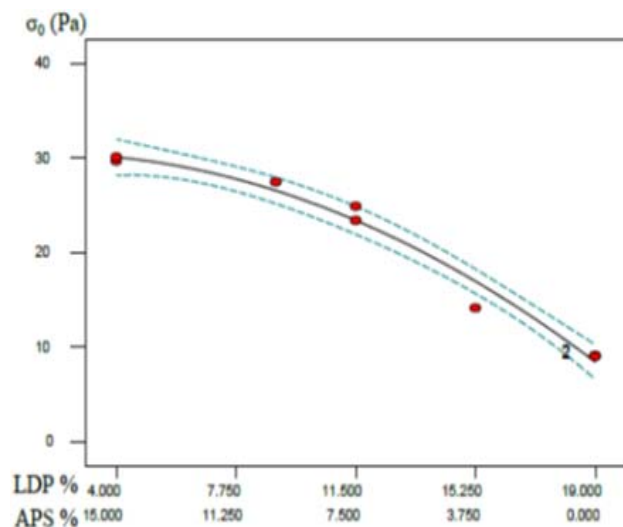


Fig. 1. Esfuerzo de fluencia de las formulaciones elaboradas por la tecnología WaFa.

En el modelo que se muestra en la ecuación 2 la interacción entre los componentes de la mezcla ejerce influencia negativa sobre la η_{pl} . Dicha influencia es mayor cuando se trata de la tecnología WaFa, según el valor que toma el coeficiente para este término (Tabla 2). Del comportamiento de la curva en la Fig. 2, se observa que la η_{pl} disminuye a medida que aumenta el porcentaje de APS hasta un valor mínimo, correspondiente a 7,5 %, donde comienza a aumentar. La disminución inicial puede atribuirse al poder emulsionante del APS que fue reportado en un estudio realizado por Chove (15).

Al aumentar el contenido de APS por encima de 7,5 % la η_{pl} aumenta, pues disminuye el contenido de grasa libre. Según Afoakwa (16), una disminución de la grasa libre aumenta la interacción entre las partículas y dificulta su movimiento, por tanto existe mayor resistencia al flujo.

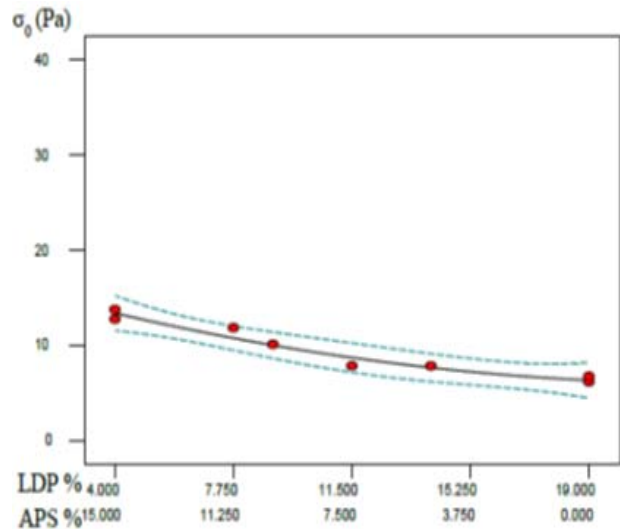


Fig. 2. Esfuerzo de fluencia de las formulaciones elaboradas por la tecnología tradicional.

Las formulaciones elaboradas por la tecnología WaFa tienen valores de η_{pl} entre 3,9 y 7,3 Pa·s, mientras que las elaboradas por la tecnología tradicional se encuentran en un intervalo de 2,1 a 3,0 Pa·s al sustituir hasta 15 % de LP por APS. El comportamiento observado en la Fig. 3 es consistente con lo reportado en la literatura. Se pone de manifiesto la ventaja de la tecnología tradicional para mejorar las propiedades de flujo, debido a que redondea y distribuye las partículas uniformemente en toda la masa, Fig. 4. El tamaño de partícula máximo promedio alcanzado por la tecnología WaFa y la tradicional fue de 15 y 22 μm , respectivamente. Se considera que esta diferencia puede influir sobre las propiedades de flujo (6).

De manera general, los valores de σ_0 y η_{pl} reportados en este estudio son similares a los encontrados para formulaciones de chocolate con leche (17).

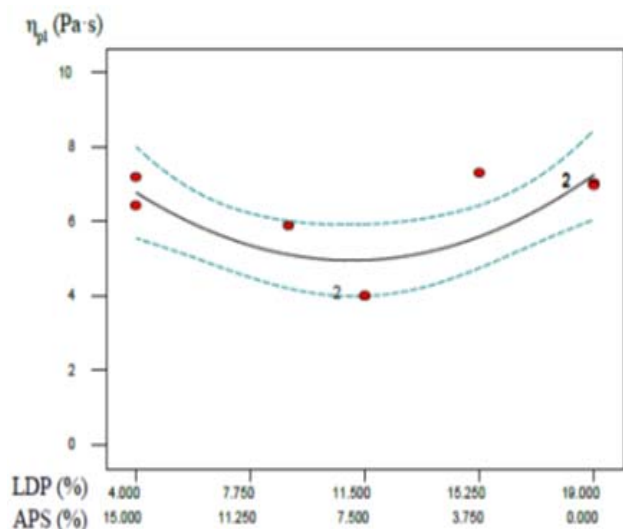


Fig. 3. Viscosidad plástica de las formulaciones elaboradas por la tecnología WaFa.

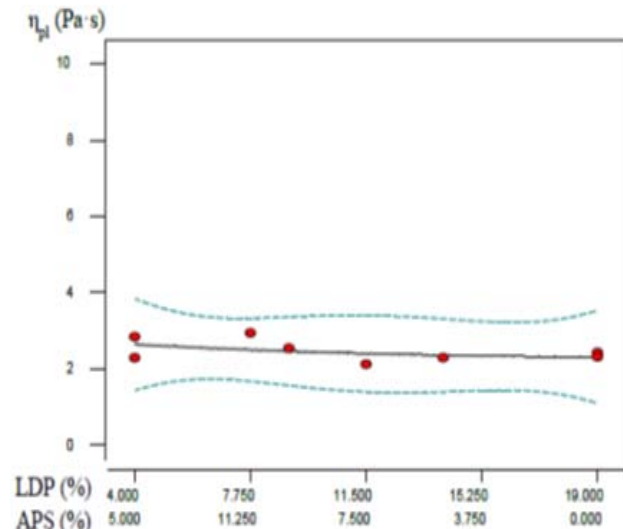


Fig. 4. Viscosidad plástica de las formulaciones elaboradas por la tecnología tradicional.

CONCLUSIONES

El tipo de tecnología empleada y la incorporación de aislado de proteína de soya en sustitución de la leche descremada en polvo, influye sobre el esfuerzo de fluencia y la viscosidad plástica del chocolate con leche. Las diferencias deben ser consideradas y evaluadas según el uso al cual se destina el chocolate.

REFERENCIAS

1. Kojima, K. *The Easter Consumer Viewpoint* 54(11):186-188, 1996.
2. Torres, N. y Tovar, A. *Salud Pública de México* 51(3):246-254, 2009.
3. Ridner, E. *Soja, propiedades nutricionales y su impacto en la salud*. Buenos Aires, Grupo GSA, Sociedad Argentina de Nutrición, 2006, pp. 22-23.
4. Hoffman, J. y Falvo, M. *Journal of Sports Science and Medicine* 3:118-130, 2004.
5. Aijie, L. S. y Li, L. *Food Science and Technology*. 49:911-919, 2014.
6. Beckett, S. *Industrial chocolate manufacture and use* (4ta ed.). Oxford, John Wiley and Sons, 2009, 669 p.
7. Farzanmehr, H. y Abbasi, S. J. *Textures Studies* 40:536-553, 2009.
8. Winardi M. *Rheology of Prebiotic Chocolate* [en línea]. Consultado 20 septiembre 2015 en <http://kb.osu.edu/dspace/handle/1811/48889>, 2011.
9. Soto A. y Caballero L. *Bistua: Rev. Fac. Ciencias Básicas* 9(1):21-31, 2011.
10. Shourideh, M.; Taslimi, A.; Azizi, M. y Mohammadifar, M. *Int. J. Biosci., Biochem. and Bioinform.* 2(5):314-319, 2012.
11. Pajin, B. L.; Dokic', L.; Zanic', D.; Sorinja-Simovic, D.; Loncarevic, I. y Nikolic', I. *J. Food Eng.* 114:70-74, 2013.
12. Jorge, M. C.; Rodríguez, I.; García, Y.; Beltrán, C. y Brito Y. *Cienc. Tecnol. Alim.* 21(1):45-49, 2011.
13. Sokmen, E. y Gunnes, G. *LWT*. 39:1053-1059, 2006.
14. Rector, D. *The Manufacturing Confectionery* 80(5):63-70, 2000.
15. Chove, B. G. y Lewis, M. J. *Sci. Food Agric.* 81:759-763, 2001.
16. Afoakwa, E. P., Fowler, M. y Vieira, J. *Food Res. Intern.* 41:751-757, 2008.
17. Karnjanolarn, R. y Mccarthy, K. *J. Text. Stud.* 37:668-680, 2006.