

INFLUENCIA DE MEZCLAS DE HIDROCOLOIDES EN LA REOLOGÍA DE LA MASA DEL PAN LIBRE DE GLUTEN

*Jehannara Calle-Domínguez*¹, Margarita Núñez de Villavicencio¹, Cristina Molina-Rosell² y Carlos J. Bernabé-Marques³*

*¹Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria, Carretera al Guatao km 3½,
La Habana, C.P. 19200, Cuba. E-mail: yannara@iiaa.edu.cu*

²Instituto de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos, Valencia, C.P. 46100, España

³Investigación y Desarrollo Panadero, S.L. Valencia, C.P. 46115, España

RESUMEN

Se evaluó el efecto de diferentes mezclas de hidrocoloides (HC): goma xantana (A), goma guar (B) e hidroxipropilmetilcelulosa (C) y las concentraciones en el comportamiento reológico de la masa del pan sin gluten con el uso del Mixolab como instrumento. Se llevaron a cabo 28 ensayos de acuerdo al diseño de experimento combinado, en el que se variaron las concentraciones entre el 1; 1,5 y 2 % en base harina y las proporciones de los HC en la mezcla entre 15 y 50 %. En el Mixolab se colocaron 41,7 g de la premezcla sin gluten; 29,2 g de agua y 4,2 g de aceite, mezclada con las combinaciones de HC según el diseño. Las mezclas de HC y los porcentajes de adición influyeron de manera significativa ($R^2=0,962$) en el tiempo al cual se alcanzó la máxima consistencia durante el desarrollo de la masa. Las mezclas AB y BC provocaron efecto antagónico para 1 y 1,5 % de adición, respectivamente y un efecto sinérgico el componente C para 2 %. El tiempo al cual se alcanzó la mínima consistencia de la masa, se afectó significativamente ($R^2=0,932$) y provocó un efecto antagónico la mezcla BC para 1 % y un efecto sinérgico para 1,5 %.

Palabras clave: hidrocoloides, masa de pan sin gluten, Mixolab.

ABSTRACT

Influence of hydrocolloids mixtures on rheology of the gluten free bread dough

The aim of this work was to evaluate different blend of hydrocolloid (HC): xanthan gum (A), guar gum (B) and hydroxypropylmethylcellulose (C) and the concentration on rheological behavior of the gluten free bread dough with the use of Mixolab. The model resulted in 28 different combinations following experiment design at different percentage of addition: 1; 1.5 y 2 % and different level of HC on the blend. In the Mixolab bowl were put 41.7 g of mix free gluten, 29.2 g of water and 4.2 g of oil. The different blend and percentage of addition, affected significantly ($R^2=0.962$) the time where the consistence is highest during the dough development. The blends AB and BC induced antagonistic effect for 1 and 1.5 % of addition, respectively, and synergic effect the component C at 2 %. The time where the dough consistence is minimal was affected significantly ($R^2=0.932$) and the blend BC induced antagonistic effect at 1 % and synergic effect at 1.5 %.

Keywords: hydrocolloids, free gluten bread dough, Mixolab.

INTRODUCCIÓN

La celiaquía, conocida también como intolerancia al gluten, es una enfermedad caracterizada por el desorden crónico en el intestino delgado causada por la exposición al gluten de individuos genéticamente predispuestos (1, 2). Se estima que una de cada 300 personas a escala mundial padece esta enfermedad, aunque estudios realizados en el 2008 sugieren que uno de cada 100 personas se ven afectadas pero no han sido diag-

**Jehannara Calle Domínguez: es Ingeniero Químico (ISPJAE, 2009). Especialista en procesos tecnológicos para la Industria Alimentaria (IIIA, 2010). Investigador Aspirante del Instituto para la Industria Alimentaria (desde, 2013). Desarrolla investigaciones sobre productos horneados para regímenes especiales.*

nosticadas (3). En los últimos años ha habido un incremento en el desarrollo de productos libres de gluten y las investigaciones que se han llevado a cabo buscan alternativas de cereales e ingredientes como el almidón de maíz, arroz, papa y yuca, gomas (4), hidrocoloides (HC) (5), emulsificantes y otras fuentes proteicas o combinaciones de estas, como sucedáneos del gluten que mejoran la estructura, la sensación en boca, la durabilidad y aceptabilidad de este tipo de productos horneados (6).

El desarrollo de estos productos es muy engorroso si se tiene en cuenta que el gluten es la estructura principal formada por las proteínas de la harina de trigo, responsable de las propiedades de elasticidad y extensibilidad de las masas panaderas. La ausencia de esta red proteica provoca que las masas tengan que ser manipuladas como las masas batidas y no soporten la producción de gas, por lo que los productos obtenidos son pobres en textura y volumen (7).

El uso de HC en las formulaciones del pan libre de gluten ha sido ampliamente estudiado y se ha demostrado que mejora el volumen, calidad sensorial, reducen la deshidratación y extienden la vida útil del producto, además que se ha potencializado su uso como mejorante de la calidad tecnológica y da como resultado masas capaces de retener el gas que se produce durante el proceso de fermentación (8).

Durante el proceso de horneado los ingredientes están sujetos a trabajo mecánico y a las altas temperaturas, los cuales promueven cambios en sus propiedades fisicoquímicas. Existen varios equipos que se usan como predictores reológico de las masas, entre los cuales se destaca el Mixolab (9).

El Mixolab ofrece información sobre las propiedades físicas de las masas como son la estabilidad y la fuerza y es usado para evaluar el efecto de los HC, enzimas, sal y otros ingredientes (6, 9).

La Figura 1 muestra una curva típica del Mixolab la cual es separada en cinco etapas diferentes. En la primera fase, pueden ser evaluadas características tales como estabilidad, elasticidad y absorción de agua. Durante este estado se observa un incremento de la consistencia hasta un punto máximo al cual la masa puede resistir la deformación por algún periodo de tiempo. La

consistencia de la masa decrece cuando el mezclado es excesivo, lo cual es un indicador del debilitamiento de las proteínas (etapa 2). A mayor decrecimiento menor es la calidad de las proteínas. La etapa 3 se caracteriza por un aumento en la consistencia de la masa debido a la gelatinización de los almidones provocado por el aumento de la temperatura. Durante este estado los gránulos de almidón se hinchan y comienzan a absorber agua del medio, la molécula de amilosa lixiviana y provoca un aumento de la viscosidad. En la cuarta etapa decrece la consistencia como consecuencia de la ruptura de los almidones y en la fase de enfriamiento que se corresponde con la quinta etapa, la disminución de la temperatura provoca un incremento en la consistencia y da como resultado la formación de un gel. Este incremento es referido como *setback* y corresponde al proceso de gelificación, estado que se relaciona con la retrogradación del almidón. Bajos valores de *setback* indican bajos niveles de retrogradación (10, 11).

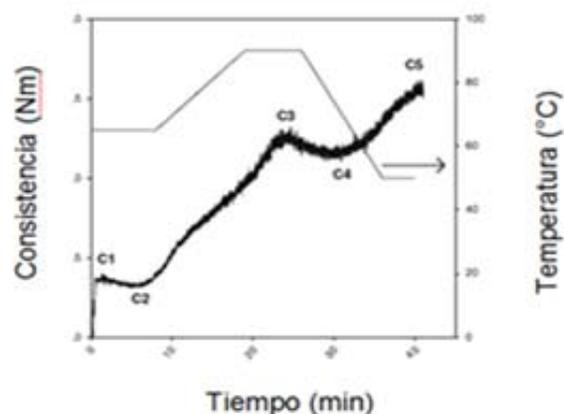


Fig. 1. Curva tipo obtenida en el Mixolab

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes mezclas de hidrocoloides con goma xantana, goma guar e hidroxipropilmetilcelulosa y las concentraciones en el comportamiento reológico de la masa del pan sin gluten con el uso del Mixolab como instrumento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se empleó como base la premezcla "Mix Panadería sin gluten- HSM" (Indespan, Valencia, España), la cual contiene almidón de maíz, huevo, dextrosa, sacarosa y sal con 11,5 % de humedad; 2,65 % de proteínas; 77,51 % de hidratos de carbono; 2,18 % de grasa; 2,01 % de fibra y 4,15 % de cenizas.

Tabla 1. Cantidades de hidrocoloides según diseño de experimento

Goma xantana (%)	Goma guar (%)	Hidroxipropilmetilcelulosa (%)	Adición (%)
34,45	31,28	34,27	2,0
33,67	34,42	31,92	1,0
21,96	28,04	50,00	1,0
33,81	34,28	31,91	1,5
34,45	31,28	34,27	2,0
35,00	50,00	15,00	1,0
25,00	50,00	25,00	2,0
25,00	50,00	25,00	2,0
46,33	26,97	26,70	1,0
50,00	35,00	15,00	1,0
50,00	35,00	15,00	2,0
35,00	15,00	50,00	2,0
34,45	31,28	34,27	2,0
33,67	34,42	31,92	1,0
36,25	15,00	48,75	1,0
26,81	46,54	26,65	1,5
50,00	35,00	15,00	1,5
15,00	35,00	50,00	2,0
15,00	36,25	48,75	1,5
35,00	50,00	15,00	1,5
33,81	34,28	31,91	1,5
50,00	15,00	35,00	1,5
15,00	50,00	35,00	1,5
38,22	46,78	15,00	2,0
50,00	15,00	35,00	1,0
15,00	50,00	35,00	1,0
50,00	15,00	35,00	2,0
27,69	22,31	50,00	1,5

Los HC empleados fueron goma xantana al 1 % en solución de KCl con viscosidad de 1200 a 1600 mPas y pH entre 6 y 8 (Comercial Química Massó, Valencia, España), goma guar al 1 % en solución de agua con 5000 mPas y pH entre 5,5 y 6,5 (Comercial Química Massó, Valencia, España), hidroxipropilmetilcelulosa al 2 % en solución de agua con viscosidad de 3000 a 5600 mPas y pH de 6,5 (VIVAPOUR, Valencia) (Tabla 1).

El comportamiento durante la etapa de mezclado y la fase de calentamiento fue estudiado con el Mixolab (Chopin, Tripette y Renaud; Paris), el cual permitió mezclar la masa a temperatura controlada (30 °C),

evaluar la consistencia de la masa hasta que la misma alcanzara 90 °C, seguido por la fase de enfriamiento. Se llevaron a cabo 28 ensayos de acuerdo al diseño de experimento combinado, en el que se variaron los porcentajes de adición de las mezclas entre 1; 1,5 y 2 % en base harina y las proporciones de los tres HD en la mezcla entre el 15 y 50 %. Para ello se colocaron 41,7 g de la premezcla; 29,2 g de agua y 4,2 g de aceite en el Mixolab, mezclado con las combinaciones de HC según el diseño y siguiendo el protocolo estándar de trabajo "Chopin +" (12). La Tabla 2 reporta los parámetros fijados en el equipo.

Tabla 2. Parámetros instrumentales establecidos según el Mixolab, protocolo "Chopin +"

Parámetro	Valor
Velocidad de mezclado (min ⁻¹)	80
Temperatura del recipiente (°C)	30
Temperatura de la primera meseta (°C)	30
Duración de la primera meseta (min)	8
Tiempo del 1 ^{er} gradiente de temperatura* (min)	15
Temperatura de la segunda meseta (°C)	90
Duración de la segunda meseta (min)	7
Tiempo del 2 ^{do} gradiente de temperatura* (min)	10
Temperatura de la tercera meseta (°C)	50
Duración de la tercera meseta (min)	5
Tiempo total de análisis (min)	45

*4 °C/min.

Los resultados se analizaron con el programa *Design Expert Vers. 8,07* (Stat-Ease Inc., 2009)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto de las mezclas de HC y las diferentes concentraciones añadidas sobre la premezcla empleada se presenta en la Figura 2. Las curvas obtenidas durante el proceso de mezclado, sobremezclado, gelatinización y gelificación de los almidones varían con la composición, como era de esperar considerando la compleja mezcla de los ingredientes. La presencia de las diferentes proteínas y almidones modifican las interacciones proteína-proteína y también los procesos de gelatinización y gelificación (6, 9). En la fase inicial de mezclado se observó que estas masas libres de gluten

con las mezclas de HC presentaron muy baja consistencia (C1<1,0 Nm). En esta primera etapa fueron registrados dos picos de consistencias, lo que puede estar dado a que los HC se hidratan a diferentes tiempos en dependencia de su naturaleza.

El tiempo al cual se alcanza la máxima consistencia durante la fase de mezclado (t1) resultó significativamente diferente para las mezclas y los porcentajes de adición (R²=0,962). La Tabla 3 muestra los coeficientes obtenidos según el análisis de los resultados para la variable respuesta t1. Cuando se adiciona el 1 % de la mezcla de HC, el componente A provoca un efecto sinérgico en y es el más influyente al evaluarse por separado cada HC, mientras que la mezcla AB decrete t1. Para el 1,5 % de adición, el componen-

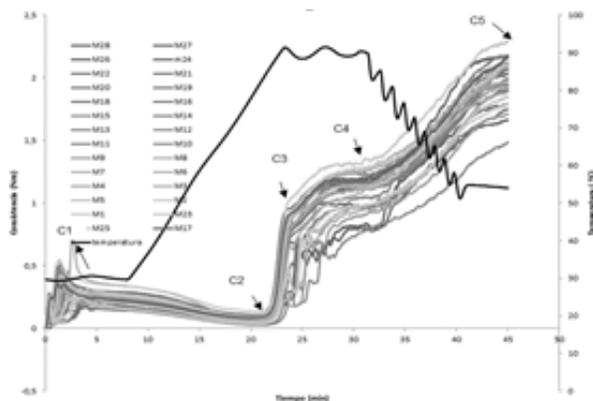


Fig. 2. Curvas obtenidas en el Mixolab con las diferentes formulaciones según el diseño de experimento.

Tabla 3. Coeficientes estadísticos para la variable t1: tiempo al cual se alcanza la máxima consistencia durante la fase de mezclado

Componente	1,0 %	1,5 %	2,0 %
A	11,300	3,990	2,080
B	5,540	8,300	0,830
C	3,910	5,440	3,310
AB	-24,720	-9,760	0,430
AC	-15,890	0,480	-2,920
BC	-8,690	-24,400	-2,970

A: goma xantana; B:goma guar;
C: hidroxipropilmetilcelulosa

Tabla 4. Coeficientes estadísticos para la variable t2: tiempo al cual se alcanza la mínima consistencia del sistema

Componente	1,0 %	1,5 %	2,0 %
A	19,170	21,060	20,160
B	22,400	19,590	20,170
C	21,590	21,590	21,590
AB	4,580	4,580	4,580
AC	2,540	2,540	2,540
BC	-3,190	3,330	-0,140

A:goma xantana; B:goma guar;
C: hidroxipropilmetilcelulosa

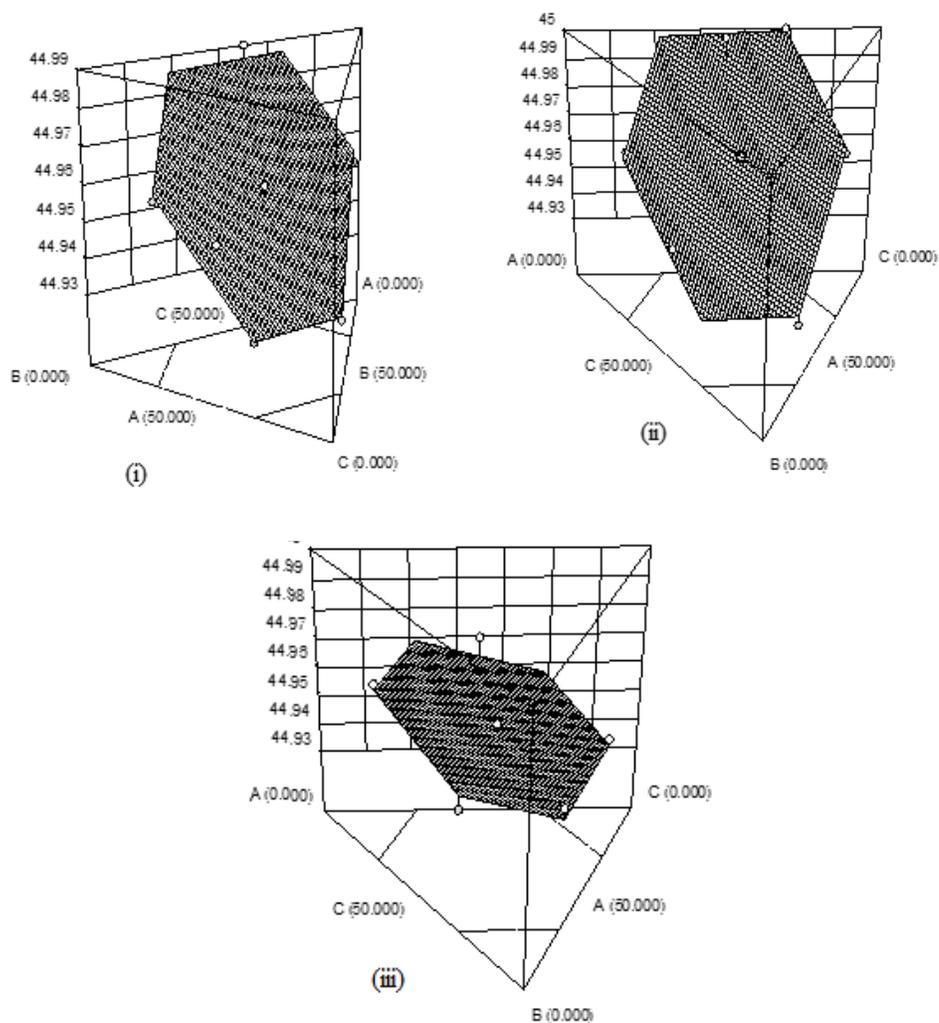


Fig. 3. Gráficos de superficie de respuesta del efecto de los componentes A: goma xantana, B: goma guar y C: hidroxipropilmetilcelulosa y los porcentajes de adición (i): 1,0; (ii): 1,5 y (iii): 2,0 sobre el tiempo al cual se alcanza la máxima consistencia del sistema (t5).

te B domina en la mezcla provocando un efecto sinérgico, mientras que la combinación de los componentes B y C provocan un efecto antagónico en la variable de respuesta. En el caso del 2 % de adición, el componente C aumenta t_1 , mientras que la mezcla de AC y BC disminuyen la variable respuesta a igual magnitud. En dependencia de la naturaleza del HC, se requiere menor o mayor período de tiempo para absorber el agua presente en el sistema y por consiguiente la consistencia de la masa se ve afectada por la presencia de uno u otro.

El efecto del trabajo mecánico y la influencia de la variación de temperatura de 30 a 60 (°C) provocan el debilitamiento de las proteínas presentes y por consiguiente disminuye la consistencia de la masa (C2), lo que puede estar relacionado con las desestabilización y el despliegue de las proteínas en el sistema, además estos cambios en las proteínas pueden estar enmascarados por las propiedades fisicoquímicas de los almidones (13).

El tiempo al cual se alcanza la mínima consistencia del sistema (t_2), resultó significativo cuando se analizaron los efectos de los porcentajes de adición sobre la masa (Tabla 4). Los tres componentes por separados influyen de igual forma, así como las combinaciones de AB y BC que no interactúan con el porcentaje de adición. Los componentes de la mezcla tienen efecto cuando están combinados unos con otros, en este caso solo la mezcla BC afecta la variable en estudio provocando

un efecto antagónico sobre la variable para el 1 % de adición y sinérgico para el 1,5 %. El modelo explica el 93,18 % del comportamiento de la variable de respuesta.

Los componentes A, B y C y los porcentajes de adición afectan de manera significativa ($R^2=0,955$) el tiempo al cual se alcanza la máxima consistencia en la masa (t_5). Los valores de los coeficientes que se obtuvieron no resultaron muy diferentes uno de otros, pero teniendo en cuenta que en la práctica cuando se trabaja con hidrocoloides, una mínima variación en su contenido puede afectar la matriz en cuestión, se decide no despreciar este significado (Figura 2).

CONCLUSIONES

Las diferentes mezclas y los porcentajes de adición influyeron de manera significativa ($R^2=0,962$) en el comportamiento reológico de las masas. Las mezclas de goma xantana y goma guar para 1 % de adición y goma guar e hidroxipropilmetilcelulosa para 1,5 % provocaron un efecto antagónico en el tiempo al cual se alcanza la máxima consistencia durante el desarrollo de la masa. El hidroxipropilmetilcelulosa al 2 % de adición provocó un efecto sinérgico. El tiempo al cual se alcanzó la mínima consistencia de la masa debido al debilitamiento de las proteínas, se vio afectado significativamente ($R^2=0,931$), la mezcla de goma guar e hidroxipropilmetilcelulosa al 1 %, provocó un efecto antagónico y sinérgico al 1,5 %.

REFERENCIAS

1. Murray, J.A. *Am. J. Clin. Nutr.* 69: 354-365, 1999.
2. Hamer R.J. *Biotechnol. Adv.* 23: 401-408, 2005.
3. Catassi, C. y Fasano, A. Gluten-free cereal products and beverages. En: *Celiac disease*, Arendt E.A. y Dal Bello F. (Eds.), Elsevier, Amsterdam. 2008, pp. 1-27.
4. Lopez, A.C.B.; Pereira, A.J.G. y Junqueira, R.G. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 47: 63-70, 2004.
5. Lazaridou, A.; Duta, D.; Papageorgiou, M.; Belc, N. y Biliaderis, C.G. *Food Eng.* 79: 1033-1047, 2007.
6. Marco, C. y Rosell, C.M. *Food Eng.* 88: 94-103, 2008.
7. Khatkar, B.S.; Bell, A.E. y Schofield, J. D. *Cereal Sci.* 22: 29-44, 1995.
8. Marconi, E. y Careca, M. *Cereal Foods World* 46: 522-530, 2001.
9. Rosell, M.C.; Collar, C. y Haros, M. *Food Hydrocolloids* 21: 452-462, 2007.
10. Kevser, K.; Ozge S.; Serpil O.; Hamit K.; Gulum S. y Arnaud D. *Eur. Food. Res. Technol.* 227: 565-570, 2007.
11. Rojas, J. A.; Rosell, C. M. y Benedito, C. *Food Hydrocolloids* 13: 27-33, 1999.
12. ICC STANDARD No. 173. *Biotechnol. Adv.* 23: 401-408, 2006.
13. Li, M. y Lee, T. C. *Food and Agric.* 30: 914-920, 1998.