

## Análisis reológico de masas panarias elaboradas con almidón resistente

Arp C. G.<sup>1</sup>, Correa M. J.<sup>1</sup>, Ferrero C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA), Facultad de Ciencias Exactas, UNLP-CONICET-CIC, 47 y 116 s/n, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Dirección de e-mail: [arp\\_gabriel@hotmail.com](mailto:arp_gabriel@hotmail.com)

### RESUMEN

Los almidones resistentes son utilizados como ingredientes funcionales para incrementar el aporte dietario de fibra en alimentos, siendo mayormente incorporados en productos panificados y horneados. Sin embargo, la incorporación de nuevos ingredientes a las formulaciones puede afectar la calidad del producto final. Este trabajo buscó evaluar el efecto de diferentes contenidos de almidón resistente tipo II (Hi-Maize®) (HM) en la reología de masas destinadas a la producción de un sustituto saludable del pan blanco. Se idearon 4 premezclas con distintos niveles de reemplazo de harina de trigo (HT) por HM: 0, 10, 20 y 30% (control, HM10, HM20 y HM30, respectivamente), conteniendo todas 2% de NaCl base HT o mezcla HT-HM. Sobre las premezclas se realizaron ensayos farinográficos y, sobre las masas, ensayos reológicos fundamentales, con reómetro oscilatorio de pequeña deformación, y empíricos, con texturómetro. Los resultados mostraron que la incorporación de concentraciones crecientes de HM produjo un aumento de la absorción de agua y una disminución de la estabilidad frente al amasado de las premezclas. En las masas, la utilización de HM incrementó los valores de los módulos elástico y viscoso, especialmente en muestras con mayor contenido, y produjo masas más duras, consistentes y adhesivas, y de menor cohesividad y resiliencia.

**Palabras clave:** Almidón resistente, masa panaria, reología, farinogramas, textura

### ABSTRACT

Resistant starches have been used as functional ingredients to enhance dietary fiber intake in foods, being mainly incorporated in breads and baked goods. However, incorporation of novel ingredients to bread formulations could affect the quality of final products. The aim of this work was to evaluate the effect of different amounts of resistant starch type II (Hi-Maize®) (HM) on rheology of doughs destined to production of a healthy substitute for white bread. For this, 4 premixes with different levels of substitution of wheat flour (HT) by HM were proposed: 0, 10, 20 and 30% (control, HM10, HM20 and HM30, respectively), all containing 2% NaCl HT basis (or HT-HM mix basis). The premixes were studied by farinographic assays and doughs were analyzed by fundamental rheology, using a small deformation oscillatory rheometer, and empirical rheology, with texturometer. Results showed that increasing concentrations of HM produced a rising on water absorption and a falling on stability during kneading of the premixes. In doughs, values of elastic and viscous moduli increased, especially for samples with higher concentration of HM. Besides, HM addition led to harder, more consistent and adhesive doughs, with lower cohesiveness and resilience.

**Keywords:** Resistant starch, bread dough, rheology, farinograms, texture

### INTRODUCCIÓN

Los panificados son productos que gozan de una muy buena aceptabilidad en Argentina y la región. De hecho, en los últimos años se ha observado un incremento en el consumo de panificados industrializados, principalmente debido a la gran variedad de productos. Se estima que en Argentina el consumo de pan industrial alcanza los 70 kg anuales per cápita, mientras que el pan artesanal alcanza los 4,6 kg/ año/ persona (Lezcano, 2011).

Por otro lado, es sabido que el consumo excesivo de hidratos de carbono simples, sumado a un estilo de vida sedentario, aumenta en el riesgo de desarrollar enfermedades crónicas no transmisibles tales como obesidad y diabetes mellitus tipo 2 (Larrañaga y col. 1997). Tras ser ingeridos, los hidratos de carbono, que pueden ser asimilados luego de la acción de las enzimas digestivas, generan un aumento brusco de la glucemia y, consecuentemente, de la hormona insulina (FAO/WHO 1998, Araya y Lutz 2003). Se ha comprobado que la repetición de este proceso a lo largo de la vida aumenta el riesgo de desarrollar cuadros de resistencia a la insulina y, por ende, diabetes tipo 2 (Augustin y col. 2002, Brand-Miller 2003). Asimismo, el elevado consumo de alimentos procesados ha traído consigo problemas relacionados al bajo consumo de fibra alimentaria. Esto es, problemas de motilidad intestinal, desequilibrio de la microbiota y elevados niveles de



colesterol, entre otros (Juárez y Mariné 2008). Este escenario conlleva una serie de preocupaciones ya que el pan es un alimento que, si bien es valorado como fuente de nutrientes accesible y ubicua, también contiene una elevada cantidad de carbohidratos en la forma de su componente mayoritario: el almidón.

Paralelamente, en los últimos años también se ha visto incrementada la tendencia a consumir alimentos funcionales, entendiéndolos como aquellos que además de proveer nutrientes básicos de la alimentación sana, promueven diferentes beneficios para la salud y/ o reducen el riesgo de padecer enfermedades crónicas en los individuos sanos que los consumen como parte de su dieta cotidiana (Juárez Iglesias y Perote Alejandro, 2010). Dentro de la categoría de ingredientes funcionales se destaca el almidón resistente, un tipo de fibra prebiótica que se define como la suma del almidón y productos de degradación del mismo que resisten la digestión en el intestino delgado de individuos sanos (Asp, 1992).

Teniendo en cuenta los riesgos asociados al consumo excesivo de hidratos de carbono y la extensión del consumo de pan en nuestro país, es necesario idear una estrategia que permita pensar a los panificados como potenciales alimentos funcionales. En este sentido, el empleo de almidón resistente puede conferir funcionalidad al pan tradicional si se reemplaza parcialmente a la harina de trigo por éste. Esta estrategia permitiría obtener panificados de bajo índice tanto calórico como glucémico que podrían ser utilizados en regímenes especiales. Adicionalmente, el empleo de almidón resistente tendría ventajas sobre el uso de fibras convencionales (como salvado de trigo) que dan como resultado productos de menor aceptabilidad y diferentes al pan blanco (pan negro). El almidón resistente es un ingrediente que, dado su color blanco, pequeño tamaño de partícula y sabor neutro, permitiría obtener un sustituto saludable del pan blanco que goce de una aceptabilidad similar, aprovechando también sus probadas propiedades prebióticas (McClearly y Brown 2004).

El objetivo del presente trabajo fue realizar una evaluación del comportamiento reológico de premezclas formuladas con harina de trigo y almidón resistente tipo II destinadas a la elaboración de panificados saludables.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales

Para todos los ensayos se empleó harina de trigo 000 comercial (Molino Campodónico S.A., Argentina) (HT) y almidón resistente tipo II Hi-Maize® (Ingredion Ltd., EEUU) (HM). Las premezclas fueron formuladas utilizando un esquema de reemplazo de HT por HM en porcentajes del 0, 10, 20 y 30% en base HT (Control, HM10, HM20 y HM30, respectivamente), conteniendo todas un 2% de NaCl (Celusal, Argentina) en base HT o mezcla HT-HM, según corresponda.

### Métodos

#### Ensayos farinográficos

Para determinar la absorción farinográfica de agua (A), así como la calidad panadera de la HT y las premezclas, se empleó un farinógrafo de Brabender de 300 g de capacidad (Duisburg, Alemania). Los ensayos se realizaron de acuerdo al método AACC 54-21.01 (2000). El parámetro A fue obtenido de pre-ensayos en los cuales se buscó la cantidad de agua necesaria para alcanzar una consistencia de 500 UB para cada muestra. Los parámetros extraídos de los farinogramas fueron el tiempo de desarrollo (B), estabilidad y ablandamiento. Todos los ensayos fueron realizados por duplicado.

#### Preparación de las masas

Los parámetros farinográficos absorción de agua y tiempo de desarrollo fueron empleados para la elaboración de las masas. El parámetro A se utilizó como la cantidad óptima de agua para el amasado mientras que el parámetro B se utilizó como tiempo de amasado. Para la elaboración, los ingredientes secos se mezclaron durante 1 min en amasadora planetaria (Kenwood, Italia), y posteriormente se adicionó agua destilada a 4°C, la cual fue agregada lentamente durante el primer minuto de amasado. El agua se agregó fría con la finalidad de asegurar que las masas no superarían los 30°C durante el amasado, ya que, durante el mismo, la masa va elevando progresivamente su temperatura debido a la fricción entre las paletas de la amasadora y el bollo de masa. Las masas así obtenidas se cubrieron con papel film y se dejaron reposar 10 min antes de realizar los ensayos reológicos.

#### Reología oscilatoria de pequeña deformación

Se prepararon discos de masa de 30 mm de diámetro y 2 mm de espesor, los cuales fueron evaluados en un reómetro Haake RS 600 (ThermoScience, Alemania) equipado con un sistema de platos paralelos aserrados con una separación de 1,5 mm. La muestra fue colocada en el equipo dejando un período de 15 min de reposo en la posición de medida para permitir la relajación y termostatación de la masa. Los bordes de la



muestra fueron cubiertos con vaselina líquida para evitar variaciones por deshidratación de la masa durante la medida. Todos los ensayos fueron realizados a 25°C. Para la determinación del rango de viscoelasticidad lineal (RVL) se realizó un barrido de esfuerzos a una frecuencia constante de 1 Hz. Para la obtención de los espectros mecánicos se realizaron barridos de frecuencia con un esfuerzo constante de 5 Pa (valor dentro del RVL determinado previamente). Las variables evaluadas fueron el módulo elástico ( $G'$ ), el módulo viscoso ( $G''$ ) y la tangente del ángulo de desfase ( $\tan \delta$ ). Los espectros mecánicos fueron realizados sobre dos masas preparadas en forma independiente y con cada una de ellas se realizaron 3 determinaciones.

#### Análisis del perfil de textura

Discos de masa de 3 mm de diámetro y 10 mm de espesor fueron evaluados en texturómetro TA.XT2i TextureAnalyzer (Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido) utilizando una sonda de 75 mm de espesor. Los discos se comprimieron en dos ciclos hasta un 40% de su altura original. Los parámetros extraídos de los perfiles de textura fueron dureza, consistencia, cohesividad, adhesividad, elasticidad, resiliencia y gomosidad. Cada formulación se preparó por duplicado y sobre cada una de ellas se evaluaron 16 discos.

#### Análisis estadístico

Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor con test de homogeneidad de varianzas de Levene y test de Fisher LSD para la comparación de medias entre muestras ( $\alpha = 0,05$ ). Además, se realizó un análisis de correlación de Pearson entre los resultados de los diferentes ensayos. Para realizar el análisis se utilizó el software OriginPro 8 SR0 v8.0724 (Northampton, EEUU).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Absorción de agua y parámetros farinográficos

Los ensayos farinográficos permitieron obtener el valor de absorción de agua tanto para la HT como para las diferentes premezclas. Como se puede ver en la **Tabla 1**, el valor de absorción correspondiente a la harina sola (HT) se reduce cuando se adiciona sal (premezcla Control). Sin embargo, a medida que se incorporan concentraciones crecientes de HM, las premezclas requieren mayor cantidad de agua para alcanzar la misma consistencia, como fue reportado por Fu et al. (2008). Este efecto podría encontrarse relacionado con una mayor capacidad de absorción de agua del HM respecto al almidón presente en la harina de trigo y también a que varían en las premezclas las cantidades relativas de las diferentes fracciones almidonosas así como también la proporción de almidón dañado (Nindjin et al. 2011, Ma et al. 2016), el grado de cristalinidad (Démé et al. 2015) y la granulometría (Muñoz et al. 2015).

Los valores de tiempo de desarrollo disminuyeron para los niveles altos de reemplazo de HT por HM, lo cual se atribuiría a una menor cantidad total de proteína capaz de formar la red. Con respecto a la estabilidad, se observó un marcado aumento con el agregado de sal (premezcla control) respecto a la HT, lo cual se vincula con un mayor entrecruzamiento de la red de gluten favorecido por la presencia de sal (Ukai et al. 2008). Sin embargo, la incorporación de HM produce una caída progresiva en este parámetro. Esto podría deberse a un efecto de dilución de la red de gluten cuando se reemplaza HT por HM, ya que hay menor cantidad de proteína formando la red, la cual además sería más débil. En este mismo sentido, se observó como el ablandamiento de la masa de la formulación Control se reduce drásticamente respecto a la HT con la incorporación de sal, mientras que se incrementa marcadamente al aumentar los niveles de HM.

**Tabla 1.** Parámetros farinográficos

Muestra	Absorción de agua (ml/100 g)	Tiempo de desarrollo (min)	Estabilidad (min)	Ablandamiento (UB)
HT	58,8 ± 0,3 <sup>b</sup>	10 ± 1 <sup>b</sup>	21 ± 1 <sup>c</sup>	32 ± 6 <sup>a</sup>
Control	55,4 ± 0,8 <sup>a</sup>	10 ± 1 <sup>b</sup>	30 ± 3 <sup>d</sup>	19 ± 8 <sup>a</sup>
HM10	58,2 ± 0,2 <sup>b</sup>	9 ± 2 <sup>ab</sup>	22 ± 2 <sup>c</sup>	30 ± 1 <sup>a</sup>
HM20	60,3 ± 0,3 <sup>c</sup>	7 ± 0 <sup>a</sup>	16 ± 2 <sup>b</sup>	57 ± 13 <sup>b</sup>
HM30	63,1 ± 0,4 <sup>d</sup>	7 ± 0 <sup>a</sup>	12 ± 0 <sup>a</sup>	85 ± 11 <sup>c</sup>

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ;  $n = 2$ )

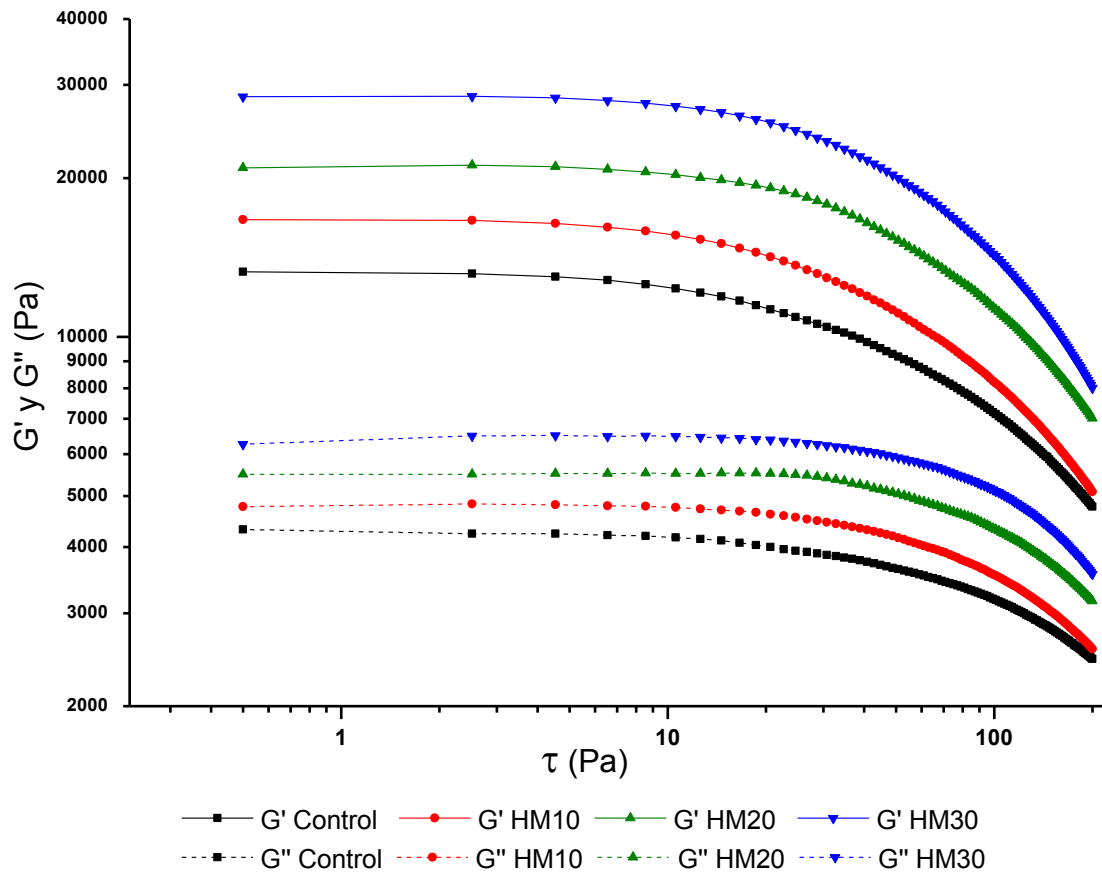
### Reología oscilatoria y perfil viscoelástico

Los barridos de esfuerzo obtenidos se muestran en la **Figura 1**. Éstos permitieron determinar que el RVL de todas las masas se extiende hasta los ~7 Pa y, en todos los casos, los valores de  $G'$  se encuentran por encima de los valores de  $G''$ , denotando un carácter viscoelástico más ligado al comportamiento sólido como fue



reportado también por Altuna et al. (2016). Se observó, además, que el aumento en la concentración de HM conlleva un incremento progresivo de ambos módulos desde el control hasta HM30.

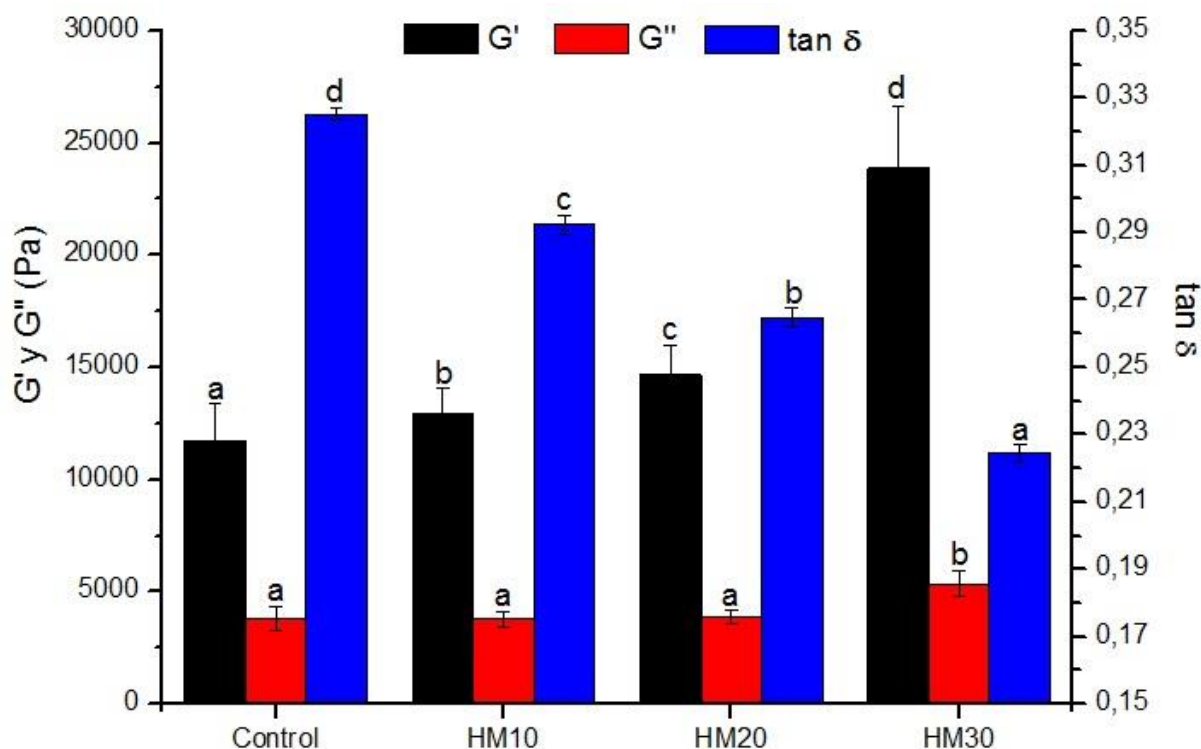
Dados los RVL obtenidos, se empleó un esfuerzo de corte constante de 5 Pa para realizar los espectros mecánicos de las muestras. En ellos se pudo ver un aumento de los módulos con la frecuencia y una tendencia similar a la encontrada en los barridos de esfuerzo: el módulo  $G'$  siempre prevaleció por encima de  $G''$ .



**Figura 1.** Barridos de esfuerzo de masas panarias.

Los valores de  $G'$ ,  $G''$  y de la  $\tan \delta$  fueron obtenidos a 1 Hz para su comparación y análisis (**Figura 2**). Se encontró que el módulo elástico de la masa aumentó progresivamente al incrementar la concentración de HM de las premezclas. En cambio, el módulo viscoso no mostró este comportamiento y sólo HM30 exhibió valores de  $G''$  mayores a las demás formulaciones. Resultados similares fueron encontrados por otros autores al utilizar almidón resistente tipo 2 en masa panaria (Ahmed et al. 2013, Altuna et al. 2016). Estas modificaciones se reflejaron también en los valores de la  $\tan \delta$ , la cual mostró un efecto de la concentración de HM utilizado, siguiendo la tendencia de  $G'$  pero de forma invertida, ya que la  $\tan \delta$  se obtiene de la relación entre  $G''$  y  $G'$ . El aumento del módulo elástico con la concentración de HM y la leve variación del módulo viscoso a bajas concentraciones de este ingrediente estarían indicando que la incorporación de almidón resistente tipo 2 aporta a la masa características más asociadas a un sólido, lo cual podría estar relacionado con la forma granular del almidón (no gelatinizado). La  $\tan \delta$  correlacionó negativamente con la absorción de agua farinográfica ( $r = -0,9990$ ), posiblemente debido al efecto combinado de la mayor absorción de agua por parte del HM y su contribución como carga sólida a la matriz de la masa. Asimismo, también se encontró una correlación positiva importante entre la  $\tan \delta$  y la estabilidad farinográfica ( $r = 0,9763$ ) y una negativa con el ablandamiento ( $r = -0,9856$ ). Esto podría atribuirse a la dilución de la red de gluten y la mayor proporción de gránulos de almidón incluidos en la matriz, capaces de obstaculizar la formación de la red, debilitándola.



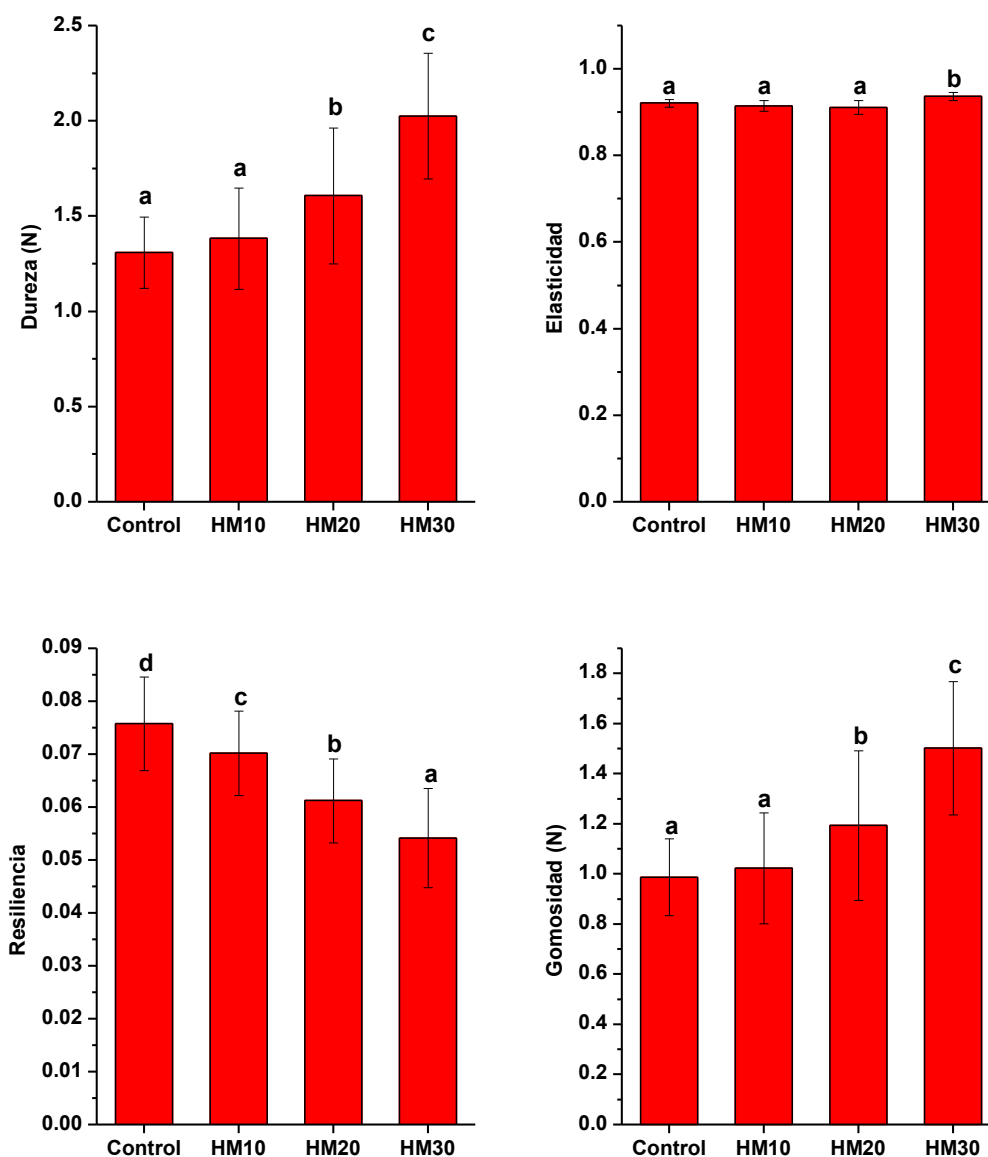


**Figura 2.** Parámetros reológicos de masas panarias con diferentes niveles de HM. Letras diferentes en columnas del mismo color indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

### Perfil de textura

Los perfiles de textura de las masas permitieron extraer los parámetros dureza, consistencia, cohesividad, adhesividad, elasticidad, resiliencia y gomosidad, algunos de los cuales son mostrados en la **Figura 3**. En las masas con elevados niveles de reemplazo (HM20 y HM30) se observó un aumento marcado y progresivo en la dureza y la gomosidad respecto al control, aunque el reemplazo del 10% no produjo modificaciones significativas en estos parámetros. Al realizar el análisis de correlación de Pearson, se encontró que la dureza y el ablandamiento correlacionaron positivamente con la absorción de agua farinográfica y  $G'$ ; y negativamente con la  $\tan \delta$ . Esto podría deberse a la combinación de dos fenómenos: un efecto de dilución de las proteínas del gluten al realizar el reemplazo de HT por HM y una posible competencia por el agua entre los gránulos de HM y los demás componentes de la harina. Esta situación impediría al gluten desarrollar sus características viscoelásticas regulares.





**Figura 3.** Parámetros texturales obtenidos por TPA. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

La consistencia tuvo un comportamiento similar a la dureza, aumentando progresivamente de  $8,27 \pm 1,50$  N.s (Control y HM10) a  $9,12 \pm 1,32$  y  $9,88 \pm 1,14$  N.s con reemplazos del 20 y 30%, respectivamente, correlacionando positivamente con el ablandamiento ( $r = 0,9722$ ). La adhesividad no se modificó con un reemplazo del 10% respecto al Control ( $3,56 \pm 0,80$  N.s), pero fue mayor para HM20 y HM30 ( $4,46 \pm 0,97$  N.s).

Por otro lado, aunque el empleo de HM dio lugar a una leve disminución en la cohesividad de las masas no se observó un efecto de la concentración utilizada de este ingrediente ( $0,754 \pm 0,018$  y  $0,739 \pm 0,035$  para el Control y las muestras HM, respectivamente). Asimismo, esta pequeña disminución de la cohesividad probablemente no lleve a modificaciones trascendentes en la masa al momento de panificar. Con respecto a la elasticidad de la masa, se observó un pequeño aumento para HM30, siendo HM10 y HM20 similares al control. Finalmente, se encontró un efecto de la concentración de HM utilizada en la resiliencia, la cual disminuyó fuertemente tras la incorporación de HM. Además, este parámetro correlacionó negativamente con la absorción de agua ( $r = -0,9914$ ) y con el ablandamiento ( $r = -0,9912$ ), y positivamente con el tiempo de desarrollo, la estabilidad y la  $\tan \delta$  ( $r = 0,9570$ ;  $r = 0,9797$  y  $r = 0,9922$ , respectivamente). Dado que la resiliencia se relaciona con la recuperación instantánea de la forma de la masa luego de la aplicación de un



esfuerzo, su disminución podría deberse a un fenómeno conjunto causado por la presencia de menos red de gluten (efecto de dilución) la cual además se encontraría obstaculizada mecánicamente por los gránulos de almidón a nivel microestructural. Estos resultados relacionados con las características elásticas de las masas parecerían contradictorios con los encontrados al realizar los ensayos con reómetro oscilatorio. Cuando las masas fueron sometidas a pequeñas deformaciones (dentro del rango de viscoelasticidad lineal) mostraron en todos los casos un mayor comportamiento elástico, tal como está demostrado por el incremento de  $G'$  con la concentración de HM. Sin embargo, éstas masas al ser sometidas a mayores deformaciones (en este caso, un 40% de compresión) no son capaces de responder a la misma del mismo modo que la formulación control, lo cual pone en evidencia la formación de una red de gluten más débil.

En general, se encontró que el reemplazo del 20 y 30% de HT por HM produjo masas más duras, consistentes, adhesivas y gomosas, disminuyendo asimismo la resiliencia, especialmente en HM30. En cambio, un reemplazo del 10% no implicó grandes modificaciones respecto a la masa control.

En todos los casos las modificaciones reológicas, estarían fuertemente vinculadas al efecto de dilución de las proteínas del gluten y al cambio en el perfil de absorción de agua en presencia de HM, principalmente en niveles altos de reemplazo, como lo demuestran las correlaciones con los parámetros reológicos y texturales.

## CONCLUSIONES

El empleo de almidón resistente tipo 2 como fuente de fibra prebiótica en formulaciones para panificados saludables produjo modificaciones de las masas a nivel reológico. En general, las premezclas con almidón resistente requirieron mayor cantidad de agua para la formación de la masa. Sin embargo, las mismas fueron más duras, principalmente aquellas con concentraciones más elevadas de almidón resistente. Los cambios observados se relacionaron principalmente con variaciones en los perfiles de absorción de agua de las premezclas y con el aumento de la carga sólida que implicó la incorporación de gránulos de almidón en detrimento de la cantidad total de gluten. A pesar de las modificaciones, fue posible en todos los casos obtener masas panarias que, conteniendo niveles importantes de fibra, presentaron características texturales adecuadas para su manipulación.

## BIBLIOGRAFÍA

- AACC. 2000. Farinograph method for flour 54-21.01. En: AACC International approved methods. AACC International. 1-7.
- Ahmed J, Almusallam AS, Al-Salman F, AbdulRahman MH, Al-Salem E. 2013. Rheological properties of water insoluble date fiber incorporated wheat flour dough. *LWT - Food Science and Technology*, 51(2): 409–416.
- Altuna L, Ribotta PD, Tadini CC. 2016. Effect of a combination of enzymes on the fundamental rheological behavior of bread dough enriched with resistant starch. *LWT - Food Science and Technology*, 73: 267–273.
- Araya H, Lutz M. 2003. Alimentos funcionales y saludables. *Revista Chilena de Nutrición*, 30: 8–14.
- Asp NG. 1992. Resistant Starch. En: Proceedings from the 2nd plenary meeting of EURESTA: European FLAIR Concerted Action No. 11 on physiological implications of the consumption of resistant starch in man. Preface. *European Journal of Clinical Nutrition* 46: Suppl2: S1-148.
- Augustin LS, Franceschi S, Jenkins DJ, Kendall CW, La Vecchia C. 2002. Glycemic index in chronic disease: a review. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56: 1049–1071.
- Brand-Miller JC. 2003. Glycemic load and chronic disease. *Nutrition Reviews*, 61: S49–S55.
- Démé F, Peuvrel-Disdier E, Vergnes B. 2015. Loss of crystalline structure and swelling kinetics of maize starch and flour granules in glycerol excess: The role of the envelope structure. *Industrial Crops and Products*, 70: 149–157.
- FAO/WHO. 1998. The Role of Carbohydrates in Nutrition: Joint FAO/WHO Expert Consultation. FAO Food and Nutrition Paper, 66: 1–129.
- Fu L, Tian J, Sun C, Li C. 2008. RVA and Farinograph Properties Study on Blends of Resistant Starch and Wheat Flour. *Agricultural Sciences in China*, 7(7): 812–822.
- Juárez M, Mariné A. 2008. Ingredientes funcionales. En: Serrano-Ríos M, Mateos JA. *Nutrición y Alimentación. Nuevas perspectivas*. 1ª ed. Madrid: McGraw-Hill Interamericana. pag 233-252.
- Juárez Iglesias M, Perote Alejandro A. 2010. Alimentos saludables y de diseño específico. *Alimentos funcionales*. 1ª ed. Madrid: International Marketing and Communications. pag 210.



Larrañaga IJ, Carballo Fernandez M, Rodríguez MM. 1997. Dietética y dietoterapia. España: Mac Graw-Hill Interamericana. pag 408.

Lezcano EP. 2011. Productos panificados: cadenas alimentarias. Alimentos Argentinos, 26–38. En: [http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/revista/ediciones/51/productos/r51\\_06\\_Panificados.pdf](http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/revista/ediciones/51/productos/r51_06_Panificados.pdf)

Ma S, Li L, Wang X, Zheng X, Bian K, Bao Q. 2016. Effect of mechanically damaged starch from wheat flour on the quality of frozen dough and steamed bread. Food Chemistry, 202: 120–124.

McCleary BV, Brown IL. 2004. Novel dietary fibers: the importance of carbohydrates in the diet. Journal of AOAC International, 87: 681.

Muñoz LA, Pedreschi F, Leiva A, Aguilera JM. 2015. Loss of birefringence and swelling behavior in native starch granules: Microstructural and thermal properties. Journal of Food Engineering, 152: 65–71.

Nindjin C, Amani GN, Sindic M. 2011. Effect of blend levels on composite wheat doughs performance made from yam and cassava native starches and bread quality. Carbohydrate Polymers, 86(4): 1637–1645.

Ukai T, Matsumura Y, Urade R. 2008. Disaggregation and Reaggregation of Gluten Proteins by Sodium Chloride. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56(3): 1122–1130.

### **AGRADECIMIENTOS**

A Claudio Segato, de Ingredion Inc., por la donación del almidón resistente utilizado en este trabajo, a Molinos Río de La Plata S.A. por facilitar el uso del farinógrafo, a la ANPCyT, el CONICET y la UNLP por el financiamiento a través de subsidios para la investigación.

