

## CAMBIOS EN LAS CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y REOLÓGICAS DE PASTAS LIBRES DE GLUTEN DURANTE EL PROCESO DE COCCIÓN

Larrosa, Virginia J.<sup>1,2</sup>; Lorenzo, Gabriel<sup>1,3</sup>; Zaritzky, Noemí E.<sup>1,3</sup>; Califano, Alicia N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CIDCA, CONICET, Fac. Cs. Exactas, UNLP, 47 y 116, La Plata (1900), Argentina.

<sup>2</sup> Fac. de Bromatología UNER. <sup>3</sup> PROAL Dep. Ing. Química, Fac. Ingeniería, UNLP

e-mail: [zaritzky@ing.unlp.edu.ar](mailto:zaritzky@ing.unlp.edu.ar)

**Palabras Claves:** pastas, reología, libres de gluten, cocción, microestructura

### Introducción

La enfermedad celíaca consiste en una intolerancia irreversible a la fracción gliadina de las proteínas de trigo, y a las prolaminas de centeno, cebada y avena (Hall y col., 2009). En Argentina se estima que uno de cada 100 individuos padece de celiaquía. Esta situación condiciona, en pacientes, a desarrollar lesiones severas de la mucosa del intestino delgado. El único tratamiento efectivo que tienen los pacientes es ajustarse a una dieta libre de gluten durante toda su vida. En los últimos años ha aumentado significativamente la investigación relacionada a la obtención de productos de panadería libres de gluten (Lazaridou y col., 2007; Lorenzo y col., 2009).

El gluten desde el punto de vista microestructural es el principal responsable en la formación de la red proteica y es el que otorga las características de elasticidad y masticabilidad de un alimento como la pastas. La pasta es un producto alimenticio estable, principalmente elaborado con mezclas de trigo *durum*, semolina y agua. Puede ser consumido luego de la cocción del producto fresco o secado para futuros usos. Las pastas son uno de los productos farináceos típicamente consumidos alrededor del mundo y juegan un importante rol nutricional.

En el desarrollo de alimentos libres de gluten el mayor desafío tecnológico en el área de Ingeniería de Alimentos es encontrar componentes biopoliméricos (proteínas e hidrocoloides) que puedan conferirle a las masas las características reológicas deseadas tanto en la etapa de laminación como en el producto final. Dentro del proceso tecnológico de producción de pastas para celíacos, la definición de la etapa de cocción es muy importante debido a que estos productos carecen del retículo proteico que forma el gluten en las pastas tradicionales y contiene a los gránulos de almidón dentro de la matriz (Mariotti y col., 2011).

La reología es una ciencia de gran importancia en la elaboración de diversos alimentos que permite determinar las condiciones de procesamiento y calidad del producto final. En particular, este trabajo tiene como objetivo el estudio de las características reológicas y texturales de pastas libres de gluten, analizando la influencia de la composición y el tiempo de cocción sobre las mismas.

### Parte Experimental

Las pastas fueron preparadas empleando mezclas de almidón y harina de maíz, NaCl, mezcla de gomas xántica y garrofín, huevo en polvo, ovoalbúmina y agua. Se empleó un diseño bifactorial con punto central para analizar el efecto del contenido de proteínas (entre 1.1 y 6.6%) y agua (34.8 y 37.4%) en las propiedades reológicas de las pastas cocidas. Se analizó también el efecto del tiempo de cocción en agua a ebullición (100°C) durante períodos entre 0 y 15 min.

*Tiempo óptimo de cocción:* fue determinado de acuerdo a la AACC método 66-50 (AACC 2000), que corresponde a la desaparición del núcleo opaco de la pasta cuando se comprime entre dos placas de vidrio.

*Pérdidas por cocción:* se define como la cantidad de sólidos perdidos en el agua de cocción y se la determinó según el método 66-50 (AACC, 2000).

A partir de un análisis de textura con un texturómetro TA-XT2i (Stable Micro System, UK), usando una sonda de compresión de 2.5 cm de diámetro, se determinaron los valores de adhesividad de las pastas en su tiempo óptimo de cocción sobre muestras de masa cuadradas (80x80x2 mm). La adhesividad es la fuerza (negativa) necesaria para despegar la sonda de la muestra durante la descompresión de la misma. Esta fuerza está relacionada con la cantidad de almidón y la gelatinización del mismo (Sozer y col., 2007)

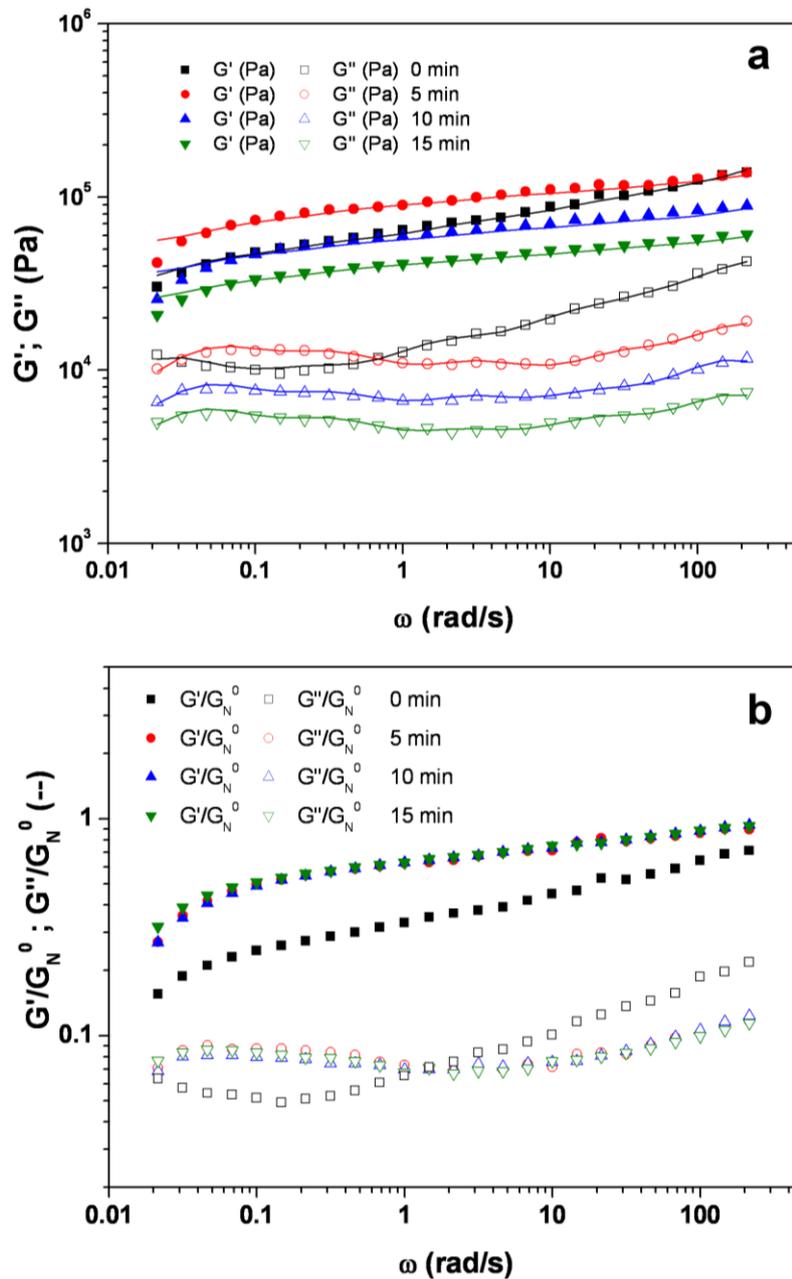
Complementariamente, para caracterizar el comportamiento viscoelástico de las masas, se realizaron ensayos oscilatorios en un reómetro de esfuerzo controlado (RS600, Thermo Scientific, Alemania), determinando la dependencia de los módulos elástico ( $G'$ ) y viscoso ( $G''$ ) con la frecuencia de oscilación. Previamente, para determinar el rango viscoelástico lineal se realizaron pruebas a una frecuencia fija (6.28 rad /s), barriendo la amplitud del esfuerzo de corte entre 0 a 100 Pa. Para el estudio de los espectros mecánicos se calculó el módulo "plateau"  $G_N^0$ , que corresponde al valor que toma  $G'$  a la frecuencia en que se encuentra un mínimo en la evolución de la tangente de pérdida ( $\tan \delta = G''/G'$ ). El análisis se realizó con las masas cocidas entre 0 y 15 minutos.

Se estudiaron los cambios en la microestructura del producto durante la cocción empleando un microscopio electrónico de barrido ambiental, ESEM (FEI- QUANTA 200, Oregon, USA).

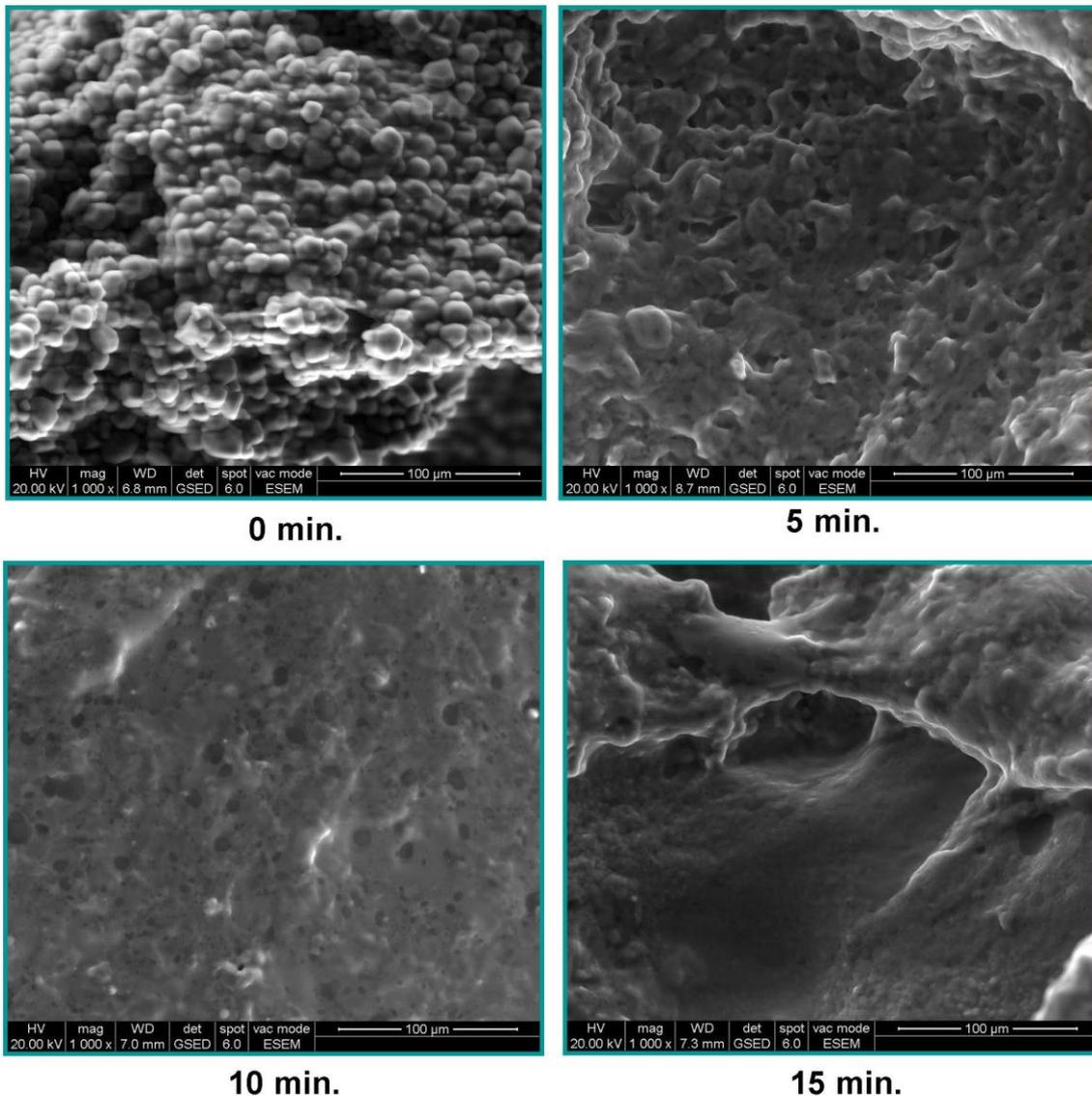
## Resultados y Discusión

Todas las muestras analizadas mostraron un comportamiento tipo gel con un módulo de almacenamiento ( $G'$ ) siempre por encima del módulo de pérdida ( $G''$ ) y una baja dependencia con la frecuencia de oscilación (Figura 1a). Se obtuvieron las curvas maestras para cada formulación utilizando el módulo *plateau* ( $G_N^0$ ) para cada tiempo de cocción como factor de normalización. El espectro de las muestras que fueron sometidas a distintos tiempos de cocción fueron satisfactoriamente superpuestos; las muestras no cocidas mostraron un comportamiento marcadamente diferente con una mayor dependencia con la frecuencia de oscilación, asociada a masas más fácilmente deformables (Figura 1b). Los primeros 5 minutos de cocción fueron suficientes para lograr una marcada transformación en la estructura de la matriz cruda, debido a la gelificación de las proteínas de huevo, el hinchamiento de los gránulos de almidón y la parcial gelatinización de los mismos, que formaron una fase continua de amilosa solubilizada y una contribución parcial de la amilopectina. A mayores tiempos de cocción, el ingreso de agua produjo una disminución de los módulos  $G'$  y  $G''$  pero no se observaron cambios cualitativos en la forma de los espectros.

Esto se vio ratificado mediante la observación microscópica del producto cocido a distintos tiempos de inmersión (Figura 2). Inicialmente, la estructura general de las masas se vio contenida por una red continua formada por los hidrocoloides y proteínas donde los gránulos de almidón de maíz se ordenaron de manera aleatoria, lo que muestra la homogeneidad de la matriz observada (Figura 2a). A medida que aumentó el tiempo de cocción la estructura interna de la pasta presentó tanto gránulos gelatinizados como no gelatinizados, disminuyendo la cantidad de gránulos intactos. En la Figura 2b aun es posible identificar algunos gránulos de almidón que mantienen su conformación, mientras que en la Figura 2d, la gelatinización es casi completa y resulta imposible distinguir entre la matriz generada por los hidrocoloides y el almidón.



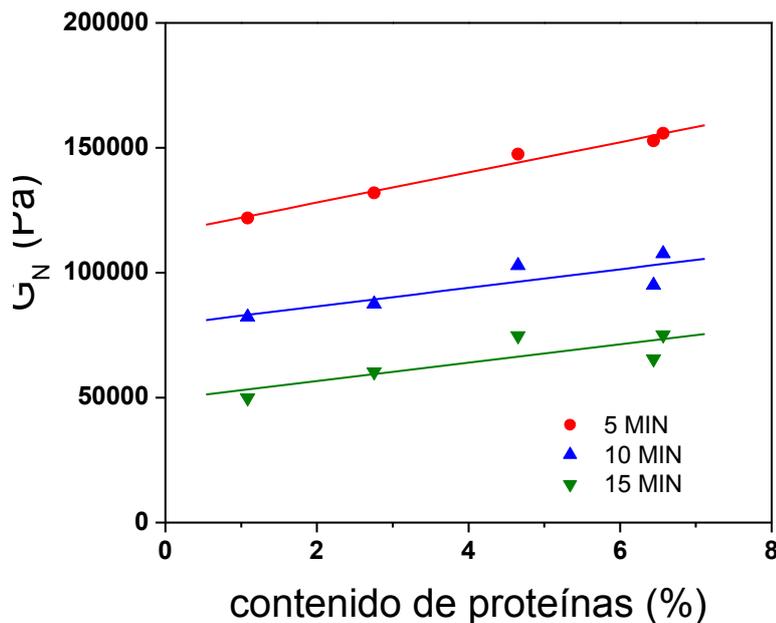
**Figura 1.** Barridos de frecuencias para pastas libres de gluten con 36.1% agua y 6.4% proteínas. (a) datos originales a distintos tiempos de cocción (b) curvas maestras normalizadas para los módulos elástico ( $G'/G_N^0$ ) y viscoso ( $G''/G_N^0$ ).



**Figura 2.** Imagen obtenida mediante microscopía electrónica de barrido ambiental de una masa formulada con 36.1% de agua y 4.6% de proteínas a distintos tiempos de cocción (a) 0 min, (b) 5 min, (c) 10 min, (d) 15 min.

La composición de las pastas libres de gluten afectó de manera diferente a las muestras crudas y cocidas. Para el primer caso se observó que el incremento en el contenido de proteínas, manteniendo el porcentaje de agua constante, produjo una disminución ( $P < 0.05$ ) del módulo *plateau* ( $G_N^0$ ), lo que condujo a masas menos elásticas. Análogamente, el aumento en el contenido de humedad de las masas generó un debilitamiento de la red que se tradujo en menores valores de  $G_N^0$ .

Para las muestras cocidas el efecto del cambio en el contenido de proteínas fue el opuesto. Se observó un fortalecimiento de la matriz al incrementarse el contenido de proteínas de huevo debido a la desnaturalización y gelificación de las mismas (Figura 3). Por otro lado, el incremento en el contenido de agua mostró la misma tendencia que en las masas crudas.

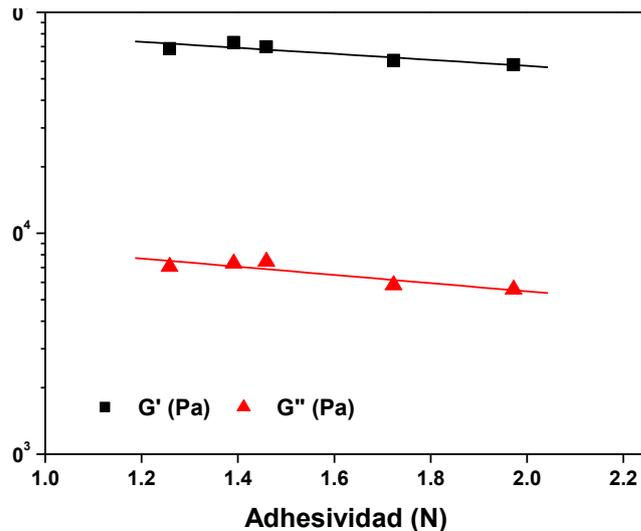


**Figura 3.** Dependencia del módulo plateau ( $G_N^0$ ) con el contenido de proteínas de pastas cocidas a distintos tiempos de cocción.

Se determinó que el tiempo óptimo de cocción fue de 10 minutos para todas las formulaciones estudiadas. Los valores obtenidos se encuentran comprendidos en el rango de valores reportados para pasta a base de semolina (Malcomson y Matsuo, 1993).

Se ha demostrado que durante la cocción de pasta en agua, algunos componentes solubles como la amilosa, polisacáridos y proteínas pueden salir de la pasta e ingresar en el agua de cocción. Malcomson y Matsuo (1993) encontraron que el componente principal en el agua de cocción es la amilosa y utilizaron su cuantificación como un indicador de la calidad de pastas cocidas. El contenido de amilosa en el agua puede entenderse como un índice de la resistencia a la desintegración durante la cocción de la pasta (Malcomson y Matsuo, 1993); bajas cantidades de residuos indican una alta calidad de la pasta cocida (Del Nobile y col., 2005). Los resultados mostraron que a menor contenido de proteínas se incrementaron significativamente ( $P < 0.05$ ) las pérdidas por cocción desde 9% hasta 11.5%.

La adhesividad mostró una tendencia a aumentar al incrementarse el porcentaje de agua y disminuir el contenido proteico. A partir de los datos de textura y del comportamiento viscoelástico a pequeñas deformaciones se obtuvo una correlación entre la adhesividad determinada en el tiempo óptimo de cocción (10 min) y los módulos de almacenamiento y de pérdida correspondiente a 1 Hz (6.28 rad/s) para todas las formulaciones. La Figura 4 muestra que existe una correlación negativa entre los datos, es decir que, cuando mayor es la adhesividad las masas se volvieron menos elásticas. Durante el proceso de cocción de las pastas los gránulos de almidón presentes comienzan a absorber agua, se hinchan y gelatinizan. Esta penetración de agua y la gelatinización del almidón dependen de la calidad de la red biopolimérica del sistema (Grzybowski & Donnelly, 1979). La migración de agua durante la cocción se inicia desde el exterior hacia las partes internas de fibras de pasta; de tal modo, el almidón de la superficie se desprende y como consecuencia aumenta la adhesividad. De esta manera, se espera que al debilitarse la red polimérica, aumente la cantidad de almidón lixiviado y por lo tanto se incremente la adhesividad (Figura 4).



**Figura 4.** Correlación entre la adhesividad de las pastas y los módulos elástico y viscoso a 10 min. de cocción.

### Conclusiones

Los espectros mecánicos de todas las formulaciones mostraron cualitativamente el mismo comportamiento donde  $G'$  fue siempre mayor que  $G''$  y con una baja dependencia con la frecuencia. El principal efecto observado fue el del tiempo de cocción mientras que los cambios en el contenido de agua y proteínas fueron menos significativos. Los estudios reológicos fueron complementados con ensayos a grandes deformaciones como análisis de perfil de textura (TPA). Los resultados observados correlacionaron de manera satisfactoria con los correspondientes a pequeñas deformaciones en los ensayos oscilatorios. Las pastas libres de gluten desarrolladas mostraron un satisfactorio rendimiento en la cocción con bajas pérdidas de amilosa y baja adhesividad.

### Referencias

- AACC (American Association of Cereal Chemists) (2000) Approved Methods of the AACC, 10ed. St Paul, MN, USA.
- Del Nobile, M.A., Baiano, A., Conte, A., Mocci, G., 2005. Influence of protein content on spaghetti cooking quality. *Journal of Cereal Science* 41 347–356.
- Grzybowski, R.A., Donnelly, B.J., 1979. Cooking properties of spaghetti and factors affecting cooking quality. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 27, 380-384.
- Hall, N.J., Rubin, G., Charnock, A., 2009. Systematic review: adherence to a gluten-free diet in adult patients with celiac disease. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics* 30, 315–330.
- Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., Biliaderis, C., 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering* 79, 1033-1047.
- Lorenzo, G., Zaritzky, N.E., Califano, A.N., 2009. Rheological characterization of refrigerated and frozen non-fermented gluten-free dough: Effect of hydrocolloids and lipid phase. *Journal of Cereal Science* 50, 255–261.
- Malcolmson, L.J., Matsuo, R.R., 1993. Effects of cooking water composition on stickiness and cooking loss of spaghetti. *Cereal chemistry*, 70, 272-275.
- Mariotti, M., Lametti, S., Cappa, C., Rasmussen, P., Lucisano, M., 2011. Characterisation of gluten-free pasta through conventional and innovative methods: Evaluation of the uncooked products. *Journal of Cereal Science* 53, (3), 319-327.
- Sozer, N., 2009. Rheological properties of rice pasta dough supplemented with proteins and gums. *Food Hydrocolloids* 23(3), 849-855.