

## **15TCA.Comportamiento reológico de masas obtenidas a partir de harina de trigo complementada con subproducto de la industria aceitera de pistacho**

### **Rheological properties of dough obtained from wheat flour with pistachio obtained as a by-product of the oil industry**

María V. Salinas<sup>1</sup>, Luciano M. Guardianelli<sup>1</sup>, María C. Puppo<sup>1,2</sup>

1. CIDCA - CIC -CONICET- Facultad de Ciencias Exactas- Universidad Nacional de La Plata. 47 y 116 (C.P 1900) La Plata, Argentina. salinasvicky@hotmail.com

2. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales-Universidad Nacional de La Plata. 60 y 119 (C.P. 1900). La Plata, Argentina.

#### **Resumen**

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la incorporación de harina de pistacho a harina de trigo sobre las propiedades reológicas de masa de trigo. Se utilizaron diferentes niveles de harina de pistacho (HP): 5, 15 y 15%. Una masa sin pistacho fue utilizada como control (C). Ensayos farinográficos y alveográficos, contenido de gluten, humedad (H), actividad acuosa ( $a_w$ ), potencial de hidrógeno (pH), análisis de perfil de textura y ensayos de relajación fueron estudiados sobre las masas. La absorción de agua (Abs), el tiempo de desarrollo ( $t_d$ ) y la estabilidad obtenidos del farinograma disminuyeron con el incremento de HP, mientras que el aflojamiento aumentó. Además con el agregado de HP, la tenacidad (P), la extensibilidad (L) y el trabajo de deformación (W) disminuyeron. Los valores de gluten húmedo (GH) y gluten seco (GS) aumentaron con el nivel de pistacho, sin embargo la relación GH/GS disminuyó. La masa C presentó mayor H y pH que las masas con pistacho; ambos parámetros disminuyeron con el nivel de HP utilizado. Sin embargo, no hubo diferencias significativas en la  $a_w$  entre las diferentes masas. La incorporación de 5% de HP, produjo una masa más blanda y menos consistente pero igualmente adhesiva y elástica que C. Sin embargo, al aumentar el nivel de HP la dureza y elasticidad de las masas aumentó. Los módulos elásticos  $E_1$  y  $E_3$  obtenidos del ensayo de relajación aumentaron mientras que los tiempos de relajación no se modificaron significativamente con HP. Estos cambios obtenidos en la reología de la masa debido a la presencia de harina de pistacho podrían tener diferentes consecuencias en la calidad del pan.

**Palabras clave:** harina de pistacho desgrasada, harina de trigo, masa panaria, propiedades reológicas.

#### **Abstract**

The objective of this work was to study the effect of the incorporation of pistachio flour to wheat flour on the rheological properties of wheat dough. Pistachio flour (HP) levels used were: 5, 15 and 15%, and wheat flour dough was studied as a control sample. Dough were studied by farinographic and alveographic assays, gluten content, moisture (H), water activity ( $a_w$ ), potential of hydrogen (pH); texture profile analysis and relaxation assays were also performed on different dough. The farinographic water absorption (Abs), development time ( $t_d$ ) and the stability decreased when pistachio flour was used, whereas degree of softening was increase. In addition, with the addition of HP, tenacity (P), extensibility (L) and deformation work (W) decreased. The values of wet gluten (GH) and dry gluten (GS) increased with the HP. However the GH / GS ratio decreased. Control dough had higher H and pH than dough with pistachio. Both parameters decreased with the level of HP. However, no significant differences in  $a_w$  between different dough were obtained. The incorporation of 5% HP, produced a softer and less consistent dough but similar adhesiveness and elasticity than C. Nevertheless, with the increase in the level of HP, the dough hardness and elasticity increased. The elastic modules  $E_1$  and  $E_3$  obtained from the relaxation test also increased while the relaxation times were not significantly modified with HP. These changes obtained in rheology of dough due to the presence of pistachio flour could have different consequences on the bread quality.

**Keywords:** Defatted pistachio flour; wheat flour; wheat dough, rheological properties.

## 1. Introducción

El fruto del pistacho (*Pistacia vera L.*) resulta un alimento importante desde el punto de vista nutricional, debido a su alto contenido de nutrientes, proteínas de alto valor biológico, fibras, vitaminas y minerales. Argentina cuenta con un extenso territorio con diversidad de climas, siendo las zonas de Mendoza y San Juan ideales para el cultivo de pistacho. Si bien, actualmente el consumo de este fruto en nuestro país es bajo, un crecimiento sostenido en la producción de aceites comestibles se viene dando en estos últimos años siendo una actividad económica de gran relevancia en la actualidad. En este sentido, la elaboración de aceites vegetales no tradicionales, como el obtenido a partir de pistacho (*Pistacia vera L.* genotipo Kerman) ofrece una oportunidad poco explorada. Este incremento en la producción de aceite comestible genera un residuo sólido remanente que podría utilizarse como potencial ingrediente para consumo humano debido a que posee alto contenido de proteína, fibra y un remanente de lípidos ( $\approx 30\%$ ) subutilizados, los cuales podrían aprovecharse para el consumo humano (Salinas *et al.*, 2016). La elaboración de panificados resultaría una alternativa interesante para el aprovechamiento de esta harina parcialmente desgrasada, por lo que el estudio de las propiedades reológicas de las masas constituye un camino previo a la obtención de panes de buena calidad panadera. Por esta razón, el objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto de la adición de harina de pistacho, obtenida como residuo de la industria aceitera, sobre las propiedades reológicas de las masas formadas con harina de trigo.

## 2. Materiales y métodos

### Materiales

Se empleó harina de trigo tipificada como 0000 (CAA, 2017) donada por Molino Campodónico Ltda., Argentina) con 11,2 % proteínas. Otros ingredientes utilizados fueron: cloruro de sodio (Celusal, Argentina), harina de pistacho (Aceites del Desierto SRL) con 33,2 % de proteínas, 30,6 % lípidos, 3,63 % de cenizas y 8,5 % de humedad. Cada mezcla sólida contiene 1,5 % cloruro de sodio (base harina de trigo) y se agregaron diferentes porcentajes de harina de pistacho: 0 (Control), 5% (P5), 15% (P15) y 25% (P25) (base harina de trigo).

### Metodología

#### Ensayo farinográfico.

Se realizó un ensayo farinográfico empleando un Farinografo de Brabender -300 g- (Brabender, Duigsburg, Alemania) según método 54-21, AACC (2000). Los parámetros obtenidos fueron: la absorción de agua (*Abs*) que es la cantidad de

agua destilada (mL agua/100 g de sólido), necesaria para que la masa alcance una consistencia determinada (500 UF), el tiempo de desarrollo ( $t_d$ ) denominado al tiempo que transcurre desde el comienzo del agregado de agua hasta la consistencia máxima (segundo pico), la estabilidad (*Es*) es el tiempo (min) durante el cual la masa mantiene la máxima consistencia, desde el punto en que la parte superior de la curva impacta por primera vez la línea de 500 UF y el punto en que la deja. El aflojamiento (*Af*) es el parámetro que mide la caída de la masa en UF, representa la diferencia entre la máxima consistencia y la que se obtiene después de 12 minutos de haber alcanzado dicho valor máximo.

#### Ensayo alveográfico.

Se empleó un Alveógrafo de Chopin -300 g- (Villeneuve-la-Garenne Cedex, Francia) según método 54-30A, AACC (2000). Se determinó la sobrepresión máxima o tenacidad (*P*) que se relaciona con la resistencia de la masa a la deformación, la abscisa media a la ruptura o extensibilidad (*L*) que representa la extensibilidad de la masa antes de la ruptura, la relación *P/L* o balance entre la tenacidad y la extensibilidad de la masa; y el trabajo de deformación (*W*) parámetro que representa la fuerza panadera.

#### Formulación de masas.

Los sólidos (harina de trigo, sal y harina de pistacho parcialmente desgrasada) se mezclaron en la amasadora a pequeña escala (Keenwood Major, Italia). Una vez mezclados, se le adicionó el agua según la *Abs* y se amasó durante el tiempo de desarrollo ( $t_d$ ) a 90 rpm. La masa obtenida se la laminó (4 veces), se dejó reposar durante 15 minutos a 25 °C envuelta en film para evitar su deshidratación.

#### Determinación de gluten.

Se determinó el contenido de gluten de las diferentes formulaciones de acuerdo al método AACC 38-12 (2000) modificado. La modificación consistió en colocar la cantidad de masa obtenida previamente en la amasadora planetaria equivalente a colocar 10 g de harina de trigo en el Glutomatic 2200 (Perten Instruments, Suecia), amasarla durante 1 minuto y lavarla durante 5 minutos empleando malla metálica de 80  $\mu$ m de poro. El gluten obtenido se centrifugó empleando una centrifuga 2015 (Perten Instruments, Suecia) a 6000 rpm durante 1 min. Se registró el peso del gluten húmedo total ( $m_1$ ). Se calculó la cantidad de gluten húmedo (GH) cada 100 g de harina, referido a una harina de 14% de humedad. Finalmente, el gluten se secó en condiciones estandarizadas a 150 °C durante 5 minutos en el Glutork (Perten Instruments, Suecia) y se pesó ( $m_2$ ) luego de

alcanzar temperatura ambiente. Se calculó el porcentaje de gluten seco (GS).

$$GH (\%) = (m_1/m) (100 - 14)/(100 - H) 100 \quad (2)$$

$$GS (\%) = (m_2/m) (100 - 14)/(100 - H) 100 \quad (3)$$

Donde  $m_1$ ,  $m_2$  y  $m$  representan la masa, expresada en gramos, de gluten húmedo, gluten seco y cantidad de masa, respectivamente. Y la humedad de la harina está representada por  $H$ .

#### Humedad.

Se determinó el contenido de agua de la masa mediante el método indirecto a 105 °C. Esta determinación se realizó por triplicado.

#### Actividad acuosa.

Se determinó la actividad acuosa, asociada a la disponibilidad de agua, a 25 °C mediante punto de rocío empleando un equipo Meter Aqualab series 4 TEV (Decagon Devices Inc., Washington, Estados Unidos). Esta determinación se realizó por triplicado.

#### Potencial de hidrógeno (pH)

El pH de la masa fue determinado empleando pHmetro (SevenMuli, Mettler Toledo, Estados Unidos) con un electrodo de punta introducido en la masa. Se midió en 5 zonas diferentes de cada replicado ( $n=3$ ).

#### Análisis de perfil de textura (TPA).

Se cortaron discos de masa de 3 cm de diámetro y 1 cm de alto. Se realizó un ciclo de doble compresión al 40% de la altura original usando la sonda SMSP/3 y una celda de 25kg. Se esperó 5 segundos entre ambos ciclos. La velocidad del ensayo fue de 0,5 mm/s. Se determinaron los siguientes parámetros de textura: **dureza** definida como la fuerza máxima obtenida durante el primer ciclo de compresión, **consistencia** que es la suma de las áreas positivas de ambas compresiones, **elasticidad** el cociente de la distancias medidas entre el comienzo y la fuerza máxima del segundo pico respecto del primer pico y **adhesividad** medida como el área negativa obtenida luego del primer ciclo de compresión.

#### Ensayo de relajación.

El ensayo de relajación consiste en deformar el material aplicando una compresión a deformación constante y registrar en función del tiempo, la fuerza que opone el material para mantener dicha deformación. Para ello, discos de masas se sometieron a una compresión de 40 % a 0,5 mm/s durante 20 minutos empleando el texturómetro. El ensayo se realizó a 25 °C. Para evitar la desecación

de las masas, los bordes fueron cubiertos con vaselina semisólida. El ensayo se realizó por triplicado para cada formulación.

En la Figura 1 se muestra la curva de esfuerzo en función del tiempo, la misma se ajustó utilizando el modelo de Maxwell generalizado (Steffe, 1996) usando OriginPro8 (OriginLab Corporation, MA, Estados Unidos).

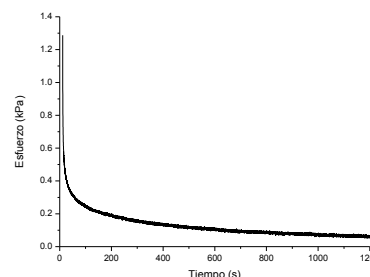


Figura 1: Gráfico típico de esfuerzo en función del tiempo obtenido a partir de las masas.

Este modelo, es el que mejor ajusta en las masas, y considera dos elementos de Maxwell y un resorte asociados entre sí en paralelo. Este último, contempla el término del esfuerzo de equilibrio (Figura 2).

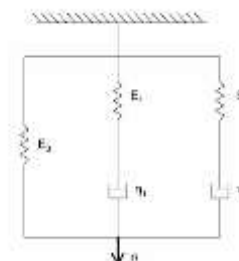


Figura 2. Modelo de Maxwell generalizado aplicado a las masas.

La ecuación obtenida del modelo de Maxwell generalizado (Ecuación 1) es la siguiente:

$$\sigma(t) = A_1 \exp(-t E_1/\eta_1) + A_2 \exp(-t E_2/\eta_2) + \epsilon_0 E_3 \quad (1)$$

Donde  $\sigma(t)$  representa el esfuerzo medido durante el ensayo de relajación,  $t$  representa el tiempo,  $A_1$  y  $A_2$  son los factores pre-exponenciales. El módulo elástico ( $E_i$ ) es definido como la relación entre el esfuerzo y la constante de deformación ( $E_i = \sigma_i/\epsilon_0$ ). Donde  $\epsilon_0$  es una tensión constante calculada como el cociente de la deformación a la altura inicial de la muestra. El tiempo de relajación ( $T_i$ ) está definido como la relación entre la viscosidad y el módulo elástico ( $T_i = \eta_i/E_i$ ).

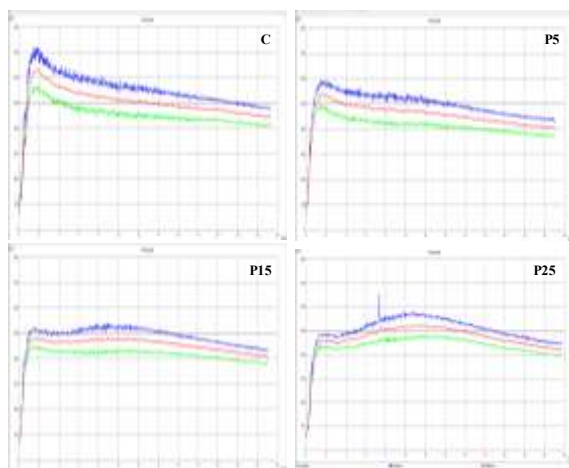
#### Análisis estadístico

Los resultados se expresaron como la media  $\pm$  desviación estándar. Diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) fueron determinadas mediante un análisis de

varianza (ANAVA) usando el programa Statgraphics Plus software.

### 3. Resultados y Discusión

En la Figura 3 se muestra los farinogramas obtenidos de las diferentes formulaciones estudiadas. El farinograma de la formulación control (C), sin harina de pistacho, presenta dos picos. Se puede observar un primero más pronunciado a tiempos cortos asociado a la hidratación de los componentes de la harina y un segundo pico alrededor de los 11,7 min correspondiente a una mayor consistencia en la masa como consecuencia del desarrollo de la red de gluten.



**Figura 3. Farinogramas obtenidos a partir de la formulación control (C), 5% de HP (P5), 15% de HP (P15) y 25% DE HP (P25).**

A medida que se incorpora harina de pistacho a la mezcla va aumentando la consistencia máxima del segundo pico sin modificarse significativamente los tiempos de desarrollo. Salinas et al. (2015) estudiaron la influencia del agregado de harina de algarrobo americana (*Prosopis* spp) y europea (*Ceratonia Siliqua*) encontrando un segundo pico más pronunciado respecto al control. Estos autores atribuyeron esta subida a la diferente interacción del agua con la fibra (prosopis) y las proteínas (ceratonia). En el presente trabajo, el pistacho provee tanto fibra como proteína, por lo tanto ambos componentes podrían contribuir a la formación de una red de gluten más consistente. Además del farinograma, los parámetros obtenidos del mismo fueron modificados por la presencia de harina de pistacho. Se encontró que los valores de *Abs* fueron 55,9%, 55,1%, 53,9% y 52,1% para las formulaciones C, P5, P15 y P25, respectivamente. La *Es* disminuyó entre 20,5 min (C) a 17,3 (P25) y el *Af* aumentó desde 50 (C) hasta 63 UF (P25). Esta disminución en la estabilidad con la

incorporación de HP podría tener consecuencias en el comportamiento reológico de las masas.

La Tabla 1 muestra los parámetros obtenidos a partir del alveograma. La tenacidad (P) y la extensibilidad (L) disminuyeron significativamente con la incorporación de harina de pistacho, principalmente

**Tabla 1. Parámetros alveográficos**

Formulación	P (mm de H <sub>2</sub> O)	L (mm)	P/L (-)	W (J.10 <sup>4</sup> )
C	85 ± 8 <sup>c</sup>	62 ± 17 <sup>b</sup>	1,4 ± 0,4 <sup>ab</sup>	241 ± 47 <sup>c</sup>
P5	56 ± 8 <sup>b</sup>	57 ± 18 <sup>b</sup>	1,0 ± 0,3 <sup>ab</sup>	136 ± 50 <sup>b</sup>
P15	41 ± 5 <sup>a</sup>	22 ± 9 <sup>a</sup>	1,9 ± 0,9 <sup>bc</sup>	44 ± 15 <sup>a</sup>
P25	38 ± 5 <sup>a</sup>	16 ± 2 <sup>a</sup>	2,4 ± 0,4 <sup>c</sup>	28 ± 4 <sup>a</sup>

Diferentes letras en una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

a niveles > 15% y probablemente debido a la dilución de las proteínas formadoras de gluten presente en el trigo. A pesar de que la presencia de harina de pistacho produjo masas menos elásticas y extensibles, la relación P/L resultó incrementada. Al observar los valores de trabajo de deformación (W) en la Tabla 1 se encontró que la masa control presentó el mayor W de  $241 \cdot 10^{-4}$  J (Tabla 1). El agregado de pistacho disminuyó W, fundamentalmente cuando se incorporó 15 y 25% de harina de pistacho; estos resultados sugieren que una mayor incorporación de harina de pistacho a la masa a utilizar en la elaboración de panes podría no soportar todos los procesos tecnológicos involucrados en la panificación a pesar de tener una buena relación P/L, pudiendo afectar posiblemente la elaboración de un pan tipo francés. Tal vez, sea necesario recurrir a la fabricación de un pan de molde en formulaciones con alto porcentaje de pistacho.

Los valores de gluten húmedo (GH) obtenidos aumentaron significativamente con el nivel de harina de pistacho (Tabla 2). En ese mismo sentido, se modificó la cantidad de gluten seco (GS).

**Tabla 2. Gluten húmedo, gluten seco, relación gluten húmedo/gluten seco de las masas estudiadas.**

	GH (%)	GS (%)	GH/GS
C	3,3 ± 0,1 <sup>a</sup>	1,07 ± 0,01 <sup>a</sup>	3,13 ± 0,03 <sup>c</sup>
P5	3,5 ± 0,1 <sup>a</sup>	1,16 ± 0,04 <sup>b</sup>	2,99 ± 0,04 <sup>b</sup>
P15	3,9 ± 0,2 <sup>b</sup>	1,35 ± 0,04 <sup>c</sup>	2,91 ± 0,08 <sup>b</sup>
P25	4,1 ± 0,2 <sup>c</sup>	1,48 ± 0,07 <sup>d</sup>	2,80 ± 0,08 <sup>a</sup>

Diferentes letras en una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Debido a que el gluten formado durante el amasado es la base de la estructura de la masa, no

sólo la cantidad sino también su calidad es importante, y está estrechamente relacionada con la naturaleza de las proteínas y su capacidad de hidratación, por lo que el valor GH/GS es un parámetro importante a evaluar. La relación GH/GS de la masa control fue la mayor (Tabla 2). Este valor disminuyó con el nivel de pistacho, sin embargo para todas las formulaciones se obtuvieron valores de GH/GS alrededor de 3, que es un valor óptimo para masas a emplear en panificación.

Al evaluar las propiedades de hidratación de las masas se encontró que la humedad disminuye significativamente con la incorporación de harina de pistacho (Tabla 3), estos valores se relacionan directamente con una menor absorción de agua por parte de la mezclas con la incorporación de pistacho.

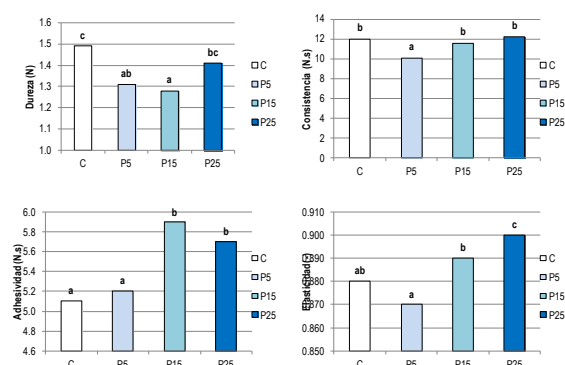
**Tabla 3. Contenido y disponibilidad de agua en las diferentes masas.**

Formulación	H (%)	$a_w$ (-)	pH (-)
C	43,1 ± 0,5 <sup>b</sup>	0,977 ± 0,003 <sup>a</sup>	5,78 ± 0,01 <sup>c</sup>
P5	43,0 ± 0,6 <sup>b</sup>	0,976 ± 0,001 <sup>a</sup>	5,72 ± 0,02 <sup>b</sup>
P15	42,7 ± 0,2 <sup>b</sup>	0,975 ± 0,001 <sup>a</sup>	5,71 ± 0,02 <sup>b</sup>
P25	41,8 ± 0,2 <sup>a</sup>	0,974 ± 0,002 <sup>a</sup>	5,65 ± 0,01 <sup>a</sup>

Parámetros: Humedad (H%), actividad de agua ( $a_w$ ), potencial de hidrógeno (pH). Diferentes letras en una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

A pesar de que la cantidad de agua varió la disponibilidad fue estadísticamente igual en todas las formulaciones ( $a_w \cong 0,97$ ). En la Tabla 3 se muestra también los valores de potencial de hidrógeno (pH) de las diferentes masas, este parámetro disminuyó con el agregado de pistacho, esta acidificación en la masa podría ser la responsable de una distinta interacción entre las proteínas formadoras de la red de gluten la cual podría tener impacto en un comportamiento reológico diferencial.

En la Figura 4 se muestran los valores de dureza, consistencia, adhesividad y elasticidad obtenidos del análisis de perfil de textura. La dureza de la masa control fue significativamente mayor que la de las masas con 5 y 15% de HP. Sin embargo, con un 25% de HP la consistencia resultó mayor, alcanzando un valor estadísticamente similar al de la masa control.



**Figura 4. Dureza, consistencia, adhesividad y elasticidad de las masas obtenidos a partir del análisis de textura.**

No hubo diferencias significativas entre los valores de consistencia de las masas, a excepción de la masa con 5% de HP que fue menor. Las masas con alta cantidad de harina de pistacho agregada, a pesar de ser más consistentes, fueron las más adhesivas y elásticas (Figura 4).

Los ensayos de relajación han sido previamente utilizados en el estudio de las propiedades reológicas de las masas (Rodríguez- Sandoval *et al.*, 2009; Correa *et al.*, 2010). En los sólidos viscoelásticos como las masas el esfuerzo decae hacia un valor de equilibrio. Las curvas de relajación exhiben tres zonas (Yadav *et al.*, 2006): una primera zona de gran pendiente, una zona de decaimiento intermedio, y una tercera con una pendiente insignificante que alcanza un valor de esfuerzo de equilibrio. La relajación es un fenómeno relacionado con la reorientación molecular y estructural del sistema y el módulo elástico E y el módulo de relajación T obtenidos del modelo de Maxwell generalizado permiten estudiar esta orientación estructural de los componentes en la masa.

El tiempo de relajación (T) es inverso al módulo elástico E y está relacionado con el grado de relajación, a mayor T, mayor es el componente viscoso con respecto al elástico y más se relaja la masa.  $E_1$  y  $T_1$  gobiernan la relajación al comienzo de la deformación, que se atribuye a la orientación de las moléculas de bajo tamaño, mientras que  $E_2$  y  $T_2$  (zona intermedia) representan la relajación de las moléculas poliméricas. Si el esfuerzo no cambia con la deformación alcanzando el equilibrio, predomina el término  $E_3$  el cual representa la energía almacenada. Como al comienzo la masa se relaja en mayor proporción,  $T_1$  es en general mayor que  $T_2$  (Tabla 4). Los valores más altos de  $T_1$  se observaron en las muestras con mayor contenido de pistacho aunque sin diferencias significativas, sugiriendo una mayor relajación de la masa. Por otro lado, el comportamiento de  $T_2$  resultó aleatorio y sin diferencias entre las muestras.

**Tabla 4. Tiempos de relajación obtenidos a partir del ensayo de relajación.**

	T <sub>1</sub> (seg)	T <sub>2</sub> (seg)
C	275 ± 16 a	7,9 ± 0,6 a
P5	273 ± 8 a	7,1 ± 0,5 a
P15	282 ± 12 a	7,0 ± 0,8 a
P25	290 ± 15 a	7,3 ± 0,7 a

Diferentes letras en una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Las masas presentaron en todos los casos valores un orden mayor de E<sub>2</sub> comparados con los modulo E<sub>1</sub> y E<sub>3</sub> (Tabla 5). Estos resultados sugieren que las proteínas poliméricas del gluten que se relajan en la zona 2, representada por E<sub>2</sub>, están contribuyendo en gran medida a la elasticidad de la masa.

**Tabla 5. Módulos elásticos obtenidos a partir del ensayo de relajación.**

	E1 (kPa)	E2 (kPa)	E3 (kPa)
C	0,24 ± 0,02 ab	2,0 ± 0,3 ab	0,06 ± 0,01 a
P5	0,21 ± 0,00 a	1,8 ± 0,1 a	0,05 ± 0,00 a
P15	0,26 ± 0,04 ab	2,8 ± 0,6 b	0,09 ± 0,02 a
P25	0,28 ± 0,05 b	2,7 ± 0,8 b	0,13 ± 0,04 b

Diferentes letras en una misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

En la Tabla 5, se observó un aumento significativo de los tres módulos elásticos, fundamentalmente para el módulo elásticos E<sub>3</sub> cuando se incorporó un 25 % de HP a la harina de trigo, sugiriendo que la incorporación pistacho aumenta la energía almacenada en la masa. Un aumento de los módulos elásticos con HP se correlaciona con los valores de elasticidad obtenidos a partir del análisis de textura.

#### 4. Conclusiones

La incorporación de harina de pistacho produjo cambios en el comportamiento reológico y de hidratación de la masa que podrían resultar perjudiciales, desde el punto de vista tecnológico, en la elaboración de productos panificados. Las masas absorbieron menos agua y fueron menos estables con el agregado de HP. Por otro lado, masas con > 15% HP, exhibieron un mayor contenido de gluten húmedo, fueron más consistentes, elásticas y tenaces (>P/L), relacionado posiblemente con un refuerzo de las proteínas poliméricas que forman el gluten. Estos resultados indicarían que es posible, a pesar de la disminución del trabajo de deformación de las masas con HP, obtener panificados de trigo con buena calidad panadera aprovechando un

subproducto de la industria aceitera que en la actualidad se encuentra subvalorado.

#### 5. Referencias

American Association of Cereal Chemists (AACC International). (2000), 10° Ed. St. Paul, MN: The American Association of Cereal Chemists, Inc.

Código Alimentario Argentino CAA (2013). Tomo I-a. Capítulos IX (Art. 661-Res. 167) y XVII. [http://www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas\\_alimentos\\_caa.asp](http://www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas_alimentos_caa.asp). Accedido en noviembre de 2017.

Correa M.J., Añón M.C., Pérez G.T., Ferrero C. (2010). *Effect of modified celluloses on dough rheology and microstructure*. Food Research International, 43, 780–787.

Rodriguez-Sandoval E., Fernandez-Quintero A., Cuvelier, G. (2009). *Stress relaxation of reconstituted cassava dough*. LWT - Food Science and Technology, 42, 202–206.

Salinas, M. V.; Guardianelli, L. M., Puppo, M. C. (2016). *Actividad antioxidante y caracterización química de harina de pistacho obtenida como residuo de la industria aceitera*. Trabajo presentado en el VI Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CICYTAC 2016). Córdoba. Argentina.

Salinas, M. V., Carbas, B., Brites, C., Puppo, M. C. (2015). *Influence of different carob fruit flours (Ceratonia siliqua L.) on wheat dough performance and bread quality*. Food and Bioprocess Technology, 8(7), 1561-1570.

Steffe J.F. (1996). *Rheological methods in food process engineering*. 2ª ed.. East Lansing: Freeman Press.

Yadav N., Roopa B.S., Bhattacharya S. (2006). *Viscoelasticity of simulated polymer and comparison with chickpea flour doughs*. Journal of Food Process Engineering, 29: 234-252.