

# EFECTO DE LA ENZIMA XILANASA SOBRE LA CALIDAD DEL PAN ENRIQUECIDO CON SALVADO TOSTADO DE TRIGO

EFFECT OF XYLANASE ENZYME ON BREAD QUALITY ENRICHED WITH WHEAT ROASTED BRAN

Oscar Moreno-Araiza<sup>1</sup>, Elisa Magaña-Barajas<sup>2\*</sup>, Adriana Morales-Ortega<sup>2</sup>, Nydia Estrellita Buitimea-Cantúa<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Estatal de Sonora. Ley Federal del Trabajo Final, Col. Apolo, C.P. 83100, Hermosillo, Sonora, México.

<sup>2</sup> Tecnológico de Monterrey, Centro de Biotecnología FEMSA, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Ave. Eugenio Garza Sada 2501, Monterrey, N.L., México, 64849, México.

## RESUMEN

El objetivo de éste estudio fue evaluar el efecto de la enzima xilanasa y la adición de salvado tostado de trigo en el contenido calórico y calidad panadera del pan tipo media noche. Se utilizaron siete formulaciones con salvado de trigo tostado (0, 10 y 15%) y enzima xilanasa (0, 0.02, 0.04%). Se determinó el valor proximal, contenido calórico y calidad panadera de cada tratamiento. La adición de la enzima xilanasa afectó significativamente ( $p < 0.05$ ) el parámetro de textura y volumen específico del pan. El pan elaborado con la formulación: 10% salvado tostado de trigo mostró un incremento aproximado de 2.5 veces los valores de textura comparados con el pan control. El pan de formulación 10% salvado tostado y 0.02% enzima xilanasa presentó los valores más cercanos de suavidad de la miga del pan (firmeza= 711.6 g-f, gomosidad= 556.54 g cm/s y pegajosidad=536.0 g-f) y volumen específico (6.19 cm<sup>3</sup>/g) comparados con el pan control. Además, la presencia de la enzima xilanasa y salvado tostado de trigo en el pan no afectó significativamente ( $p > 0.05$ ) el contenido calórico.

**Palabras clave:** calidad, pan, salvado tostado de trigo, xilanasa

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of the xylanase enzyme and wheat roasted bran addition on the caloric content and quality of "media noche" bread. Seven formulations were used with wheat toasted bran (0, 10 and 15 %) and xylanase enzyme (0, 0.02 and 0.04%). We evaluated the proximal value, caloric content and bread quality of each treatment. The addition of xylanase significantly affected ( $p < 0.05$ ) the texture parameter and specific volume. The bread elaborated with the formulation: 10% roasted bran showed an increase of 2.5 in the texture values compared with the control. The bread of formulation: 10% roasted bran and 0.02 xylanase enzyme render the most similar soft breadcrumb (firmness= 711.6 g-f, gumminess= 556.54 g cm/s and stickiness=536.0 g-f) and specific volume (6.19 cm<sup>3</sup>/g) compared with the control bread. In addition, the presence of xylanase enzyme and wheat roasted bran in the bread did not affect ( $p > 0.05$ ) its caloric content.

**Keywords:** bread, quality, wheat roasted bran, xylanase

## INTRODUCCIÓN

El pan de trigo es un alimento básico, horneado y consumido en muchos países del mundo. El incremento de las variedades de pan deriva de las propiedades únicas de las proteínas del trigo que forman al gluten y del ingenio de los panaderos que manipulan las estructuras para formar la masa (Brütsch *et al.*, 2017). El "Pan" describe una gran variedad de productos con características organolépticas. Es elaborado desde la antigüedad, formando parte importante del desarrollo de la humanidad por ser una de las principales fuentes alimenticias saludables (Cauvain, 2012).

En México el 68% de la harina obtenida por la industria molinera se destina a la elaboración del pan. Asimismo, el pan forma parte esencial de la alimentación de los habitantes, registrando actividad industrial y comercial en establecimientos dedicados a la elaboración de productos panaderos fue de 59 mil 659 unidades (Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo, CANIMOLT, 2016). La composición estándar del pan blanco en 100g de 30g de agua, 9g de proteínas, 20g de lípidos y 58.5g de glúcidos formando 279 calorías (Quaglia, 1991).

También se ha cobrado cierto interés en la investigación del uso de harinas integrales en la industria panificadora en relación con su calidad panadera, valor nutricional y efecto en la salud. En México como en otros países el concepto de pan integral hace referencia al pan elaborado con harinas blancas adicionadas con salvado (harina integral), siendo una de las principales fuentes de fibra dietaria total (FDT), sin embargo se considera harina integral a aquella elaborada con la totalidad del grano de trigo (Gajula *et al.*, 2008). Los principales componentes del grano de trigo son el salvado, el germen y el endospermo, en cada uno de esos componentes se encuentran distintos tipos de fibra (Bernstein *et al.*, 2013). La Fibra dietaria soluble (FDS) incrementa los niveles de viscosidad favoreciendo al metabolismo de los hidratos de carbono, compuestos lipídicos y su potencial anticarcinogénico (Escudero y González, 2006). La incorporación de fibra en los alimentos en conjunto con una dieta adecuada está relacionada con beneficios para la salud, reduciendo el riesgo de enfermedades crónicas como la obesidad, diabetes reducen el índice glucémico, hipertensión, algunos tipos de cáncer, entre otras (Jenkins *et al.*, 1997; Jaekel *et al.*, 2012). Los prin-

\*Autor para correspondencia: Elisa Magaña-Barajas  
Correo electrónico: ely\_magbarajas@hotmail.com

Recibido: 29 de diciembre de 2017

Aceptado: 28 de marzo de 2018

cipales componentes del salvado son: 11.84% fibra cruda o fibra dietaria total (FDT, compuesta por fibra dietaria insoluble (FDI) y fibra dietaria soluble (FDS)), 20.5% Arabinosilanos (AX) y 21.4% celulosa (Pomeranz, 1988; Swennen *et al.*, 2006; Van Craeyveld *et al.*, 2010).

Entre los distintos tipos de fibras que se encuentran en las harinas integrales están las hemicelulosas. Los AX son un grupo de fibras de polisacáridos neutros no amiláceos que están constituidos por una cadena lineal de xilosas la cual tiene cadenas laterales de arabinosas. En particular las xilosas juegan un rol importante en la calidad panadera debido a su capacidad de absorción de agua e interacción con el gluten. En el salvado de trigo los AX representan casi el 70% de polisacáridos no amiláceos, mientras que en el endospermo el 90%. Estos se clasifican se en función de su solubilidad en: extraíbles en agua (WEAX, water extractable arabinosylan) y no extraíbles en agua (WUAX, water unextractable arabinosylan). En los cereales los WEAX se encuentran principalmente en el endospermo, y los WUAX se ubican tanto en la capa aleurona como en el pericarpio; estos últimos son de un peso molecular más alto ya que poseen mayor diversidad en las cadenas laterales, además de arabinosa contienen ácido glucurónico, galactosa y grupos acetilo (Morales-Ortega *et al.*, 2013). Algunos autores probaron que los WEAX tienen un impacto positivo en el volumen del pan y los WUAX por el contrario un efecto negativo. El efecto negativo de los WUAX lo han relacionado con la interferencia en la formación de la red de gluten (Courtin *et al.*, 2001; Yegin *et al.*, 2018). Los AX en conjunto con la pectina, goma, mucilagos,  $\beta$ -glucanos y hemicelulosa soluble constituyen a la FDS (Dreher, 1999; Meister, 1996 en Sun-Waterhouse *et al.*, 2011). El pan adicionado con salvado de trigo presenta inconvenientes como cambio de viscosidad de la masa afectando las propiedades organolépticas y baja aceptación del producto (Wang *et al.*, 2002; Seguchi *et al.*, 2006). Gómez *et al.* (2003) observaron una disminución en la extensibilidad de la masa integral; al mismo tiempo que incrementó la absorción de agua, índice de mezclado y vida de anaquel. Estos autores establecieron que un 2% de fibra (excepto de café y cacao) no altera la palatabilidad del pan.

El uso de enzimas se ha ido incrementando en la industria de panificación debido a la demanda de productos naturales. Entre las enzimas más utilizadas se encuentran las proteasas, xilanasas y celulasas (Butt *et al.*, 2008). La enzima xilanasas hidroliza específicamente algunas fracciones de WUAX por lo tanto son de mayor interés en la elaboración de pan. Los azúcares simples que se obtienen de la acción enzimática son xilooligosacáridos y son considerados prebióticos lo que le confieren mayor funcionalidad al pan. Debido a que esos oligómeros no son hidrolizados y adsorbidos en el tracto gastrointestinal estimulan selectivamente el crecimiento de bacterias benéficas en el colon (Yegin *et al.*, 2018).

Debido a lo anterior en el presente trabajo utilizo la enzima xilanasas para reducir la problemática de las harinas integrales, la cual mejora tanto las características de la masa como la calidad del pan obtenido (Baillet *et al.*, 2003; Guy y

Sarabjit, y 2003 en Butt *et al.*, 2008). Además, desde el punto de vista nutricional se ha observado una mayor disposición de fibra al emplear la enzima xilanasas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materia prima

Se utilizó harina comercial marca Los Gallos y salvado de trigo tostado marca Maxilu para la elaboración del pan. Los ingredientes a utilizados fueron: sal (Mar de Cortés, Sales del Valle S.A. de C. V.), manteca vegetal (Inca, Alimentos Capullo, S. de R. L de C. V.), levadura instantánea (Nevada, Safmex S.A. de C.V./Fermex S.A. de C.V.), mejorador para pan blanco (Magimix 40, Safmex S.A. de C.V./Fermex S.A. de C.V.), azúcar estándar, enzima xilanasas de *Bacillus subtilis*, con una actividad de 163,000 U/g.

### Formulaciones

Para obtener la formulación del pan con salvado tostado y enzima xilanasas (PSX) se usó como fórmulas control la fórmula para pan blanco (PB) y pan con salvado tostado (PS10: 10% salvado tostado y PS15: 15% salvado tostado) establecidas por Murrieta-Puebla *et al.* (2018). A las formulaciones PS10 y PS15 se les adicionó dos niveles de enzima xilanasas 0.02% y 0.04%, resultando cuatro tratamientos más (PSX102, PSX104, PSX152 y PSX154) (Tabla 1). La formulación PSX estándar se seleccionó con base a la calidad del pan y contenido calórico. La calidad del pan se evaluó mediante la prueba de análisis de perfil de textura de la miga del pan usando análisis de perfil de textura (TPA) y considerando el volumen específico del mismo. La textura del pan se evaluó 2 horas después del horneado. Se tomó una muestra de miga cortando cubos de 10 milímetros. Se evaluó la firmeza en un analizador de textura (Stable Micro System TA. TXplus Texture analyzer) con 40% de compresión doble, una velocidad de 1 mm/s previa a la prueba, una velocidad de prueba de 3 mm/s y una velocidad posterior a la prueba de 5 mm/s, un cilindro de prueba de plexiglass de 25 milímetros. El tiempo de prueba fue de 5s. Se realizó la prueba por triplicado. En el método compresivo de pan, los parámetros obtenidos fueron firmeza (g-f), gomosidad (g cm/s) y pegajosidad (g-f). Se evaluó el volumen del pan utilizando el principio de desplazamiento de semilla de nabo y un medidor de volumen (marca National MFG Company, modelo PUP). Posteriormente, se obtuvo el peso del pan con una balanza (marca OHAUS, 2610g de capacidad, Polonia) y, se calculó su volumen específico (VES, cm<sup>3</sup>/g).

### Elaboración del pan

Para elaborar el pan tipo media noche se empleó el método de Magaña-Barajas *et al.* (2011) modificado por Murrieta-Puebla *et al.* (2018), la única diferencia en éste trabajo fue la adición de la enzima xilanasas durante la etapa de mezclado. La forma de pan fue la correspondiente al pan tipo media noche y se elaboró de manera manual. Por último, los panes se colocaron en bolsas de polietileno para evitar pérdida de humedad y se dejaron enfriar durante dos horas a

**Tabla 1.** Formulaciones empleadas para elaboración de pan.**Table 1.** Formulation used to make bread.

FORMULACIÓN	SALV <sup>9*</sup> (%)	LEV <sup>10*</sup> (%)	SAL* (%)	GRA <sup>11*</sup> (%)	MEJ <sup>12*</sup> (%)	LEC <sup>13*</sup> (%)	XIL <sup>14*</sup> (%)	AZU <sup>15*</sup> (%)
PB <sup>1</sup>	0	3.5	0.5	3	2	11	0	7.5
PS10 <sup>2</sup>	10	3.5	0.5	3	2	11	0	7.5
PS15 <sup>3</sup>	15	3.5	0.5	3	2	11	0	7.5
PSX102 <sup>4</sup>	10	3.5	0.5	3	2	11	0.02	7.5
PSX104 <sup>5</sup>	10	3.5	0.5	3	2	11	0.04	7.5
PSX152 <sup>6</sup>	15	3.5	0.5	3	2	11	0.02	7.5
PSX154 <sup>7</sup>	15	3.5	0.5	3	2	11	0.04	7.5

PB: pan blanco, <sup>2</sup>PS10: pan con 10% de salvado, <sup>3</sup>PS15: pan con 10% de salvado tomados de Murrieta-Puebla *et al.*, 2018), <sup>4</sup>PSX102: pan con 10% de salvado y 0.02% enzima xilanasa, <sup>5</sup>PSX104: pan con 10% de salvado y 0.04% enzima xilanasa, <sup>6</sup>PSX152: pan con 15% de salvado y 0.02% enzima xilanasa, <sup>7</sup>PSX154: pan con 15% de salvado y 0.04% enzima xilanasa, <sup>9</sup>SALV: Salvado, <sup>10</sup>LEV: levadura, <sup>11</sup>GRA: grasa, <sup>12</sup>MEJ: mejorador, <sup>13</sup>LEC: leche, <sup>14</sup>XIL: enzima xilanasa, <sup>15</sup>AZU: azúcar, \*Porcentaje basado en la harina.

temperatura ambiente (25°C). Todos los tratamientos siguieron el mismo procedimiento y se realizaron por triplicado.

### Calidad del pan

De cada formulación se elaboraron pan y se evaluó su calidad por triplicado mediante las pruebas de volumen específico y textura de la miga, previamente especificadas.

### Pruebas nutricionales y fisicoquímicas

#### Análisis proximal

El análisis químico proximal se realizó de acuerdo a las técnicas de la Asociación Americana de Químicos en Cereales (A.A.C.C, 2000): contenido proteico (método 46-13), contenido proteico (método 46-13), utilizando un microkjeladhl; contenido de ceniza (método 08-03); y contenido de humedad (método 44-40).

#### Calorimetría

El contenido calórico de cada una de las muestras fue determinado mediante el uso de un calorímetro de marca Parr (Oxygen bomb calorimeter and digital thermometer) del modelo 6775. Las muestras fueron previamente deshidratadas, pulverizadas y homogenizadas. La metodología empleada fue la descrita en el manual del equipo. Cada determinación se realizó por triplicado.

#### Análisis estadístico

El diseño de experimentos para los panes fue un diseño factorial con dos factores: contenido de salvado (0, 10 y 15%) y contenido de enzima (0, 0.02 y 0.04%) resultando siete formulaciones tres tipos de panes. Se desarrolló un análisis de varianza (ANDEVA), comparación de medias de Tukey (nivel de significancia del 95%). Los datos fueron reportados como medias y desviaciones estándar. Los análisis fueron desarrollados usando el paquete estadístico Statistical Analytical System Software 2002 (SAS Institute, Inc. Cary, NC, EEUU).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Pruebas nutricionales y fisicoquímicas Proximal

La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos del análisis proximal y contenido calórico realizado a las diferentes formulaciones de pan. El contenido de cenizas fue el único factor que presentó diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) con las formulaciones empleadas. El contenido de cenizas aumento con la adición de salvado como se esperaba. El pan de formulación PSX152 presentó el mayor valor de cenizas (4.08%). Varias investigaciones coinciden con nuestros resultados. La adición de salvado o fibra se relaciona con un incremento en el contenido de cenizas, Jaekel *et al.* (2012) observaron un aumento en el contenido de cenizas al incrementar la concentración de salvado presente en las formulaciones para elaborar pan. Otros autores como Vidal (2013) reportaron un comportamiento similar. En ése estudio se sustituyó parcialmente el contenido de harina por polvo

**Tabla 2.** Análisis proximal de las formulaciones empleadas.**Table 2.** Proximal analysis of formulations used.

MUESTRA	HUM <sup>8</sup>	PRO <sup>9</sup>	CEN <sup>10</sup>	KCAL <sup>10</sup>
PB <sup>1</sup>	36.69±1.2	7.54±2.7	2.20±0.02	166.77±0.30
PS10 <sup>2</sup>	35.01±0.4	9.11±3.0	2.23±0.03	168.79±9.12
PS15 <sup>3</sup>	36.71±0.9	8.59±2.9	3.37±0.09	170.01±0.11
PSX102 <sup>4</sup>	34.38±0.3	8.38±2.5	4.04±1.01	168.64±7.35
PSX104 <sup>5</sup>	33.88±0.7	9.98±3.1	3.53±0.16	176.10±14.4
PSX152 <sup>6</sup>	35.45±1.4	9.18±3.0	4.08±1.08	190.44±4.54
PSX154 <sup>7</sup>	33.88±1.8	8.87±2.9	3.18±0.45	173.01±8.49

<sup>1</sup>PB: pan blanco, <sup>2</sup>PS10: pan con 10% de salvado, <sup>3</sup>PS15: pan con 10% de salvado tomados de Murrieta-Puebla *et al.*, 2017), <sup>4</sup>PSX102: pan con 10% de salvado y 0.02% enzima xilanasa, <sup>5</sup>PSX104: pan con 10% de salvado y 0.04% enzima xilanasa, <sup>6</sup>PSX152: pan con 15% de salvado y 0.02% enzima xilanasa, <sup>7</sup>PSX154: pan con 15% de salvado y 0.04% enzima xilanasa, <sup>8</sup>HUM: humedad, <sup>9</sup>PRO: proteína, <sup>10</sup>CEN: ceniza, <sup>11</sup>KCAL: kilo calorías.

de vegetal (zanahoria) en un 3, 5 y 7%, resultando el valor más alto de ceniza en éste último. En panes elaborados con una mezcla de harinas de trigo con una sustitución parcial del 17% de harina de cañihua y 23% de quinoa se también se observó un mayor contenido de cenizas en comparación con el pan con harina de trigo sin la sustitución (Daisy, 2015). El contenido de humedad, proteína y contenido calórico no presentaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). El contenido de humedad, proteína y contenido calórico fueron mayores en la muestras de PS (36.71%), PSX104 (9.98%) y PS152 (190.44 kcal) respectivamente.

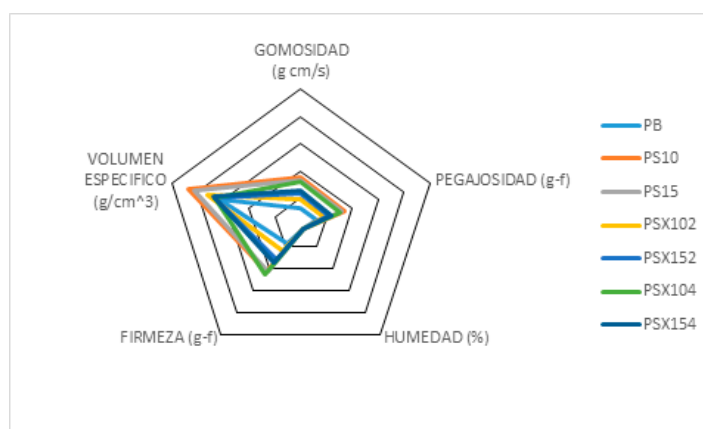
### Calidad del pan

La Figura 1 muestra los resultados de volumen ( $\text{cm}^3/\text{g}$ ), humedad (%), pegajosidad (g-f), gomosisidad (g cm/s), firmeza (g-f), de los panes elaborados con cada formulación. La humedad difirió mínimamente entre tratamientos, no siendo significativo coincidiendo con Jaekel *et al.* (2012). La formulación afectó significativamente ( $p < 0.05$ ) a todos los parámetros de textura. En general, todos los parámetros de textura: firmeza, gomosisidad y pegajosidad mejoraron al adicionar la enzima xilanasa. Jaekel *et al.* (2012) probaron el efecto de la adición de la enzima xilanasa en diferentes concentraciones (0, 4, 8 y 12 g  $\cdot 100 \text{ kg}^{-1}$ ) en el pan elaborado con harina con y sin salvado. En general la firmeza disminuyó al adicionar la enzima, los valores difieren con los obtenidos por diferencias en formulación y procedimiento. El pan integral con mejores características de calidad que obtuvieron fue el elaborado con 8 g enzima/100 kg de harina.

### Volumen específico

Entre los parámetros que determinan la calidad del pan se encuentra el volumen específico, que depende de la capacidad de gluten para retener el gas producido durante

la fermentación lo cual se encuentra determinado por el adecuado desarrollo de la red de gluten durante el amasado (Correa, 2012). Los resultados obtenidos mostraron cambios significativos ( $p > 0.05$ ) en éste parámetro con la adición de la enzima xilanasa. Se esperaba un mayor volumen del pan al emplear una mayor concentración de la enzima, en éste caso 0.04%, pero se obtuvo un efecto contrario. Jaekel *et al.* (2012) encontraron el mismo efecto, donde el mejor volumen fue la concentración intermedia que emplearon en panes integrales 8 g de enzima / 100kg de harina. Los resultados observados en éste trabajo no coinciden Obando (2013). En la investigación se emplearon concentraciones similares de enzima xilanasa a las usadas en ésta investigación (0.02 y 0.04 %) en pan blanco (100% harina), pan semi-integral (50% harina integral-50% harina de trigo) y harina de trigo integral (100%). No se mostraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el volumen de panes elaborados. Esto se puede deber al tipo de harina, ingredientes, proporciones, procedimiento y enzima utilizada. Por otro lado, en panes de harina de trigo se ha reportado un volumen específico de pan mayor que en panes elaborados con harina de arroz (Merino, 2013; Correa, 2012). Yegin *et al.*, 2018 reportaron un aumento de volumen en pan blanco empleando diferentes concentraciones y fuentes de enzima xilanasa. La enzima reduce el tamaño de las xilosas afectando la capacidad de adsorción de agua, facilitando el desarrollo del gluten. Esto coincide con nuestro trabajo, donde se mejoró el VES del pan adicionado con salvado al emplear la formulación PSX102 (VES=6.19  $\text{cm}^3/\text{g}$ ) acercándolo al valor el PB (VES=8.03  $\text{cm}^3/\text{g}$ ). Estos autores también observaron que concentraciones elevadas de enzima muestran un efecto contrario. Esto se lo atribuyen a una hidrólisis excesiva de los AX que debilita la red de gluten y produce masas húmedas y pegajosas. Dörin (2015) coincide y explica que la enzima xilanasa modifica la concentración de



<sup>1</sup>PB: pan blanco, <sup>2</sup>PS10: pan con 10% de salvado, <sup>3</sup>PS15: pan con 10% de salvado tomados de Murrieta-Puebla *et al.*, (2017), <sup>4</sup>PSX102: pan con 10% de salvado y 0.02% enzima xilanasa, <sup>5</sup>PSX104: pan con 10% de salvado y 0.04% enzima xilanasa, <sup>6</sup>PSX152: pan con 15% de salvado y 0.02% enzima xilanasa, <sup>7</sup>PSX154: pan con 15% de salvado y 0.04% enzima xilanasa

**Figura 1.** Resultados de la calidad del pan y textura.  
**Figure 1.** Results of bread quality and texture.



los AX y mejora la distribución de la red de gluten y cantidad de CO<sub>2</sub> durante la fermentación.

### Textura

**Gomosidad.** La gomosidad es el producto entre la fuerza y la cohesividad (Sánchez, 2015). Todos los tratamientos de panes con salvado de trigo presentaron un aumento significativo ( $p < 0.05$ ) en la gomosidad comparada con el PB (129.3 g cm/s), la muestra de PS102 (229 g cm/s) fue la que presentó el valor más próximo. Feili *et al.* (2013) elaboraron mezclas de harina de trigo adicionado con salvado de yaca a las formulaciones para pan en tres niveles (5, 10 y 15%) encontrando que a mayor contenido de salvado se obtuvieron mayores valores de gomosidad del pan. Sin embargo, en panes elaborados con una mezcla de harina de trigo y micela de champiñón (5%) se observó una disminución del valor de la gomosidad comparado con el pan control. Este comportamiento puede deberse a que predomina la fibra insoluble (Ulzizjargal *et al.*, 2013). Se conoce que la enzima xilanasa actúa sobre los AX, especialmente hidroliza a los WUAX. También, esta reportado que los WUAX están presentes en el salvado de trigo y dificultan la formación de gluten (Courtin *et al.*, 2001; Yegin *et al.*, 2018). Se presume que a una concentración de 0.02% de enzima el contenido de WUAX se ve reducido.

**Firmeza.** La firmeza de la miga es el atributo de la textura que ha atraído más atención en la estimación de la calidad de la misma debido por la estrecha asociación que tiene con la percepción sensorial de frescura. La firmeza es la capacidad de fuerza, elasticidad y unión que tiene un alimento (Hernández *et al.*, 2011). Se encontró una relación directa entre la firmeza y el contenido de salvado tostado de trigo. En éste caso, al adicionar salvado tostado a la formulación, probablemente la formación de gluten se vio dificultada. Esto afecta el tamaño y cantidad de celdas de gas presentes, registrando un aumento de la firmeza del pan. Resultados similares se han observado en panes elaborados con harinas de trigo adicionadas con salvado (0, 15 y 30%) procedente de la planta *Eragrostis* (Minguez, 2012). Recientemente, Inestroza (2015) sustituyeron a la harina blanca de trigo por harina integral en relaciones 25:75%, 50:50% y dos niveles de azúcar 100 y 75%, observaron un comportamiento similar en firmeza de los panes. La firmeza del pan se asocia con el grado de estructuración de la red de gluten y su asociación con el resto de los nutrientes e ingredientes presentes. El PB tuvo un valor de firmeza de 166.0 g-f y el pan de formulación de PSX102 (237.2 g-f) fue el más próximo a éste. Por el contrario, el pan de PS10 presentó un valor de firmeza de más del doble comparado con el control. Esto pudiera explicar una posible reducción en la fracción de WUAX, favoreciendo en una menor firmeza del pan adicionado con salvado y enzima xilanasa.

**Pegajosidad.** Es la capacidad que tiene la harina de adherirse al momento de entrar en contacto con ella y que depende en su mayor parte de la cantidad de agua (Mempan, 2002). El parámetro de pegajosidad presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en todos los tratamientos. Los valores de pegajosidad de todos los tratamientos fueron mayores

comparados con el del PB. El pan elaborado con PSX102 fue el más cercano a la pegajosidad del PB (215.2 g-f y 124.7 g-f, respectivamente). Esta propiedad se incrementa cuando la cantidad de componentes solubles presentes en la harina se aumenta. Se piensa que la adición de enzima xilanasa tiene un efecto positivo en las fracciones solubles por lo que esta propiedad aumenta en el pan. Como se observa en un estudio en el que se reemplazó harina parcial de trigo por zanahoria blanca teniendo tratamientos de 10%-40% en la elaboración del pan. El resultado fue una apariencia pegajosa y fueron de difícil manejo (Cobo, 2013). En otro estudio también se muestra que al agregar linaza en diferentes niveles a la harina del pan con salvado de trigo se aumentó la pegajosidad del pan coincidiendo con este estudio (Pandurang *et al.*, 2014). Los niveles de salvado y enzima empleados son importantes en los parámetros de calidad de pan. Para tener una idea más clara de la acción de la enzima sobre los mismos es necesario realizar determinaciones más detalladas tales como: FDT, FDS, FDI, determinación de WUAX y WEAX. En una publicación subsiguiente se pretende realizarlas y complementarlas con otras determinaciones.

### CONCLUSIONES

Se logró establecer una formulación para el pan con salvado tostado de trigo y enzima xilanasa que aproximó su calidad a la del pan blanco. Los parámetros de calidad del pan fueron afectados por el contenido de salvado tostado todos los tratamientos con y sin enzima. En general, la adición de enzima xilanasa mejoró en aproximadamente un 20% los parámetros de textura y volumen específico. El tratamiento con los mejores resultados de textura fue la formulación PSX102, sin afectar su contenido calórico. La estrategia de adicionar salvado de trigo a una alta concentración (10%) y enzima xilanasa a una baja concentración (0.02%) fue esencial para elaborar panes con miga y mejores propiedades texturales. La adición de enzima xilanasa en pan con salvado de trigo tostado en éste caso fue positiva.

### AGRADECIMIENTOS

Al proyecto interno de la UES con número de registro UES-PII-14-UAH-LNH-02. Al personal de la UNISON de: Laboratorio de Reología y Panificación, al Laboratorio Central de Análisis de Alimentos, especialmente a la M.C. Dalila Fernanda Canizalez Rodríguez y al Laboratorio de Análisis Generales, particularmente a Dra. María del Refugio Falcón Villa por facilitar los espacios, equipos y capacitación en las determinaciones.

### REFERENCIAS

- A.A.C.C. Asociación Americana de Químicos en Cereales. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th edition, St. Paul, Minnesota, Am. Assoc. Cereal Chemists.
- Baillet, E., Downey, G. y Tuohy, M. 2003. Improvement of texture and volume in white wheat bread rolls by incorporation of microbial hemicellulase preparations. Part VI. In Recent

- Advances in Enzymes in Grain Processing (C.M.Courtin, W.S.Veraverbeke and J.A.Delcours, eds.) pp. 247–255, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgium.
- Brütsch L., Huggler I., Kuster S., Windhab E.J. 2017. Industrial Roller Milling Process Characterisation for targeted bread quality optimization. *Food Bioprocess* 10:710-719.
- Butt M.S., Tahir-Nadeem M., Ahmad Z. 2008. Xylanases and their applications in baking industry. *Food Technol. And Biotechnol.* In baking industry. 64(1): 22-31.
- CANIMOLT. Reporte Estadístico. (Consultado el 22 de diciembre del 2017) 2016 disponible en <https://drive.google.com/file/d/0Bws40FQdCiaSTGxUQmgtr2JjbEU/view>
- Cauvain S.P. 2012. Bread Making: Improving quality. 2a ed. Woodhead in publishing food science, technology and nutrition. Cornwall UK.
- Cobo G., Quiroz M., Santacruz S. 2013. Sustitución parcial de trigo (*Triticum aestivum*) por zanahoria blanca (*Arracacia Xanthorrhiza* B.) en la elaboración de pan. *Avances En Ciencias e Ingenierías* 5: 41-44.
- Correa María J. 2012. Efecto de celulosas modificadas y pectinas sobre la microestructura y atributos de la calidad de la masa panaria. Tesis licenciatura. Universidad Nacional de la Plata Facultad de Ciencias Exactas Departamento de Ciencias Biológicas.
- Daysi B. Et. Al. 2015. Sustitución parcial de la harina de trigo por las harinas de wuinua, cañihua y chíca en la elaboración del pan chuta. Vol. 4 Num. 1. Revista de investigación universitaria. Editorial Alfredo Matos Chamorro.
- Escudero Alvarez E. y Gonzalez Sanchez P. 2006. La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria* 21 (Supl. 2) 61-72.
- Feili R., Abdullah WNW y Yang TA. 2103. Physical and sensory analysis of high fiber bread incorporated with jackfruit rind flour. *Food Sci. and Technol.* 1(2): 30-36.
- Gajula H., Alvi S., Adhikari K. y Herald T. 2008. Precooked Bran-Enriched Wheat Flour Using Extrusion: Dietary Fiber Profile and Sensory Characteristics. *Journal of food science.* 73: 1750-3841.
- Hernández Ordoñez M., Duran Osorio D. 2012. Características reológicas del pan de agua producto autóctono de Pamplona (Norte de Santander) Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas, 10(2) 61-74 Universidad de Pamplona Pamplona, Colombia.
- Inestroza, A. y Anny, K. 2015. Evaluación de la sustitución parcial de harina blanca de trigo (*Triticum aestivum*) por harina integral y la disminución del contenido de azúcar en las características sensoriales y fisicoquímicas de semitas hondureñas. *Ing. Agro industria Alimentaria Universidad Zamorano Honduras.*
- Jaekel, L.Z. Silva, C.B.D. Steel C.J. y Chang Y.K. 2012. Influence of xylanase addition on the characteristics of loaf bread prepared with white flour or whole grain wheat flour. *Food Science and Technology*, 32(4), 844-849.
- Jenkins D.J.A., Leeds A.R., Grasull A.M., Cochet B. y Albert K.G.M. 1997. Decrease in post prandial insulin and glucose concentration by guar and pectin. *Annals of Internal Medicine.* 86:20-23.
- Magaña-Barajas E., Ramírez-Wong B., Torres P.I., Sánchez-Machado D.I. y López- Cervantes J. 2011. Efecto del contenido de proteína, grasa y levadura en las propiedades viscoelásticas de la masa y la calidad del pan tipo francés. *Interiencia.* 36:248-255.
- Mempan. 2002. "Panificación" *Bromatología y tecnología*, <http://www.uco.es/dptos/bromatologia/tecnologia/bib-virtual/bajada/mempan.pdf> revisado el día 19 de febrero del 2017.
- Merino C.S. 2013. Mejora de la calidad de panes sin gluten a través de la mezcla de almidones y harinas. Universidad de Valladolid. Palencia, España.
- Minguez J. 2012 Caracterización de la harina de teff para su uso en panificación Master en Calidad, Desarrollo e Innovación de los Alimentos Universidad de Valladolid Campus de Palencia, España.
- Murrieta-Puebla D., Magaña-Barajas E., Buitimea-Cantúa N.E., Morales-Ortega A. y Ramírez-Wong B. 2018. Efecto del salvado de trigo en la calidad panadera y contenido calórico del pan media noche.
- Obando Garzon Catalina 2013. Evaluación de nuevas xilanasas fúngicas para el desarrollo de alimentos funcionales derivados de cereales. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Pandurang Marpalle, Sachin K. Sonawane, Shalini Subhash Arya. 2014. Effect of flaxseed flour addition on physicochemical and sensory properties of functional bread. *Food Science and Technology.* 58(2): 614-619.
- Pomeranz, Y. 1988. *Wheat Chemistry and Technology* American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA.
- Quaglia G. 1991. *Ciencia y tecnología de la panificación.* 2ª ed Chiriotti Editori. Roma, Italia.
- Sánchez José R. J. 2015 Sustitutos del trigo en la elaboración del pan Master En Ciencias y Tecnología De Los Alimentos Universidad politécnica de Valencia España.
- Seguchi M., Tabara A., Fukawa I., Ono H., Kumashiro C., Yoshino Y. Kusunose C. y Yamane C. 2007. Effects of size of cellulose granules on dough rheology, microscopy, and breadmaking properties. *J. of Food Sci.* 72(2): E79-E84.
- Sun-Waterhouse D., Sivam A.S. y Waterhouse G. L.N. 2011. Bread Consumption and health. Chapter. *Functional breads enhanced with fruit-derived polyphenol antioxidants and dietary fibers.* Nova Science Publishers, Inc.
- Swennen K., Courtin C.M. y Delcours J.A. 2006. Non-digestible oligosaccharides with prebiotic properties. *Critical Reviews in Food Sci. and Nutrition.* 46(6): 459-471.
- Ulzizjargal E., Yang J. H., Lin L.Y., Chen C. P., Mau J.L. 2013 Quality of bread supplemented with mushroom mycelia. *Journal of Food Chemistry* 138: 70-76.
- Van Craeyveld V., Dornez E., Holopainen U., Selinheimo E., Putanen K., Delcours J. A. y Courtin C. 2010. Wheat bran AX properties and choice of xylanase effect enzymatic production of wheat bran-derived arabinoxylan-oligosaccharides. *Cereal Chem.* 87(4): 283-291.
- Vidal Montero C. 2013. "Elaboración de un pan dulce a base de harina de trigo integral adicionado con harina de zanahoria (*Daucus carota* L) con características nutricionales y funcionales" Tesis de Licenciatura: Ingeniero en ciencia y tecnología de alimentos. Universidad Autónoma Agraria. Antonio Narro. División de Ciencia Animal. Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Buenavista Saltillo, Coahuila, México.
- Wang J., Rosell C. M. y Barber C. B. 2002. Effect of the addition of different fibers on wheat dough performance and bread quality. *Food Chem.* 79:221-226.
- Döring C., Nuber C., Stukenborg F., Jekle M. y Becker T. 2015. Impact of arabinoxylan addition on protein microstructure formation in wheat and rye dough. *Journal of Food Engineering.* 154, 10-16.