

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.524>

## **Caracterización tecnofuncional de harinas de trigo y X Triticosecale wittmack**

Technofunctional characterization of wheat flours and X Triticosecale  
wittmack

**Francisco Cadena Cadena**

Tecnológico Nacional de México/Campus Valle del Yaqui  
México

**Joe L. Arias Moscoso**

Tecnológico Nacional de México/Campus Valle del Yaqui  
México

**Alejandro García Ramírez**

Tecnológico Nacional de México/Campus Valle del Yaqui  
México

**Gilberto Rodríguez Pérez**

gilberto.rp@vyaqui.tecnm.mx  
Tecnológico Nacional de México/Campus Valle del Yaqui  
Ciudad Obregón – México

**Dulce A. Cuevas Acuña**

Universidad de Sonora/Campus Obregón  
México

Artículo recibido: 23 de marzo de 2023. Aceptado para publicación: 29 de marzo de 2023.  
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

### **Resumen**

La mayoría de la investigación en híbridos de trigo y Triticales (x Triticosecale Wittmack) se ha centrado en el mejoramiento del rendimiento tratando de obtener cultivos de doble propósito (forraje y grano). Por lo general, la calidad de las harinas de estos híbridos es evaluada midiendo el diámetro y el coeficiente de expansión de las galletas horneadas. Estos indicadores se relacionan con la calidad de almidón, con proteínas y polisacáridos no amiláceos en la harina que determinan su rendimiento de absorción de agua. Sin embargo, se deja de lado las propiedades tecnofuncionales que estos cereales puedan brindar. Se evaluaron las propiedades tecnofuncionales de variedades de trigo y X Triticosecale wittmack cultivadas en el Instituto tecnológico del Valle del Yaqui. En los análisis proximales de las dos variedades no se observaron diferencias significativas en contenido de cenizas, proteína, grasa y humedad, por lo que las diferencias en color, textura y gusto no deberían tener variaciones en la harina como punto de partida. Sin embargo, en las propiedades funcionales si hay diferencias marcadas, se observaron correlaciones positivas entre los valores de la capacidad de absorción de agua (CAA), capacidad hinchamiento (CH), capacidad de formar espuma y estabilidad de la formación de espuma (FC-FS), actividad emulsionante y estabilidad de la emulsión (EA-ES), además se observó la presencia de fenoles tanto solubles como insolubles, así como una capacidad antioxidante moderada. De

los resultados obtenidos, se puede concluir que la harina puede ser útil para la alimentación humana y puede ser adecuada para aplicaciones distintas a las aplicaciones alimentarias.

*Palabras claves:* formación de espuma, actividad emulsionante, X Triticosecale wittmack, capacidad antioxidante

## Abstract

Research on hybrid wheat and Triticales (x Triticosecale Wittmack) crops has mostly focused on yield improvement in an attempt to obtain dual purpose crops (forage and grain). In general, the quality of the flours of these hybrids is evaluated by measuring the diameter and coefficient of expansion of baked cookies. These indicators are associated with the quality of starch, protein and non-starch polysaccharides in the flour that determine its water absorption performance. However, the technofunctional properties that these cereals may provide are neglected. The technofunctional properties of wheat and X Triticosecale wittmack varieties grown at the Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui were evaluated. In the proximate analysis of the two varieties, no significant differences were observed in ash, protein, fat and moisture content, so differences in color, texture and taste should not have variations in the flour as a starting point. However, in the functional properties there are marked differences, positive correlations were observed between the values of water absorption capacity (AAC), swelling capacity (CH), foaming capacity and foaming stability (FC-FS), emulsifying activity and emulsion stability (EA-ES), as well as the presence of both soluble and insoluble phenols and a moderate antioxidant capacity. From the results obtained, it can be concluded that the flour can be useful for human food and can be suitable for different food applications.

*Keywords:* foaming, emulsifying activity, X Triticosecale wittmack, antioxidant capacity

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons . 

Como citar: Cadena Cadena, F., Arias Moscoso, J. L., García Ramírez, A., Rodríguez Pérez, G., & Cuevas Acuña, D. A. (2023). Caracterización tecnofuncional de harinas de trigo y X Triticosecale wittmack. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 4(1), 3756–3767. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.524>

## **INTRODUCCIÓN**

Los cereales se han considerado como el principal alimento de la humanidad, históricamente han constituido el eje de la agricultura debido a su aporte nutricional. Entre los cereales de mayor producción se encuentran el trigo, el maíz y el arroz, que proporcionan más del 80% de la producción total de alimentos,

el trigo se considera como el cultivo alimentario con la mayor superficie de siembra mundial y es el segundo cereal más producido después del maíz (FIRA, 2022). Sin embargo, el trigo debe cumplir con estándares de calidad para garantizar un buen producto final. Las propiedades consideradas están relacionadas con el contenido de proteínas, dureza e hidratación del gluten. Sin embargo, se olvidan otras propiedades sumamente importantes para la producción de pasta, galletas, pan, etc (León et al., 2007). El triticale (X Triticosecale Wittmack) por su parte, es un cultivo artificial autopolinizado hecho por el hombre, desarrollado cruzando trigo (*Triticum* spp.) y centeno (*Secale cereale*). (Ayalew et al., 2018). El objetivo de este nuevo cereal era combinar las características agromorfológicas del trigo, y la adaptabilidad a bajas temperaturas, sequía, ambiente ácido y alcalino del suelo del centeno (He et al., 2012); Mergoum et al. (2019). Frecuentemente se trata de incorporar el triticale en la alimentación humana mediante la producción de pan (Castaño et al., 2017). Sin embargo, la formulación de pan con triticale al 100% ha demostrado que no es posible hacer pan de calidad aceptable. No obstante, la producción de galletas, pasteles y cereales para el desayuno son prometedores (Kandrokov et al., 2019). Aunque hay mucha investigación sobre el trigo y el triticale para alimentos, no hay suficiente información sobre las características tecnológicas de la proteína de trigo y triticale. Las propiedades funcionales son propiedades fisicoquímicas fundamentales que reflejan la compleja interacción entre la composición, la estructura, la conformación molecular y las propiedades fisicoquímicas de los ingredientes alimentarios, así como sus propiedades ambientales asociadas (Chandra et al., 2015). La predicción del comportamiento funcional de las nuevas proteínas, grasas, fibras y carbohidratos en sistemas específicos requiere de una evaluación constante para demostrar si dicha proteína puede reemplazar la proteína convencional (Mattil, 1971). A pesar de que el triticale contiene deficiencia de lisina su contenido es mayor que el de los trigos comerciales (Guzmán-Ortiz et al., 2018; Mergoum et al., 2019). En décadas anteriores la investigación se centró en mejorar la capacidad de unión y la solubilidad de la proteína al agua (Ahmedna et al., 1999; Leonova et al., 2021). Estas investigaciones son fundamentales para el uso de la proteína de trigo y triticale en formulaciones de alimentos, porque existe una relación entre la proteína y la emulsificación, la espumabilidad, la capacidad de absorción de agua y la capacidad de hincamiento (Ahmedna et al., 1999; Anderson, 1969; Mattil, 1971). Estas propiedades únicas de la proteína de las líneas de trigo y triticale pueden ofrecer grandes posibilidades de uso en nuevas formulaciones de productos alimenticios.

## **MÉTODO**

### **Caracterización físico-química**

Las líneas de trigo y X-triticale utilizadas en este estudio se cultivaron en el Sur de Sonora, México. La creación de la harina fue realizada en un molino Oster modelo 465 y fue tamizada con un tamiz de 80 puntos por pulgada cuadrada. Las características físico-químicas de la harina de trigo y X-triticale fue determinada mediante la metodología reportada de la AOAC (1990), se determinó el contenido de humedad por secado a 110°C durante 24 horas, cenizas por combustión a 550°C por 4 horas, se utilizó el método de micro Kjeldahl para la determinación de nitrógeno total (N x 6,25), la grasa fue determinada mediante el método de Soxhlet, además se determinó, fibra cruda y pH (AOAC, 1990).

### **Capacidad de absorción de agua (CAA)**

El índice de absorción de agua es un indicativo del grado de modificación de los almidones por tratamientos termomecánicos (Sandoval et al., 2006). Para la determinación de la absorción de agua se utilizaron 2 g de muestra en 20 mL de agua destilada, se ajustó el pH a 7 y se agitó en un Vortex. Posteriormente se centrifugó a 3000g por 30 min, los resultados fueron expresados como gramos de agua retenida por gramo de muestra a temperatura ambiente (25°C) (Anderson, 1969).

### **Capacidad hinchamiento (CH)**

Para determinar la capacidad de hinchamiento de la harina se determinó pesando 100 mg y agregando 10 mL de agua destilada, se colocó en agitación suave para dispersar la muestra se dejó en reposo durante 16 horas para lograr su hidratación, midiendo el volumen final que ocupa la muestra. Los resultados se expresan en mL/g de muestra (García et al., 2012).

### **Capacidad de formar espuma y estabilidad de la formación de espuma (FC-FS)**

El poder espumante y la estabilidad de la espuma fueron llevados a cabo a 30°C. A continuación, se pesaron 2 g de harina y se añadieron 120 mL de agua destilada a 30°C en porciones de 40 mL. Cuando la muestra estuvo completamente hinchada, se agitó vigorosamente y se dejó reposar durante 5 minutos. Al final de este tiempo, se midió el volumen inicial de espuma y se dejó reposar durante 1 hora para posteriormente volver a medir el volumen de espuma final (García et al., 2012).

### **Actividad emulsionante y estabilidad de la emulsión (EA-ES)**

Para medir la actividad emulsionante y la estabilidad de la emulsión, se pesaron 5 g de harina en 100 mL de agua destilada. A la solución resultante se le añaden 100 mL de aceite de girasol, la emulsión se realiza en una licuadora Oster modelo 425 a una velocidad de 10.000 rpm durante 1 minuto. Posteriormente la mezcla fue distribuida en tubos de centrifuga de 50 mL y se centrifugó a 1300 g durante 5 minutos. La actividad emulsionante se calculó como:  $EA = (\text{volumen de la capa emulsionada} / \text{volumen inicial}) \times 100$ .

La estabilidad de la emulsión, se realizó siguiendo el mismo procedimiento anterior. Tras obtener una emulsión sin centrifugar, se calentó a 80°C durante 30 minutos. Luego se distribuyó uniformemente en tubos de centrifuga y se centrifugó a 1300 g durante 1 minuto. La estabilidad de la emulsión se calcula como:  $ES = (\text{volumen de la capa emulsionada} / \text{volumen inicial}) \times 100$  (Quettier-Deleu et al., 2000).

### **Capacidad antioxidante**

La capacidad para eliminar el radical DPPH (2,2-difenil-1-(2,4,6-trinitrofenil)hidrazin-1-il) se determinó mezclando 2 gramos de harina en 20 mL de metanol al 50%, se colocó en agitación constante a 25°C durante 1 hora. Se centrifugó a 2500 g durante 10 minutos y se separó el sobrenadante. Al residuo se le añadió 20 mL de acetona al 50% y se volvió a agitar durante 1 hora bajo las mismas condiciones. Al término de este tiempo se mezclaron los sobrenadantes y se ajustó el volumen a 50 mL con metanol. La lectura se realizó a 517 nm mezclando 3.9 mL de solución de DPPH 100 µM disuelto en metanol al 80% con 0.1 mL de muestra, se colocó en oscuridad por 30 minutos, y la lectura se realizó a 517 nm después del período de incubación los resultados se expresan como % de inhibición (Molyneux, 2004; Žilić et al., 2014).

### **Determinación de fenoles totales**

Se pesó 0.5 g de harina en tubos de 15 mL y se añadió 4 mL de ácido clorhídrico concentrado/metanol/H<sub>2</sub>O (1:60:40 v/v/v). Se colocaron en agitación constante a temperatura ambiente durante 2 horas, posteriormente se centrifugó a 3500 g durante 10 minutos, y se recogió el sobrenadante. De esta manera se extrajeron los polifenoles solubles. Después de recoger el sobrenadante se le añadieron 5 mL de una solución 10:1 v/v de metanol/ácido sulfúrico y se dejó reposar durante 24 horas a temperatura ambiente. Seguidamente se centrifugó siguiendo el procedimiento indicado anteriormente y se guardó el sobrenadante. De esta manera se extrajeron los polifenoles insolubles. Para realizar la medición de fenoles totales se añadieron 20 µl de los sobrenadantes a 1,58 mL de agua destilada y 100 µl de reactivo de Follin-Ciocalteu. Se mezclaron y se dejaron reposar 8 minutos. Posteriormente se añadieron 300 µL de una disolución saturada de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> y poniéndolos en un baño a 40 °C durante 30 minutos. La absorbancia fue medida a 765 nm. El contenido de polifenoles se midió en comparación con un estándar realizando una curva de calibración de ácido gálico (Hu y Xu, 2011; Žilić et al., 2012).

### **Análisis estadístico**

Los resultados obtenidos fueron evaluados mediante el paquete estadístico JMP Ver 17. Se utilizó estadística descriptiva como media y la desviación estándar tratando de mantener la aleatoriedad de las muestras. Los resultados constan de tres determinaciones. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías con nivel de confianza del 95%. Las medias pertinentes se compararon mediante la prueba Tukey.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Análisis proximal**

Los resultados del análisis proximal de las harinas de líneas de trigo y triticale permitieron identificar diferencias en sus aportes nutricionales básicos. No se observaron diferencias significativas en el contenido de grasa, humedad y fibra cruda. Sin embargo, hubo variación en proteínas y cenizas (Tabla 1). Esta diferencia no impacta en el color, textura y gusto por lo que no debería haber alteraciones en la harina como punto de partida (He et al., 2012; Mergoum et al., 2019). La concentración y la calidad de la proteína son características importantes en la alimentación, el contenido de proteína cruda de los granos de triticale es 18.10±2.01 mientras que la línea de trigo contiene 15.70±1.27. Según Woś y Brzeziński, (2015) el contenido de proteína que se reporta normalmente para trigos y triticales se encuentra entre el 9 20%. Sin embargo, el triticale tiene mayor valor biológico ya que su contenido de Lys suele ser mayor (Woś y Brzeziński, 2015). El contenido de proteínas suele incrementarse de acuerdo a la época de siembra, los triticales de invierno hexaploides tienen niveles de proteína entre el 9 % y 14 %, mientras que los tipos de primavera tienen un 25 % más, lo que impacta directamente en el contenido de proteína, por otro lado, el contenido de cenizas en la harina se relaciona con la eficiencia de la molienda y con el color de la misma, entre mayor sea el contenido de pericarpio durante la molienda, los valores de cenizas serán más altos y la harina presentará una coloración más oscura, en general tanto el trigo como el triticale obtuvieron una concentración de cenizas menor al 1% (Tabla 1). Lo anterior se relaciona con la refinación de la harina, entre más refinada se encuentre menor será el contenido de minerales (Juárez et al., 2014). En cuanto al contenido de ácidos grasos libres se encontró que tanto la línea de trigo como de triticale tenían un 4% de ácidos grasos, esto es similar a lo reportado para líneas de trigo tipo francés en donde se obtuvo un 2% de contenido de grasa, esta diferencia puede deberse al tipo de moliendo usada, ya que la mayoría de los ácidos grasos se concentran en la capa de aleurona. Esto es relevante en la panificación pues las grasas se utilizan para mejorar la calidad del horneado. La grasa ablanda la miga lo que conlleva un incremento en la vida útil del pan. Un incremento en la cantidad de ácidos grasos

tanto del trigo como del triticale mejora las características de las masas donde la grasa se distribuye entre capas delgadas suavizando la masa, añadiendo brillo, suavidad y buen sabor al pan (Barajas et al., 2011).

### Propiedades funcionales

Las propiedades funcionales están influenciadas por la interacción de los componentes de la harina con el agua (Dussán-Sarria et al., 2019). La CAA y la CH predicen la calidad de harinas panaderas en tanto macromoléculas como carbohidratos, proteínas y almidón dañado aumentan la retención de agua al proporcionar cadenas laterales hidrofílicas (Ghumman et al., 2021; Pellegrini et al., 2018). Asimismo, se requiere de una buena interacción entre proteína y agua para la formación de masas de calidad (Pellegrini et al., 2018). Los valores obtenidos en este estudio para CAA oscilaron entre  $62.25 \pm 2.47$  y  $55.60 \pm 1.05$  %, respectivamente (Tabla 2). Valores similares (59.5 y 68.1%) se han encontrado en líneas Tatu, Remedios, Buagolio, Topacio y LA6 cosechadas en Córdoba Argentina (Ramírez et al., 2003; Roccia et al., 2006). Sin embargo, en otros tipos de harina como la harina de quinua, reportaron valores de retención de agua más bajos ( $3.85 \pm 0.11$ ) (Ahmed et al., 2019; Shi et al., 2020). Una alta capacidad de CAA en la harina va en detrimento de la elasticidad de ciertos productos, como las galletas, por lo que un valor alto se considera una mala calidad (León et al., 1996), mientras que valores bajos se traducen en una calidad mayor y en el caso de galletas pueden obtener un mayor diámetro (Gaines, 2000). En el caso de CH describe el grado de interacción entre las cadenas de almidón en los dominios amorfo y cristalino con influencia de la amilosa y amilopectina (Chandra et al., 2015; Ratnayake et al., 2002). Los valores obtenidos para trigo y triticale (Tabla 2) son similares a los reportados para harinas de trigos etíopes y trigos sarracenos (7.07 y 5.07 g/g), un menor poder de hinchamiento indica que dentro de los granulos de almidón existe una mayor fuerza de unión y por lo tanto, los complejos de amilosa-lípido son mayores por lo que adquieren una mayor importancia (Tester y Morrison, 1990). Un estudio similar realizado en harinas de trigo, papa, arroz y cereales verdes observaron que la capacidad de hinchamiento de la harina depende del tamaño del grano, tipo o variedad y tipo o método de procesamiento, así como de la cantidad de carbohidratos, la gelatinización del almidón y la fermentación favorecen la absorción de agua durante la cocción lo que pareciera sumar un efecto adicional en la preservación de las propiedades funcionales del grano (García et al., 2012).

### Actividad emulsionante y estabilidad de la emulsión (EA-ES)

La actividad emulsionante en harinas se refiere a la máxima cantidad de aceite que una proteína puede emulsionar (Akubor et al., 2000) debido a que las proteínas tienen la capacidad de actuar como surfactantes y pueden formar y estabilizar emulsiones al generar repulsión electrostática en la superficie de las gotas de aceite (Kaushal et al., 2012). La EA y ES para la harina de trigo y triticale se muestran en la Tabla 2 ( $44.50 \pm 2.15$ % y  $49.77 \pm 5.21$ %). La harina de triticale tuvo la mayor EA, mientras que la harina de trigo fue ligeramente menor. Un valor EA más alto hace que la harina sea más adecuada para su uso en productos alimenticios como pasteles y postres congelados (Badar, 2013). Un cambio en las proporciones de la harina aumenta la EA y la ES ( $51.44 \pm 2.70$  y  $65.21 \pm 3.32$ % respectivamente). Por ejemplo, la adición de proteínas globulares rígidas aumenta la estabilidad de la emulsión porque refuerzan los enlaces intramoleculares y las fuerzas no covalentes (Chandra et al., 2015; Gantumur et al., 2023). La diferencia en la ES y EA probablemente se debe a la exposición de aminoácidos hidrofóbicos de proteínas parcialmente desplegadas por el proceso de extrusión debido a las fuerzas mecánicas de corte. El calor y la presión contribuyen a la conservación de la red proteica por la reducción de la hinchazón del almidón y la desintegración de los gránulos (Gantumur et al., 2023; Zweifel et al., 2003).

### **Capacidad de formar espuma y estabilidad de la formación de espuma (FC-FS)**

La capacidad espumante de la harina se refiere a la cantidad de área interfacial que puede crear la proteína (Fennema et al., 2019) y depende de moléculas de proteína flexibles que pueden reducir la tensión superficial del agua (Ghribi et al., 2015).

La capacidad de formar espuma fue de  $33.6 \pm 4.25\%$  y  $30.33 \pm 3.02\%$  respectivamente. Estos resultados son menores que los reportados para harina de trigo polaco y sarraceno (Fernández-Salvador, 2017). Sin embargo, son mayores que los que reporta Chandra et al (2015) para una línea de trigo y sus combinaciones con leguminosas. Lo anterior nos indica que la estructura formada en la matriz alimentaria está mejor conservada en las líneas de trigo y triticales reportadas en este experimento. La FS se refiere a la capacidad de la proteína para estabilizarse frente a las tensiones gravitatorias y mecánicas (Fennema et al., 2019). La FS fue muy similar entre el trigo y el triticale, esta semejanza puede estar relacionada con la extrusión de los cereales ya que se realizaron bajo las mismas condiciones. Además, se observó una relación inversa entre la FS y la FC. La capacidad de formar una gran cantidad de espuma con grandes burbujas no significa una mayor estabilidad debido a que la red proteica formada por la burbuja es más delgada y menos elástica. Por lo tanto, estas burbujas de aire pueden explotar más fácilmente (Jitngarmkusol et al., 2008). Esta relación fue observada al examinar las características funcionales de harinas de pescado y harinas compuestas (Chandra et al., 2015). La capacidad de formación de espumas también fue observada al estar realizando la prueba de EA-ES ya que se podía observar la persistencia de una capa de espuma después de una hora. Por lo tanto, la capacidad y actividad espumante son similares a las reportadas para algunas proteínas de pescado.

### **Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante**

La reducción del radical DPPH se usa ampliamente para evaluar la capacidad antioxidante de varios compuestos como los polifenoles extraídos de frutas, verduras, granos, vinos, etc. (Adom y Liu, 2002). Los resultados de la medición de antioxidantes de las harinas de trigo y triticale se muestran en la Tabla 2. La capacidad de eliminación del radical DPPH fue menor en el trigo que en el triticale ( $27.9 \pm 1.59$  y  $35.4 \pm 2.25$  % respectivamente). Esta diferencia puede deberse al cambio en la estructura proteica por efecto de la temperatura y presión ocurridos durante la extrusión (Gantumur et al., 2023). Este cambio en la temperatura modifica la estructura secundaria y terciaria de las proteínas provocando la liberación de compuestos fenólicos o péptidos con capacidad antioxidante. La extrusión podría entrecruzar proteínas y almidón para producir conjugados de proteína-polisacárido reduciendo los grupos sulfhidrilo libres y la hidrofobicidad de la superficie (Gao et al., 2023). Por lo tanto, existe la aparición de nuevos complejos proteicos de alto peso molecular que influyen en el comportamiento reológico de las masas (Vázquez-Chávez y Vizcarra-Mendoza, 2008). Por otro lado, la desnaturalización de proteínas implica una caída de pH (Tabla 1) debido a la modificación de las cargas iónicas de los grupos R básicos afectando directamente la envoltura acuosa de las estructuras proteicas y por consiguiente a la dinámica molecular de las proteínas (Qin y Buehler, 2010). Algunos autores mencionan que este cambio en las estructuras proteicas libera compuestos fenólicos como ácido ferúlico, ácido p-hidroxibenzoico o ácido vanílico entre otros metabolitos que ayudan a mejorar la capacidad antioxidante de las harinas. Las cantidades de los compuestos fenólicos se muestran en la Tabla 2. Podemos distinguir entre dos tipos de compuestos fenólicos los solubles e insolubles, en ambos casos fue mayor el contenido de polifenoles en triticale encontrando  $93,68 \pm 3.41$  y  $145,38 \pm 6.25$  mg ác. gálico/100 g muestra en fenoles solubles y  $9,74 \pm 1.32$  y  $22,05 \pm 0.97$  en fenoles insolubles respectivamente. Estos valores se encuentran en el rango referido por otros autores para la harina de trigo blanca y son superiores a los indicados en la bibliografía consultada para la harina de trigo integral.

### **CONCLUSIONES**

Las diferencias entre las harinas de trigo y triticale son muy marcadas. Hoy en día, la industria alimentaria se interesa cada vez más en las propiedades funcionales de fuentes alimenticias no convencionales, la capacidad de absorción de agua, el poder de hinchamiento, emulsificación, espumado y la capacidad antioxidante son propiedades que constituyen la base fundamental de diversos productos alimentarios. En general no se observan diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre humedad, cenizas, fibra y proteína de los cereales evaluados. Los resultados obtenidos podrán ser utilizados en el desarrollo de nuevos productos debido a las propiedades físico-químicas que le confieren gran potencial para la elaboración de alimentos.



## REFERENCIAS

- Adom, K. K., y Liu, R. H. (2002). Antioxidant activity of grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(21), 6182-6187.
- Ahmed, J., Thomas, L., y Arfat, Y. A. (2019). Functional, rheological, microstructural and antioxidant properties of quinoa flour in dispersions as influenced by particle size. *Food Research International*, 116, 302-311.
- Ahmedna, M., Prinyawiwatkul, W., y Rao, R. M. (1999). Solubilized wheat protein isolate: functional properties and potential food applications. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(4), 1340-1345.
- Akubor, P. I., Isolokwu, P. C., Ugbane, O., y Onimawo, I. A. (2000). Proximate composition and functional properties of African breadfruit kernel and flour blends. *Food Research International*, 33(8), 707-712.
- Anderson, R. A. (1969). Gelatinization of corn grits by roll-and extrusion-cooking. *Cereal science today*, 14, 4-12.
- AOAC, A. o. O. A. C. (1990). *Official methods of analysis (Vol. 222): Association of Official Analytical Chemists Washington, DC.*
- Ayalew, H., Kumssa, T. T., Butler, T. J., y Ma, X.-F. (2018). Triticale improvement for forage and cover crop uses in the southern great plains of the United States. *Frontiers in plant science*, 9, 1130.
- Badar, H. (2013). Functional properties of maize flour and its blends with wheat flour: optimization of preparation conditions by response surface methodology. *Pak. J. Bot*, 45(6), 2027-2035.
- Barajas, E. M., Wong, B. R., Chávez, P. I. T., Machado, D. I. S., y Cervantes, J. L. (2011). Efecto del contenido de proteína, grasa y levadura en las propiedades viscoelásticas de la masa y la calidad de pan tipo francés. *Interciencia*, 36(4), 248-255.
- Castaño, M. N., Ferrari, E. D., Picca, A. T., Curti, M. I., Ribotta, P. D., Leon, A. E., . . . Di Santo, H. E. (2017). Caracterización de harinas de tritíceas híbridas. *Agriscientia*, 34(1), 15-25.
- Chandra, S., Singh, S., y Kumari, D. (2015). Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits. *Journal of food science and technology*, 52(6), 3681-3688.
- Dussán-Sarria, S., Hurtado-Hurtado, D. L., y Camacho-Tamayo, J. H. (2019). Granulometría, propiedades funcionales y propiedades de color de las harinas de quinua y chontaduro. *Información tecnológica*, 30(5), 3-10.
- Fennema, O. R., Damodaran, S., y Parkin, K. L. (2019, 2019). *Introducción a la química de los alimentos.*
- Fernández-Salvador, N. (2017). *Propiedades funcionales y químicas de harinas de distintas variedades de trigo sarraceno y tef (Maestro en Ciencias ).* Universidad de Valladolid, Palencia, Valladolid España.
- FIRA, F. I. e. R. c. I. A. (2022). *Panorama Agroalimentario. Trigo 2021.* México.
- Gaines, C. S. (2000). Collaborative study of methods for solvent retention capacity profiles (AACC Method 56-11). *Cereal Foods World*, 45(7), 303-306.

Gantumur, M.-A., Sukhbaatar, N., Shi, R., Hu, J., Bilawal, A., Qayum, A., . . . Hou, J. (2023). Structural, functional, and physicochemical characterization of fermented whey protein concentrates recovered from various fermented-distilled whey. *Food Hydrocolloids*, 135, 108130.

Gao, C., Jia, J., Yang, Y., Ge, S., Song, X., Yu, J., y Wu, Q. (2023). Structural change and functional improvement of wheat germ protein promoted by extrusion. *Food Hydrocolloids*, 137, 108389. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108389>

García, O., Aiello, C., Chirino, M. C. P., Ruíz-Ramírez, J., y Pons, I. A. (2012). Caracterización físico-química y propiedades funcionales de la harina obtenida de granos de quinchoncho (*Cajanus cajan* check for this species in other resources (L.) Millsp.) sometidos a diferentes procesamientos. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(4), 919-928.

Ghribi, A. M., Gafsi, I. M., Blecker, C., Danthine, S., Attia, H., y Besbes, S. (2015). Effect of drying methods on physico-chemical and functional properties of chickpea protein concentrates. *Journal of Food Engineering*, 165, 179-188.

Ghumman, A., Mudgal, S., Singh, N., Ranjan, B., Kaur, A., y Rana, J. C. (2021). Physicochemical, functional and structural characteristics of grains, flour and protein isolates of Indian quinoa lines. *Food Research International*, 140, 109982.

Guzmán-Ortíz, F. A., Figueroa-Cárdenas, J. D., Guadarramal-Lezama, A. Y., Ambriz-Vidal, T. N., Román-Gutiérrez, A. D., Ronquillo-de Jesús, E. a., y López-Perea, P. (2018). Characterization and evaluation of modern Triticale (X Triticosecale Wittmack) lines for malt production and craft beer brewing. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 17(3), 885-896.

He, J.-F., Goyal, R., Laroche, A., Zhao, M.-L., y Lu, Z.-X. (2012). Water stress during grain development affects starch synthesis, composition and physicochemical properties in triticale. *Journal of cereal science*, 56(3), 552-560.

Hu, Q.-p., y Xu, J.-g. (2011). Profiles of carotenoids, anthocyanins, phenolics, and antioxidant activity of selected color waxy corn grains during maturation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(5), 2026-2033.

Jitngarmkusol, S., Hongsuwankul, J., y Tananuwong, K. (2008). Chemical compositions, functional properties, and microstructure of defatted macadamia flours. *Food chemistry*, 110(1), 23-30.

Juárez, Z. N., Bárcenas-Pozos, M. E., y Hernández, L. R. (2014). El grano de trigo: características generales y algunas problemáticas y soluciones a su almacenamiento. *Temas Selectos de Ingeniería en Alimentos*, 8(1), 79-93.

Kandrokov, R. H., Pankratov, G. N., Meleshkina, E. P., Vitol, I. S., y Tulyakov, D. G. (2019). Effective technological scheme for processing triticale (*Triticosecale* L.) grain into graded flour. *Foods and Raw Materials*, 7(1), 107-117.

Kaushal, P., Kumar, V., y Sharma, H. K. (2012). Comparative study of physicochemical, functional, antinutritional and pasting properties of taro (*Colocasia esculenta*), rice (*Oryza sativa*) flour, pigeonpea (*Cajanus cajan*) flour and their blends. *LWT-Food Science and Technology*, 48(1), 59-68.

León, A. E., Rosell, C. M., Gómez Pallarés, M., Brites, C., Haros, M., Trigo, M. J., . . . Igrejas, G. (2007). De tales harinas, tales panes. Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica: ISEKI-Food.

Leon, A. E., Rubiolo, A., y Anon, M. C. (1996). Use of triticale flours in cookies: quality factors. *Cereal Chemistry*, 73(6), 779-784.

Leonova, S., Badamshina, E., Koshchina, E., Kalugina, O., Gareeva, I., y Leshchenko, N. (2021). Triticale flour in bakery and rusk products. *Food Science and Technology International*, 10820132211023273.

Mattil, K. F. (1971). The functional requirements of proteins for foods. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 48(9), 477-480. doi:10.1007/BF02544664

Mergoum, M., Sapkota, S., ElDoliefy, A. E. A., Naraghi, S. M., Pirseyedi, S., Alamri, M. S., y AbuHammad, W. (2019). Triticale (*x Triticosecale Wittmack*) Breeding. In *Advances in plant breeding strategies: cereals* (pp. 405-451): Springer.

Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J. sci. technol*, 26(2), 211-219.

Pellegrini, M., Lucas-Gonzales, R., Ricci, A., Fontecha, J., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A., y Viuda-Martos, M. (2018). Chemical, fatty acid, polyphenolic profile, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) seeds. *Industrial Crops and Products*, 111, 38-46.

Qin, Z., y Buehler, M. J. (2010). Molecular dynamics simulation of the  $\alpha$ -helix to  $\beta$ -sheet transition in coiled protein filaments: Evidence for a critical filament length scale. *Physical Review Letters*, 104(19), 198304-198304.

Quettier-Deleu, C., Gressier, B., Vasseur, J., Dine, T., Brunet, C., Luyckx, M., . . . Trotin, F. (2000). Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum Moench*) hulls and flour. *Journal of ethnopharmacology*, 72(1-2), 35-42.

Ramírez, A., Pérez, G. T., Ribotta, P. D., y León, A. E. (2003). The occurrence of friabilins in triticale and their relationship with grain hardness and baking quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(24), 7176-7181.

Ratnayake, W. S., Hoover, R., y Warkentin, T. (2002). Pea starch: composition, structure and properties—a review. *Starch-Stärke*, 54(6), 217-234.

Roccia, P., Moiraghi, M., Ribotta, P. D., Perez, G. T., Rubiolo, O. J., y León, A. E. (2006). Use of solvent retention capacity profile to predict the quality of triticale flours. *Cereal Chemistry*, 83(3), 243-249.

Sandoval, E. R., Quintero, A. F., Alcalá, L. A., y Patiño, B. O. (2006). Reología de suspensiones preparadas con harina precocida de yuca. *Ingeniería y desarrollo*(19), 17-30.

Shi, D., Fidelis, M., Ren, Y., Stone, A. K., Ai, Y., y Nickerson, M. T. (2020). The functional attributes of Peruvian (Kankolla and Blanca juli blend) and Northern quinoa (NQ94PT) flours and protein isolates, and their protein quality. *Food Research International*, 128, 108799.

Tester, R. F., y Morrison, W. R. (1990). Swelling and gelatinization of cereal starches. I. Effects of amylopectin, amylose, and lipids. *Cereal chem*, 67(6), 551-557.


Vázquez-Chávez, L., y Vizcarra-Mendoza, M. (2008). Secado por lecho fluidizado del trigo y su calidad. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 7(2), 131-144.

Woś, H., y Brzeziński, W. (2015). Triticale for food—the quality driver. In *Triticale* (pp. 213-232): Springer.

Žilić, S., Basić, Z., Hadži-Tašković Šukalović, V., Maksimović, V., Janković, M., y Filipović, M. (2014). Can the sprouting process applied to wheat improve the contents of vitamins and phenolic compounds and antioxidant capacity of the flour? *International Journal of Food Science & Technology*, 49(4), 1040-1047.

Žilić, S., Serpen, A., Akilloğlu, G., Gökmen, V., y Vančetović, J. (2012). Phenolic compounds, carotenoids, anthocyanins, and antioxidant capacity of colored maize (*Zea mays* L.) kernels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(5), 1224-1231.

Zweifel, C., Handschin, S., Escher, F., y Conde-Petit, B. (2003). Influence of high-temperature drying on structural and textural properties of durum wheat pasta. *Cereal Chemistry*, 80(2), 159-167.

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](#) .