

# Efecto del pH y cloruro de sodio sobre las propiedades tecnofuncionales de harina de semillas residuales de linaza (*Linum usitatissimum L.*)

## Effect of pH sodium chloride on the techno-functional properties of residual linseed meal

Recibido: mayo 15 de 2021 | Revisado: julio 26 de 2021 | Aceptado: agosto 12 de 2021

DR. Rodolfo, Vegas-Niño\*  
Ing. Melina, Lavado-Baca

### ABSTRACT

The present research aimed to evaluate the effect of pH and NaCl on the absorption power of water, gelling, emulsifying and foaming capacity of residual linseed meal (*Linum usitatissimum L.*). The residual flour (without mucilage) was obtained by boiling the seeds in distilled water, for their subsequent filtration and drying (40 °C x 48 hours) and conversion into flour (type A flour). Whole flaxseed flour was also obtained (without extracting the mucilage) which was called type B flour. The techno-functional properties were determined at pH 3, 5, 7 and 9 as well as at NaCl concentrations of 0.1, 0.25 and 0.5 M. The highest water absorption capacity in type A and B flour was 2.81 and 2.38 g H<sub>2</sub>O / g solid respectively at pH 5. The oil absorption in type A and B flour was 1.87 and 1.26 g oil / g solid. The highest emulsion in type A flour (45.8%) was obtained at pH 9, while for type B flour (57.97%) at pH 3. In type A flour the gelation was weak from 20% w/w, while in type B flour it was weak from 10% and strong from 16% w/w. The foaming capacity of type A flour was 10.7% and 4.07% in type B flour, both at pH 7.

**Keywords:** Flaxseed, water absorption, oil absorption, emulsifying capacity, gelling capacity, foaming capacity

### RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del pH y NaCl sobre el poder de absorción de agua, capacidad gelificante, emulsificante y espumante de harina de semillas residuales de linaza (*Linum usitatissimum L.*). La harina residual (sin mucílago) se obtuvo sometiendo a ebullición las semillas en agua destilada para su posterior filtración y secado (40 °C x 48 horas) y conversión en harina (harina tipo A). También se obtuvo harina de semillas de linaza entera (sin extraer el mucílago) a la cual se le denominó harina tipo B. Las propiedades tecnofuncionales fueron determinadas a pH de 3, 5, 7 y 9 así como en concentraciones de NaCl de 0.1, 0.25 y 0.5 M. La mayor capacidad de absorción de agua en la harina tipo A y B fue de 2.81 y 2.38 g H<sub>2</sub>O/g sólido respectivamente a pH 5. La absorción de aceite en las harinas tipo A y B fue de 1.87 y 1.26 g aceite/g sólido. La mayor emulsión en la harina tipo A (45.8%) se obtuvo a pH 9, en tanto que para la harina tipo B (57.97%) a pH 3. En la harina tipo A la gelificación fue débil a partir del 20% p/p, en tanto que en la harina tipo B fue débil a partir del 10% y fuerte a partir del 16% p/p. La capacidad espumante de la harina tipo A fue de 10.7% y de 4.07% en la harina tipo B, ambos a pH 7.

**Palabras clave:** Linaza, absorción de agua, absorción de aceite, capacidad emulsificante, capacidad gelificante, capacidad espumante

Universidad Nacional de Trujillo-Escuela de Ingeniería  
Agroindustrial-Filial Huamachuco.

Correspondencia (rvegas@unitru.edu.pe)

ORCID: 0000-0001-5643-1350

DOI: <https://doi.org/10.24039/cv2021911071>



## 1. Introducción

La linaza son las semillas del cultivo de lino (*Linum usitatissimum L.*) la cual es consumida tradicionalmente como oleaginosa por ser una fuente rica en ácido  $\alpha$ -linolénico, además de contener fibra y fitoestrógenos (Figuerola *et al.*, 2008). Está constituida principalmente de grasa (45.7% bs), proteínas (23.1% bs) (Puvirajah, 2018) y fibra dietética (30.0% bs) ( Figuerola *et al.*, 2008).

El mucílago de linaza se compone principalmente de dos polisacáridos: un arabinoxilano neutro ( $\beta$  – D – xilano y arabinoxilano) y un polisacárido ácido ( $\alpha$  – L – ramnopiranosil con unidades de ácido D – galactopiranosilurónico) (Oomah *et al.*, 1995).

Esta oleaginosa posee un alto contenido en omega 3 (principalmente  $\alpha$ -linolénico) representando entre el 53.21 % de los ácidos grasos totales (Viorica-Mirela *et al.*, 2012).

Las semillas de linaza contienen compuestos fitoquímicos con importante actividad antioxidante, existiendo presencia de ácido cafeico, ácido p-cumárico y ácido ferúlico principalmente (Caisheng *et al.*, 2020).

El consumo de semillas de linaza tiene un efecto beneficioso en la salud humana, mejorando el perfil lipídico de la sangre (Lucas *et al.*, 2002), su acción protectora cardiovascular (Bloedon *et al.*, 2008) y la protección contra algunos tipos de cáncer (Demark *et al.*, 2008)

Sus propiedades nutraceuticas, hacen de la harina de linaza un componente importante en la preparación de diferentes tipos de alimentos. Es empleado en repostería, en la producción de cereales para desayuno, en la formulación de snacks, aporta importante contenido de nutrientes en barras nutritivas. También se emplea en la elaboración de bebidas enriquecidas, helados y postres (Pszczola, 2002; Babu y Wiesenfeld, 2003; Morris y Vaisey, 2003; Goh *et al.*, 2006; Hyvärinen *et al.*, 2006).

Como objetivo del presente trabajo se planteó evaluar el efecto del pH y NaCl sobre el poder de absorción de agua, capacidad gelificante, emulsificante y espumante de harina de semillas residuales de linaza.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Materia prima

La materia prima utilizada para la investigación fue semillas de linaza (*Linum usitatissimum L.*) con madurez comercial obtenidas de la Provincia de Sánchez Carrión, Departamento La Libertad (Perú).

### 2.2. Obtención de la harina de semillas residuales de linaza después de extraer su mucílago (Harina tipo A)

Las semillas de linaza secas y en su estado fisiológico fueron sometidas a un proceso de selección (retiro de semillas picadas, quebradas, manchadas o con presencia de insectos).

La linaza fue llevada a ebullición en una relación agua: semillas de 13:1 (peso:peso) durante 15 minutos realizando dos ciclos de extracción. Con la ayuda de un colador casero se aplasto las semillas con la intención de eliminar la mayor cantidad de mucílago adherido a su superficie. Posteriormente fue sometida a procesos de molienda (molino manual) y secado (a 40°C x 48 horas). Una vez obtenida la harina esta fue tamizada haciéndola pasar por tamices de haz de luz menor a 1 mm, Tamiz ASTM #40. La muestra fue pesada y envasada en bolsas de polietileno para posteriormente realizar los análisis de composición fisicoquímica y la determinación de sus propiedades tecnofuncionales.

Se denominó harina tipo A aquella harina de semillas de linaza entera, sin extracción previa de mucílago molida, secada y tamizada bajo los mismos principios del tipo B.

### 2.3. Caracterización fisicoquímica de las harinas de linaza tipo A y B

- Determinación de sólidos totales y contenido de humedad de harina de linaza (Método AOAC 935.29, 1995)
- Determinación de proteína total de harina de linaza (Método micro Kjeldahl 12.1.07 AOAC, 2000)
- Determinación de cenizas de harina de linaza (Método AOAC 923.03, 1995)
- Determinación del contenido de lípidos libres de harina de linaza (Método Soxhlet)
- Determinación de fibra cruda de harina de linaza (Método AOAC 962.09, 1995)
- Determinación del pH de harina de linaza (Método AOAC, 2000)

## 2.4 Determinación de las propiedades tecnofuncionales

Las propiedades tecnofuncionales de harina de linaza tanto residuales (previa extracción del mucílago) como entera se realizó de acuerdo a los procedimientos establecidos:

### a) Determinación de la capacidad de absorción de agua

Se determinó según método descrito por Beuchat (1977) con las siguientes modificaciones: Previamente, se prepararon soluciones con HCl 0.1 y NaOH 0.1 N a los pH 3, 5, 7 y 9. Asimismo, soluciones de NaCl 0.1; 0,25 y 0,5 M a 18 °C. En un tubo de ensayo se dispuso 1 g de harina de linaza y se le añadió 10 ml de agua; después se agitó en un vortex durante 30 s. Posteriormente se centrifugó a 2500 rpm por 10 min, el sobrenadante se eliminó, la diferencia entre la masa de la muestra antes y después de absorber el agua, se consideró como la cantidad de agua absorbida. La capacidad de absorción de agua se determinó dividiendo la cantidad de agua retenida por la cantidad de muestra, expresada como sólidos.

### b) Determinación de la capacidad de absorción de aceite

Se determinó según método descrito por Beuchat (1977) con las siguientes modificaciones: La harina de linaza se secó a estufa a 40°C hasta peso constante. Posteriormente, se tomó 1 gramo de harina de linaza en un tubo de ensayo y se agregó 10 ml (pesado en g) de aceite vegetal. se agitó por un periodo de dos minutos en un vortex. Para luego centrifugarlo a 3000 rpm por 10 minutos. Posteriormente se eliminó el sobrenadante y se pesó la harina junto con el aceite absorbido. Los resultados se expresaron como g de aceite absorbido por g de muestra como sólido seco.

### c) Determinación de la capacidad de emulsificación

Se determinó según Yasumatsu *et al.* (1992) con las siguientes modificaciones: En un tubo de ensayo se mezcló 1 g de harina de linaza con 15 ml de agua destilada a distintos valores de pH y concentración de NaCl, se agitó en el vortex durante 15 min. Luego, se añadió agua destilada a distintos pH y concentración salina hasta 25 ml. Después, se mezclaron volúmenes iguales (25 ml) de esta solución con aceite vegetal en una licuadora por 3 min, finalmente se centrifugó a 2500 rpm por 10 min. La emulsión fue expresada en términos de porcentaje, como la altura de la capa emulsificada con respecto al total del líquido.

### d) Determinación de la capacidad de gelificación

Se determinó según Chau y Cheung (1997) preparando suspensiones de la harina de linaza en agua destilada a 4, 8, 12, 14, 16, 18 y 20% (p/v). Los tubos de ensayo se colocaron en agua a 100 °C durante 1 h y luego sobre hielo por 1 h más. La capacidad de gelificación se determinó tomando la mínima concentración añadida en la cual la solución contenida en los tubos no drene ni caiga cuando se inviertan de posición (Berghout *et al.*, 2015).

### e) Determinación de la capacidad espumante

Se determinó según Coffman y García (1977), para la determinación de la capacidad (CE) de las muestras analizadas. Se preparó una suspensión con 100 ml de soluciones a pH de 3, 5, 7 y 9 y concentraciones de NaCl a 0.1, 0.25 y 0.5 M y 2 g de harina en un vaso precipitado de 100 ml. Después, se licuó durante 3 min y se dispuso en una probeta de 250 ml y se midió el volumen. La capacidad de formación de espuma se expresó como porcentaje de aumento de volúmenes iniciales y después de la formación de la espuma.

## 3. Resultados

### 3.1. Caracterización fisicoquímica de harina de semillas de linaza

En la Tabla 1 se presentan las características fisicoquímicas de la harina de linaza con extracción de mucílago (Tipo A) comparada con la harina de linaza entera (Tipo B).

El contenido de humedad de un producto alimenticio varía de acuerdo a su composición, tipo de procesamiento (Damodaran y Parkin, 2017), temperatura y humedad relativa de almacenamiento, los cuales determinan la presión de vapor del alimento con su entorno y su consecuente humedad en equilibrio (Schmidt, 2020). Ostojich y Sangronis (2012) reportan valores de 8.4 y 5.4 g/100g para semillas de linaza venezolana y canadiense. El contenido de proteína fue mayor en harina sin mucílago que entera debido a que al disminuir la cantidad del mismo por efectos de la cocción, los otros componentes como las proteínas se ven incrementados en su concentración, además de su menor humedad respecto a la harina tipo B. Reyes *et al.* (2017) reportan un contenido de proteínas del 21 %, en tanto Ostojich y Sangronis (2012) reportan para semilla venezolana y canadiense 22.31 y 21.47% respectivamente. Según Babu y Wiesenfeld (2003), las proteínas en las semillas de linaza se encuentran en mayor proporción en los cotiledones (76%) que en el endospermo (16%).

En semillas se linaza germinadas y sin germinar, Magro (2015) reporta 19.23 y 19.54 % de proteínas respectivamente. El contenido proteico en la linaza varía entre 22.5 – 31.6%, constituido principalmente por globulinas (77%) y albúmina que representa alrededor del 27% de la proteína total (Ojeda *et al.*, 2017). No obstante, Marcone y et al. (1998) reportan que la fracción de globulina constituye el 73.4% de la proteína total y la albúmina constituye aproximadamente el 26.6% de la proteína total.

El contenido de cenizas para las harinas tipo A y tipo B son ligeramente superiores a lo reportado por Reyes *et al.* (2017) con 2.9%. Ostojich y Sangronis, (2012) consideran la presencia de minerales como potasio (2227 mg/100g), magnesio (384 mg/100g), calcio (228 mg/100g) y fósforo con 400 mg/100g; en tanto que el hierro se encuentra en una concentración de 4.31 mg/100g. La harina tipo B (entera) presentó mayor contenido de cenizas lo que indica que el tratamiento previo de cocción induce al material alimenticio a perder minerales por lixiviación (Damodaran y Parkin, 2017).

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica de harina de semillas de linaza residual y entera.

Parámetro	Unidad	Harina residual (*)	Harina entera
Humedad	%	4.80 ± 0.09	8.07 ± 0.08
Proteína	g/100g	22.24 ± 1.01	20.14 ± 0.67
Cenizas	%	3.04 ± 0.10	3.21 ± 0.06
Lípidos totales	g/100g	42.21 ± 1.64	39.93 ± 1.28
Fibra cruda	g/100g	27.51 ± 0.83	24.39 ± 1.04
pH	--	6.13 ± 0.06	6.05 ± 0.04

\* Harina de linaza previamente extraído el mucílago (Tipo A)

\* Harina de linaza entera (Tipo B)

El contenido de humedad de un producto alimenticio varía de acuerdo a su composición, tipo de procesamiento (Damodaran y Parkin, 2017), temperatura y humedad relativa de almacenamiento, los cuales determinan la presión de vapor del alimento con su entorno y su consecuente humedad en equilibrio (Schmidt, 2020). Ostojich y Sangronis (2012) reportan valores de 8.4 y 5.4 g/100g para semillas de linaza venezolana y canadiense. El contenido de proteína fue mayor en harina sin mucílago que entera debido a que al disminuir la cantidad del mismo por efectos de la cocción, los otros componentes como las proteínas se ven incrementados en su concentración, además de su menor humedad respecto a la harina tipo B. Reyes *et al.* (2017) reportan un contenido de proteínas del 21 %, en tanto Ostojich y Sangronis (2012) reportan para semilla venezolana y canadiense 22.31 y 21.47% respectivamente. Según Babu y Wiesenfeld (2003), las proteínas en las semillas de linaza se encuentran en mayor proporción en los cotiledones (76%) que en el endospermo (16%). En semillas se linaza germinadas y sin germinar, Magro (2015) reporta 19.23 y 19.54 % de proteínas respectivamente. El contenido proteico en la linaza varía entre 22.5 – 31.6%, constituido principalmente por

globulinas (77%) y albúmina que representa alrededor del 27% de la proteína total (Ojeda *et al.*, 2017). No obstante, Marcone y et al. (1998) reportan que la fracción de globulina constituye el 73.4% de la proteína total y la albúmina constituye aproximadamente el 26.6% de la proteína total.

El contenido de cenizas para las harinas tipo A y tipo B son ligeramente superiores a lo reportado por Reyes *et al.* (2017) con 2.9%. Ostojich y Sangronis, (2012) consideran la presencia de minerales como potasio (2227 mg/100g), magnesio (384 mg/100g), calcio (228 mg/100g) y fósforo con 400 mg/100g; en tanto que el hierro se encuentra en una concentración de 4.31 mg/100g. La harina tipo B (entera) presentó mayor contenido de cenizas lo que indica que el tratamiento previo de cocción induce al material alimenticio a perder minerales por lixiviación (Damodaran y Parkin, 2017).

La presencia de lípidos libres fue de 42.21 ± 1.64 g/100g y 39.93 ± 1.28 g/100g para las harinas tipo A y B respectivamente, presentando una mayor concentración en la harina tipo A. Figuerola (2008) reporta que el contenido de lípidos en la linaza varía entre 35-43%

convirtiéndose en su componente principal. La mayor concentración de lípidos en la semilla de linaza se encuentra en los cotiledones (98%) predominando los ácidos  $\alpha$ -linolénico, linoleico y oleico, mientras que en la cáscara predomina el ácido palmítico (Hall *et al.*, 2006). La variación del contenido de lípidos y su distribución dentro de la semilla de linaza depende de la zona geográfica, variedad y condiciones ambientales (Daun *et al.*, 2003; Taylor y Morrice, 1991). Se ha reportado que semillas dañadas (picadas, podridas) poseen menor concentración de ácido oleico, mientras que los ácidos palmítico, linoleico y linolénico son mayores comparadas con las semillas en buen estado (Hall *et al.*, 2006).

Los contenidos de fibra encontrados son ligeramente inferiores al 27.9 % reportado por Reyes *et al.* (2017), mientras que Figuerola (2008) reporta un contenido de fibra de 28%, siendo tres cuartas partes de esta, fibra insoluble (lignina y celulosa) y una tercera parte fibra soluble o mucílago. Se ha considerado la presencia de dos tipos de unidades monoméricas que forman parte del mucílago (xilosa y ramnosa), la primera de naturaleza neutra y la segunda ácida (Goh *et al.*, 2006; Hall *et al.*, 2006). El contenido de fibra en los alimentos influye en las propiedades fisicoquímicas y tecnológicas de los mismos, tales como capacidad de retención de agua, capacidad de hinchamiento, viscosidad, formación de gel, las que a su vez dependen de la proporción entre la fibra insoluble y soluble, el tamaño de la partícula (harina), las condiciones o procedimiento para su extracción y el tipo de fuente vegetal (Figuerola *et al.*, 2005 y Figuerola *et al.*, 2008).

El pH en los dos tipos de harina de linaza presentó poca variación, pues se encontró valores de  $6.13 \pm 0.06$  y  $6.05 \pm 0.04$  para las harinas tipo A y B respectivamente. Esta leve variación se le puede atribuir a que, al extraer el mucílago, se extrajo ramnosa la cual es de carácter ácida (Hall *et al.* 2006). Se ha establecido que la concentración de ácidos orgánicos influye directamente en el pH de los alimentos, así como su capacidad de disociación de sus moléculas que la constituyen (Damodaran y Parkin, 2017).

### 3.2. Capacidad de absorción de agua

La capacidad de absorción de agua en las harinas tipo A y tipo B (Tabla 2) presentó un mayor valor a pH 5, pues llegó a absorber  $2.81 \pm 0.09$  y  $2.38 \pm 0.14$  g H<sub>2</sub>O/g m.s. respectivamente. No obstante, las absorciones más bajas se presentaron en soluciones de NaCl. Esto se le puede atribuir a que la solución de NaCl podría inhibir los sitios activos polares de la superficie del alimento ocasionando que los enlaces puentes de

hidrógeno y dipolo– dipolo entre las moléculas de agua y los componentes del alimento como proteínas y carbohidratos de bajo peso molecular sea limitada (Damodaran y Parkin, 2017; Schmidt, 2020). Por otro lado, el NaCl establece una fuerza iónica en la solución, lo cual satura las cargas electrostáticas de las moléculas proteicas inhibiendo la interacción eléctrica con las moléculas de agua (Chaparro *et al.*, 2014).

El mucílago de linaza unido a su cáscara, es un material similar a la goma y está compuesto de polisacáridos ácidos y neutros que le confieren características especiales para formar geles por su capacidad de absorber agua (Hall *et al.*, 2006) por lo que es de esperar que materiales alimenticios ricos en mucílago presenten una mayor retención de agua. No obstante, en esta investigación se encontró una mayor absorción de agua en la harina tipo A (sin mucílago), lo cual puede atribuirse a una mayor exposición de las proteínas con grupos hidrófilos. Chornick (2002) consideran que, en la goma de linaza, la glucosa es el monosacárido más abundante (28.9%), seguido se xilosa, galactosa, ramnosa y arabinosa. Sin embargo, la xilosa se encuentra en una concentración mayor (40%) en cultivares de lino canadiense. En harina de semillas de linaza germinadas y precocidas en autoclave y por tostado, Magro (2015) reporta una absorción de 3.76 y 2.9 g H<sub>2</sub>O/g m.s. respectivamente (superiores a esta investigación).

En aislados proteicos de harina de semilla de guanábana extruidos en ausencia y presencia de NaCl (1%) Chaparro *et al.* (2014) reportan una capacidad de absorción de agua de 4.4 y 4.6 g H<sub>2</sub>O/g m.s., disminuyendo aproximadamente a 3.8 y 3.2 g H<sub>2</sub>O/g m.s. respectivamente al incrementar la fuerza iónica de 0.1 a 1 M. Por su parte, Dussán *et al.* (2019) reportan para harina de quinua y chontaduro, valores de retención de agua de 2.35 y 3.93 g H<sub>2</sub>O/g m.s. respectivamente, indicando que valores iguales o superiores a la harina de chontaduro indica que la harina puede utilizarse en parte en la formulación de salchichas, quesos y en panadería. Vegas *et al.* (2017) reporta una absorción máxima a pH 9 en harina de tarwi desgrasado en comparación con la harina entera, con valores de 4.37 y 3.65 g H<sub>2</sub>O/g m.s. respectivamente. En aislado proteico de kiwicha, quinua y chia, González *et al.* (2018) reportan valores de absorción de agua de 3.33, 6.1 y 5.0 g H<sub>2</sub>O/g m.s. respectivamente, en tanto que en harina desgrasada de los mismos productos reportan 2.2 y 2.4 respectivamente (para harina de chía no reportan), todos los ensayos fueron realizados a pH 7. Por otro lado,

Tabla 2. Capacidad de absorción de agua de harina residual y entera de semillas de linaza (*Linum usitatissimum* L.) a diversas condiciones

Solución acuosa	g H <sub>2</sub> O retenidos/g sólidos	
	Harina residual(*)	Harina entera
pH 3	2.60 ± 0.08	2.37 ± 0.05
pH 5	2.81 ± 0.09	2.38 ± 0.14
pH 7	2.67 ± 0.09	2.18 ± 0.37
pH 9	2.59 ± 0.13	2.28 ± 0.05
NaCl 0.1 M	2.54 ± 0.08	2.09 ± 0.03
NaCl 0.25 M	2.45 ± 0.17	2.11 ± 0.12
NaCl 0.5 M	2.76 ± 0.11	1.98 ± 0.06

\* Harina de linaza previamente extraída el mucílago

Ramírez y Pacheco (2009) reportan valores de 4.58, 5.25 y 4.57 g H<sub>2</sub>O/g m.s. en harinas ricas en fibra provenientes de piña, guayaba y guanábana.

### 3.3. Capacidad de absorción de aceite

La capacidad de absorción de aceite por parte de la harina residual (tipo A) de semillas de linaza fue de  $1.87 \pm 0.07$  g aceite/g sólido, mientras que en la harina entera (tipo B) la absorción fue de  $1.26 \pm 0.06$  g aceite/g sólido. No obstante, los valores de absorción para la harina de linaza (A y B) son superiores a los reportados por Vegas *et al.* (2017) para harina entera de tarwi (1.18 g aceite/g sólido). Sgarbieri (1986) establece que el número de cadenas laterales no polares de las moléculas proteicas influyen significativamente en su enlace con la cadena hidrocarbonada del aceite, aumentando consecuentemente la capacidad de absorción del lípido. Además, la capacidad de absorción de aceite se ve influenciada por parámetros fisicoquímicos como la humedad inicial, el contenido de humedad, tipo de ácido graso, la composición de aminoácidos y la conformación de la proteína y parámetros físicos como, la estructura superficial del material alimenticio, relación superficie/peso, porosidad y la polaridad o hidrofobicidad de la superficie (Dobarganes y Márquez, 2000; Chandra y Samsheer, 2013).

En harinas de trigo, arroz, garbanzo verde y papa, Chandra y Samsheer (2013) reportan capacidades de absorción de aceite de 1.46, 1.24, 1.60 y 1.68 g aceite/g sólido respectivamente. En tanto que para harina desgrasada de kiwicha, quinua y chífa, González *et al.* (2018) reportan valores de 1.63, 1.63 y 2.52 g aceite/g sólido respectivamente, valores superiores a la harina tipo B y cercanos a la harina tipo A, según nuestros datos experimentales. Para los aislados proteicos de las mismas harinas, reportan absorciones de 1.62, 1.20 y 1.14

g aceite/g sólido. Por otro lado, en harina desgrasada, aislado proteico, albúminas y globulinas de harina de guaba (Inga paterno), Sánchez *et al.* (2017) reportan una absorción de aceite de 0.79, 3.07, 0.92 y 3.80 ml aceite/g muestra respectivamente. En harinas ricas en fibra proveniente de piña, guayaba y guanábana, Ramírez y Pacheco (2009) reportan valores de 1.56, 1.95 y 1.8 g aceite/g sólido en la absorción de aceite.

### 3.4. Capacidad emulsificante (CE)

En la Tabla 3 se presenta la capacidad emulsificante de las harinas tipo A (residual, sin mucílago) y B (entera). En la harina tipo A (sin mucílago) la adición de cloruro de sodio inhibe la formación de emulsión. Por otro lado, se obtuvo una mejor capacidad emulsificante de 45.8 y 57.97% para las harinas tipo A y B a pH de 9 y 3 respectivamente. Estos valores son superiores a los reportados por Vegas *et al.* (2017) para harina de tarwi entera y desgrasada (35.25 y 40.50% respectivamente a pH 9). Las propiedades emulsificantes de un alimento, están relacionadas con la concentración de proteínas solubles e insolubles además de otras moléculas como polisacáridos (McWatters y Cherry, 1977).

Los grupos lipofílicos e hidrofílicos de los componentes del material alimenticio determinan la capacidad de las harinas para formar una emulsión (Khalid *et al.*, 2003). Se ha establecido que la concentración de proteínas en la harina, así como el tipo y calidad de aceite a emplear, la velocidad de mezclado y tipo del sistema de emulsificación son factores a tener en cuenta al momento de generar la emulsión (Bushway *et al.*, 1984). El incremento en la hidrofobicidad producto del despegamiento de las proteínas en la interfase agua/aceite permite la formación y estabilización de la emulsión formada (Jayaprakasha y Brueckner, 1999).

Tabla 3. Capacidad emulsificante de harina residual y entera de semillas de linaza (*Linum usitatissimum* L.) a diversas condiciones.

Solución acuosa	Capacidad emulsificante (%)	
	Harina residual(*)	Harina entera
pH 3	9.87 ± 0.08	57.97 ± 0.80
pH 5	24.98 ± 1.05	48.37 ± 0.65
pH 7	42.30 ± 0.43	50.93 ± 1.31
pH 9	45.80 ± 0.13	50.62 ± 1.10
NaCl 0.1 M	N.P.	39.27 ± 1.27
NaCl 0.25 M	N.P.	37.75 ± 0.38
NaCl 0.5 M	N.P.	40.82 ± 0.51

N.P. = No presentó capacidad emulsificante

\* Harina de linaza previamente extraído el mucílago

Chaparro *et al.* (2014) reportan para harina de semillas de guanábana desgrasada y aislados proteicos sin y con NaCl (1%) valores de actividad emulsionante de 47.55, 37.41 y 43.23%. Asimismo, Chandra y Samsher (2013) reportan para harina de trigo, arroz, garbanzo verde y papa una capacidad emulsionante de 43.88, 41.48, 41.17 y 39.05% respectivamente. En tanto que Delgado y Albarracín (2012) reportan valores de 43.81, 52.56, 55.90 y 49.76% para harinas de chanchafrunto, quinua, soja y trigo respectivamente.

### 3.5. Capacidad de gelificación

La harina residual de semillas de linaza presentó actividad gelificante débil a una concentración de harina del 20% (p/v). En tanto la harina entera presentó actividad gelificante débil a partir del 10% (p/v) y a partir del 16% (p/v) presentó gelificación fuerte. Este comportamiento se presentó en todas las soluciones, tanto a los diversos valores de pH como de NaCl.

La capacidad de gelificación en la harina de linaza estuvo influenciada por el contenido de mucílago, la cual actúa como captador de agua y estabilizador del gel formado. Es así que en la harina tipo A hubo una gelificación débil a partir de un 20% de concentración de solución, probablemente sea atribuible a restos de mucílago que ha quedado adherida a la superficie de la semilla. No obstante, en la harina entera se apreció que a partir del 10% la gelificación fue débil, y sobrepasando el 16% fue fuerte. La capacidad de gelificación es un parámetro de gran utilidad al momento de elegir una harina como constituyente de los helados (Vegas *et al.*, 2017). Su estructura se forma mediante enlaces covalentes y no covalentes, con lo que se logra que el disolvente quede envuelto en una red tridimensional que

de acuerdo al tipo de harina presenta una gran variedad de propiedades microestructurales y mecánicas (Chel *et al.*, 2003). También se ha demostrado que su estabilidad se ve afectada al adicionar compuestos iónicos como el NaCl (desde 0.1 – 1.0 M) (Chaparro *et al.*, 2011). Por otro lado, el empleo de harinas cuya obtención involucre a semillas enteras (con cáscara) puede interferir en la continua forma en la que se estructuran las moléculas dentro del gel, debido a que pueden existir fragmentos de la cáscara de la semilla (Sathe *et al.*, 1982).

Sangronis *et al.* (2004) reportan que la concentración mínima necesaria en harinas de granos crudos de leguminosas para la formación de geles es del 16% y en granos germinados es de 8% aunque a esta concentración reporta un gel débil. Sin embargo, García *et al.* (2012) reporta una formación de gel a partir de una concentración del 12% en harina de quinchoncho.

### 3.6. Capacidad espumante

La capacidad espumante (Tabla 4) fue mayor en la harina tipo A (harina residual, sin mucílago), mostrando a pH 7 un valor de 10.37 ± 0.01%, mientras que la harina tipo B (harina entera), mostró un valor de 4.07 ± 0.01%. De acuerdo a Mazza y Biliaderis (1989), la goma de linaza muestra una buena estabilidad de espuma y una máxima viscosidad a un pH de 6,0 a 8,0.

Oomah y Mazza (1998) reportan que la eliminación de lípidos incrementa significativamente los valores de viscosidad aparente de la goma de linaza. Un alimento espumoso puede considerarse como un sistema polidisperso idealizado de partículas esféricas o convexas en suspensión. Las proteínas que conforman las harinas poseen superficies activas que originan la



Tabla 4. Capacidad espumante de harina residual y entera de semillas de linaza (*Linum usitatissimum* L.) a diversas condiciones.

Solución acuosa	Capacidad espumante (%)	
	Harina residual(*)	Harina entera
pH 3	8.56 ± 0.02	4.03 ± 0.05
pH 5	5.72 ± 0.01	2.01 ± 0.03
pH 7	10.37 ± 0.01	4.07 ± 0.01
pH 9	9.09 ± 0.03	3.69 ± 0.04
NaCl 0.1 M	9.09 ± 0.03	3.69 ± 0.04
NaCl 0.25 M	4.96 ± 0.54	3.73 ± 0.03
NaCl 0.5 M	5.64 ± 0.03	2.86 ± 0.02

\* Harina de linaza previamente extraído el mucílago (Tipo A )

formación de espuma. La coalescencia en la interfase entre las burbujas de aire y el líquido que las rodea se ve obstruida por la reducción de la tensión superficial por acción de las proteínas solubles. por otro lado, las proteínas pueden unirse formando una película o multicapas de proteínas, incrementando con ello la flexibilidad de la interfase aire-líquido. Esto trae como consecuencia que las espumas sean más estables ya que para las burbujas es más difícil de romperse (Adebowale y Lawal, 2004).

En aislado proteico de semillas de guanábana, Chaparro *et al.* (2014) reportan una capacidad espumante del 2.9%, en tanto que en la harina desgrasada no evidenció formación de espuma. Asimismo, en harinas de trigo, arroz, garbanzo verde y papa, Chandra y Shamsher (2013) reportan capacidades espumantes de 12.92, 3.52, 24.23 y 6.84% respectivamente. En aislados proteicos la capacidad espumante es mayor, ya que González *et al.* (2018) reportan valores de 21.75, 56.50 y 21.75% para aislados proteicos de kiwicha, quinua y chía respectivamente. No obstante, se ha evidenciado que la germinación de leguminosas como *Cajanus cajan* a pH de 3, 6 y 8 incrementa su capacidad espumante en 109, 155 y 63.5% (Sangronis *et al.*, 2004).

### 3.7. Análisis estadístico

Las Tablas 5, 6 y 7 presentan el análisis de varianza para la capacidad de retención de agua, capacidad emulsificante y capacidad espumante respectivamente, en los dos tipos de harina de linaza, en función al pH y concentración de NaCl. En ellas se evidencia una diferencia significativa entre los tratamientos (diversas concentraciones de NaCl y diversos valores de pH) especialmente capacidad emulsificante y espumante ( $p < 0.05$ ) (Tabla 6 y 7) . Esto no ocurre con la capacidad de retención de agua que no existe diferencia significativa entre los diversos tratamientos (pH y concentración de NaCl). Esto evidencia que el retiro del mucílago después de dos ciclos de extracción no genera diferencia en la retención de moléculas de agua en la harina en medios con intervalo de pH de 3-9 y en medios con NaCl de 0.1-0.5 M. La extracción acuosa al momento de hervir las semillas permite el retiro de componentes hidrosolubles como proteínas y mucílago dejando una matriz con menor concentración de grupos hidroxilo y carbonilo. Sin embargo, aún la presencia de fibra en la matriz no solubilizada puede retener moléculas de agua. Los valores de retención de agua se aproximan a lo publicado por Guerrero *et al.* (2016) para harina de cáscara de cacahuate en valores comprendidos entre 2.41 y 2.95 g/g de agua.



Tabla 5. *Análisis de varianza para la capacidad de retención de agua de la harina de linaza (Tipo A y B) en función al pH y concentración de NaCl.*

Tipo de harina	Fuente	Suma de cuadrados	gL	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
Tipo A	Entre grupos	0.996586	6	0.166098	2.41	0.0622
	Intra grupos	1.44482	21	0.0688012		
	Total (Corr.)	2.4414	27			
Tipo B	Entre grupos	0.340693	6	0.0567821	1.07	0.4094
	Intra grupos	1.11097	21	0.0529036		
	Total (Corr.)	1.45167	27			

Harina tipo A (harina de linaza sin mucilago), Harina tipo B (harina de linaza entera).

Tabla 6. *Análisis de varianza para la capacidad emulsificante de la harina de linaza en función al pH y concentración de NaCl.*

Tipo de harina	Fuente	Suma de cuadrados	gL	Cuadrado	Razón-F	Valor-p
Tipo A	Entre grupos	3282.89	3	1094.3	406.15	0.00002
	Intra grupos	32.3318	12	2.69432		
	Total (Corr.)	3315.22	15			
Tipo B	Entre grupos	1233.12	6	205.521	49.2	0.00001
	Intra grupos	87.7202	21	4.17715		
	Total (Corr.)	1320.85	27			

Harina tipo A (harina de linaza sin mucilago), Harina tipo B (harina de linaza entera).

Tabla 7. *Análisis de varianza para la capacidad espumante de harina de linaza en función al pH y concentración de NaCl.*

Tipo de harina	Fuente	Suma de cuadrados	gL	Cuadrado	Razón-F	Valor-p
Tipo A	Entre grupos	105.298	6	17.5496	411.66	0.00001
	Intra grupos	0.89525	21	0.0426		
	Total (Corr.)	106.193	27			
Tipo B	Entre grupos	153.59	6	25.5984	25119.9	0.00001
	Intra grupos	0.0214	21	0.001019		
	Total (Corr.)	153.612	27			

Harina tipo A (harina de linaza sin mucilago), Harina tipo B (harina de linaza entera).

Las propiedades tecnofuncionales aquí descritas evidencian que la harina residual de semillas de linaza podría ser usadas como sustituto parcial en alimentos cárnicos como morcillas, productos de panadería, cobertura de helados mezclados con chocolate o componente de fibra en yogurt.

### Fuente de Financiamiento

Este trabajo fue autofinanciado por los autores

### Conflicto de Interés

Los autores del artículo declaran que no existe ningún potencial conflicto de interés relacionado con el mismo.

## 5. Conclusiones

Se logró determinar las características fisicoquímicas de la harina de semilla de linaza, obteniendo una concentración de proteínas de 22.24 y 20.14 g/100g respectivamente en las harinas tipo A (residual, sin mucílago) y tipo B (entera). El contenido de lípidos totales y fibra cruda también fue mayor, para la harina tipo A se encontró 42.21 g/100g y para la harina tipo B 39.93 g/100g para lípidos y 27.51 g/100g y 24.39 g/100g para fibra cruda respectivamente.

Tanto en la harina tipo A como tipo B, se encontró una mayor absorción de agua a pH 5, con 2.81 y 2.38 g H<sub>2</sub>O/g sólido respectivamente.

La capacidad de absorción de aceite fue mayor en la harina tipo A con 1.87 g aceite/g sólidos a diferencia de la harina tipo B con 1.26 g aceite/g sólido.

La mayor capacidad emulsificante fue para la harina tipo A con 45.8% a pH 9, en tanto que en soluciones de NaCl (0.1-0.5M) no hubo emulsión. La harina tipo B presentó una mayor emulsión a pH 3 con 57.97%.

La capacidad de gelificación para la harina tipo A fue débil a concentración del 20% en tanto que, en la harina tipo B, fue débil a partir del 10% y fuerte a partir del 16%.

La capacidad espumante fue mayor en la harina tipo A con 10.37% a pH 7, en tanto que en la harina tipo B fue mayor a pH 7 con 4.07%. En soluciones de NaCl (0.1-0.5M) fueron menores.

## Referencias bibliográficas

- Adebowale, K. y Lawal, O. (2004). Comparative study of the functional properties of bambarra groundnut (*Voandzeia subterranean*) jack bean (*Canavalia ensiformis*) and Mucuna bean (*Mucuna pruriens*) flours. *Food Research International*, 37, 355 – 365. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2004.01.009>
- AOAC. (1995). Association of Official Analytical Chemists Inc. Official Methods of Analysis, 16<sup>th</sup> ed; Ed. Williams, S.; Arlington, VA.
- AOAC. (2000). Official methods of AOAC International. 17<sup>th</sup> edition. Gaithersburg, MD, USA, Association of Analytical Communities.
- Babu, U. y Wiesenfeld, P. (2003). Flaxseed in Human Nutrition. In: Nutritional and hematological effects of flaxseed. Editors Thompson, L.U.; Cunanne, S.C. (pp 150-173).
- Beuchat, L. (1977). Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour proteins. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 25, 258-263. <https://doi.org/10.1021/jf60210a044>
- Bloedon, L., Balikai, S., Chittams, J., Cunnane, S., Berlin, J., Rader, D. y Szapary, P. (2008). Flaxseed and cardiovascular risk factors: results from a double blind, randomized, controlled clinical trial. *The Journal of the American College of Nutrition*, 27, 65–74. DOI: 10.1080/07315724.2008.10719676
- Bushway, A., Wilson, A., Houston, L. y Bushway, R. (1984). Selected properties of the lipid and protein fractions from Chia seed. *Journal of Food Science*, 49(2), 555 - 567. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1984.tb12466.x>
- Caisheng Qiu, Hong Wang, Yuan Guo, Songhua Long, Yufu Wang, Arshad Mehmood Abbasi, Xinbo Guo, Devra I. Jarvis, (2020). Comparison of fatty acid composition, phytochemical profile and antioxidant activity in four flax (*Linum usitatissimum L.*) varieties. *Oil Crop Science*, 5, 3, 136-141. <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2020.08.001>
- Chandra, S. y Samsher, A. (2013). Assessment of functional properties of different flours. *African Journal of Agricultural Research*, 8(38), 4849-4852. DOI:10.5897/AJAR2013.6905

- Chaparro, S., Gil, J. y Aristizábal, I. (2011). Efecto de la hidratación y la cocción en las propiedades físicas y funcionales de la harina de vitabosa (*Mucuna deeringiana*). *Vitae*, 18(2), 133 – 143. <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v18n2/v18n2a04.pdf>
- Chaparro, S., Tavera, M., Martínez, J. y Gil, J. (2014). Propiedades funcionales de la harina y de los aislados proteicos de la semilla de guanábana (*Annona muricata*). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 17(1), 151-159. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v17n1/v17n1a17.pdf>
- Chau, C. y Cheung, C. (1997). Effect of various processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch of two Chinese indigenous legume seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 4773-4776. <https://doi.org/10.1021/jf970504p>
- Chel, L., Corzo, L. y Betancur, D. (2003). Estructura y propiedades funcionales de proteínas de leguminosas. *Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán*. 227, 34-43. [https://www.researchgate.net/publication/262299470\\_Estructura\\_y\\_propiedades\\_funcionales\\_de\\_proteinas\\_de\\_leguminosas](https://www.researchgate.net/publication/262299470_Estructura_y_propiedades_funcionales_de_proteinas_de_leguminosas)
- Chornick, T. (2002). *Effect of cultivar and sequential on the physicochemical properties of flaxseed mucilage* [Tesis University of Manitoba, Canada] [https://mspace.lib.umanitoba.ca/bitstream/handle/1993/19583/Chornick\\_Effect\\_of.pdf?sequence=1](https://mspace.lib.umanitoba.ca/bitstream/handle/1993/19583/Chornick_Effect_of.pdf?sequence=1)
- Coffman, C. y García, V. (1977). Functional properties and amino acid content of protein isolate from mungbean flour. *Journal of Food Science and Technology*. 12, 473-484. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1977.tb00132.x>
- Damodaran, S. y Parkin, K. (2017). *Fennema's food chemistry*. Fifth Edition. CRC Press, USA.
- Daun, J., Barthet, V., Chornick, T. y Duguid, S. (2003). Structure, composition, and variety development of flaxseed. In: Thompson, L.U.; Cunanne, S.C. (eds.). *Flaxseed in Human Nutrition*. 2nd ed. Champaign, Illinois. AOCS Press.
- Delgado, N. y Albaracín, W. (2012). Microestructura y propiedades funcionales de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) y chachafruto (*Erythrina edulis*): potenciales extensores cárnicos. *Vitae*, 19 (S1), 430-432. <https://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914135.pdf>
- Demark-Wahnefried, W., Polascik, T., George, S., Switzer, B., Madden, J., Ruffin, M., Snyder, D., Owzar, K., Hars, V., Albalá, D., Walther, P., Robertson, C., Moul, J., Dunn, B., Brenner, D., Minasian, L., Stella, P. y Vollmer, R. (2008). Flaxseed supplementation (not dietary fat restriction) reduces prostate cancer proliferation rates in men presurgery. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention* 17, 3577-3587. DOI: 10.1158/1055-9965.EPI-08-0008
- Dobarganes, C. y Márquez, G. (2000). Interactions between fat and food during deep-frying. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102, 521-528. [https://doi.org/10.1002/1438-9312\(200009\)102:8/9<521::AID-EJLT521>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/1438-9312(200009)102:8/9<521::AID-EJLT521>3.0.CO;2-A)
- Dussán, S., Hurtado, D. y Camacho, J. (2019). Granulometría, propiedades funcionales y propiedades de color de las harinas de quinua y chontaduro. *Información Tecnológica*, 30(5), 3-10. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500003>
- Figueroa, F., Hurtado, M., Estévez, A., Chiffelle, I. y Asenjo, F. (2005). Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry*, 91, 395-401. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.04.036>
- Figueroa, F., Muñoz, O. y Estévez A. (2008). La linaza como fuente de compuestos bioactivos para la elaboración de alimentos. *Revista Agro Sur*, 36(2), 49-58. <http://revistas.uach.cl/pdf/agrosur/v36n2/art01.pdf>
- García, O., Aiello, C., Peña, M., Ruiz, J. y Acevedo, I. (2012). Caracterización físico-química y propiedades funcionales de la harina obtenida de granos de quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) sometidos a diferentes procesamientos. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(4), 919-928. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6104328>
- Goh, K., Pinder, D., Hall, C. y Hemar, Y. (2006). Rheological and light scattering properties of flaxseed polysaccharides aqueous solutions. *Biomacromolecules*, 7, 3098-3103. DOI: 10.1021/bm060577u
- González, R., Bautista, M., Amaya, C. Báez, J. y Moreno, S. (2018). Evaluación tecnofuncional de la harina, aislado e hidrolizado proteico obtenidos

- de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.), quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) y chía (*Salvia hispanica* L.). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3, 579-587. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume3/4/9/96.pdf>
- Guerrero, J., Trejo, M., Moreno, J. y Lira, A. & Pascual-Bustamante, S. (2016). Extracción de fibra de los desechos agroindustriales de cacahuete, para su aplicación en el desarrollo de alimentos. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(2), 806-812. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/9/140.pdf>
- Hall, C., Tulbek, M. y Xu, Y. (2006). Flaxseed. *Advances in Food and Nutrition Research*, 51, 2 – 99. DOI: 10.1016/S1043-4526(06)51001-0
- Hyvärinen, H., Pihlava, J., Hiidenhovi, J., Hietaniemi, V., Korhonen, H. y Ryhänen, A. (2006). Effect of processing and storage on the stability of flaxseed lignan added to bakery products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 48-53. DOI: 10.1021/jf0507590
- Jayaprakasha, H. y Brueckner, H. (1999). Whey protein concentrate: A potential functional ingredient for food industry. *Journal of Food Science and Technology*, 36, 189 – 204.
- Khalid, E., Babiker, E. y El-Tiany, E. (2003). Solubility and functional properties of sesame seed proteins as influenced by pH and/or salt concentration. *Food Chemistry*, 82, 361-366. DOI:10.1016/S0308-8146(02)00555-1
- Lucas, E., Wild, R., Hammond, L., Khalil, D., Juma, S., Daggy, B., Stoecker, B. y Arjmandi, B. (2002). Flaxseed improves lipid profile without altering biomarkers of bone metabolism in postmenopausal women. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 87, 1527–1532. DOI: 10.1210/jcem.87.4.8374
- Magro, M. (2015). *Caracterización fisicoquímica, químico proximal y sensorial de harina precocida a partir de semilla germinada de linaza (Linum usitatissimum) mediante autoclavado y tostado* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1296>
- Mangino, M. (1994). Protein interactions in emulsions: protein-lipid interactions. In Hettiarachchy, N.S. and Ziegler, G.R. (Ed.). *Protein functionality in food systems* (pp 147-173). New York: Marcel Dekker.
- Marcone, M., Kakuda, Y. y Yada, R. (1998). Salt-soluble seed globulins of dicotyledonous and monocotyledonous plants. II. Structural characterization. *Food Chemistry*, 63, 265-274. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(97\)00159-3](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(97)00159-3)
- Mazza, G. y Biliaderis, C. (1989). Functional properties of flax seed mucilage. *Journal of Food Science*, 54, 1302-1305. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1989.tb05978.x>
- McWatters, K. y Cherry, J. (1977). Emulsification, foaming and protein solubility properties of defatted soybean, peanut, fieldpea and pecan flours. *Journal of Food Science*, 42, 1444-1450. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1977.tb08395.x>
- Morris, D. y Vaisey, M. (2003). Availability and labeling of flaxseed food, products and supplements. In: Thompson, L. U.; Cunnane S. C. *Flaxseed in human nutrition* (404-422) Champaign, Illinois. AOCS Press.
- Ojeda, L., de la Cruz, N. y Herrera, H. (2017). La linaza (*Linum usitatissimum* L.) y su papel nutraceútico. *Saber*, 29, 712-722. [https://www.researchgate.net/publication/321781773\\_LA\\_LINAZA\\_Linum\\_usitatissimum\\_L\\_Y\\_SU\\_PAPEL\\_NUTRACEUTICO](https://www.researchgate.net/publication/321781773_LA_LINAZA_Linum_usitatissimum_L_Y_SU_PAPEL_NUTRACEUTICO)
- Oomah, B. y Mazza, G. (1998). Compositional changes during commercial processing of flaxseed. *Industrial Crops and Products*, 9, 29-37. [https://doi.org/10.1016/S0926-6690\(98\)00010-7](https://doi.org/10.1016/S0926-6690(98)00010-7)
- Oomah, B., Kenaschuk, E., Cui, W. y Mazza, G. (1995). Variation in the composition of water-soluble polysaccharides in flaxseed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(6): 1484-1488. <https://doi.org/10.1021/jf00054a013>
- Ostojich, Z. y Sangronis, E. (2012). Caracterización de semillas de linaza (*Linum usitatissimum* L.) cultivadas en Venezuela. Archivos Latinoamericanos de *Nutricion*, 62(2), 192-200. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222012000200014](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222012000200014)

- Puvirajah, A. (2018). *Quality of western Canadian flaxseed* [Archivo PDF]. <https://www.grainscanada.gc.ca/en/grain-research/export-quality/oilseeds/flaxseed/2018/pdf/flaxseed-quality-report-18.pdf>
- Pszczola, D. (2002). 31 Ingredient developments for frozen desserts. *Food Technology*, 56, 46–65. <https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-magazine/issues/2002/october/columns/ingredients>
- Ramírez, A. y Pacheco, E. (2009). Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia*, 34(4), 293-298. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33911575012.pdf>
- Reyes, M., Gómez, I. y Espinoza, C. (2017). *Tablas peruanas de composición de alimentos*. 10ma Edición. MINSA, Perú. [Archivo PDF]. <https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1034/tablas-peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Sánchez, N., Ruiz, J., Dávila, G. y Jiménez, C. (2017). Propiedades tecnofuncionales y biológicas de harina, aislado y fracciones proteicas mayoritarias de semillas de *Inga paterno*. *CYTA-Journal of Food*, 15(3), 400-408. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6069796>
- Sangronis, E., Machado, C. y Cava, R. (2004). Propiedades funcionales de las harinas de leguminosas (*Phaseolus vulgaris* y *Cajanus cajan*) germinadas. *Interciencia*, 29(2), 80-85. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442004000200007](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442004000200007)
- Sathe, S., Desphande, S. y Salunkhe, D. (1982). Functional properties of winged vean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC) proteins. *Journal of Food Science*, 47, 503-509. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1982.tb10112.x>
- Schmidt, S. (2020). Water mobility in foods. In: *Water activity in foods. Fundamentals and applications*. Barbosa, G., Fontana, A., Schmidt, S. y Labuza, T. (Eds.), (pp 61-122) Second Edition. John Wiley & Sons, USA. <https://doi.org/10.1002/9781118765982.ch5>
- Sgarbieri, V. (1998). Propiedades funcionais de proteínas em alimentos. *Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 32, 105-126.
- Taylor, B. y Morrice, L. (1991). Effects of husbandry practices on the seed yield and oil content of linseed in Northern Scotland. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 57, 189 –198. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740570205>
- Vegas, R., Pesantes, I. y Vegas, C. (2017). Efecto del pH y cloruro de sodio sobre las propiedades funcionales de harina de semillas de *Lupinus mutabilis* “tarwi” variedad criolla. *Agroindustrial Science*, 7(1), 49-55. <https://doi.org/10.17268/agroind.science.2017.01.05>
- Viorica-Mirela P., Gruia, A., Raba, D., Dumbrava, D., Moldovan, C., Bordean, D. y Mateescu, C. (2012). Fatty acids composition and oil characteristics of linseed (*Linum utisatissimum* L.) from Romania. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 18(2), 136-140. [https://www.journal-of-agroalimentary.ro/admin/articole/61602L07\\_Popa\\_Vol.18\(2\)\\_2012.pdf](https://www.journal-of-agroalimentary.ro/admin/articole/61602L07_Popa_Vol.18(2)_2012.pdf)
- Yasumatsu, K., Sawada, S., Moritaka, M., Misaki, J., Toda, T. y Wada, K. (1992). Studies on the functional properties of food grade soybean products: whipping and emulsifying properties of soybean products. *Agricultural and Biological Chemistry*, 36, 719-727. <https://doi.org/10.1080/0021369.1972.10860298>