

Propiedades químicas y físicas de harinas proteicas obtenidas por hidrólisis enzimática.

Gremsqui, Ileana de los A.¹; Giménez, María A.¹; Lobo, Manuel O.¹ y Sammán, Norma C.¹

(1) Centro de Investigación Interdisciplinario en Tecnología y Desarrollo Social del NOA (CIITeD) – CONICET. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy.
ileanagremsqui96@gmail.com; malejandragimenez@gmail.com
Área temática: Forestal, Agronomía y Alimentos (FAA)

RESUMEN

La producción de harinas proteicas a partir de materias primas no tradicionales destinadas a personas con regímenes especiales se ha incrementado en los últimos años. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar propiedades físicas y químicas de harinas de haba (*Vicia Faba L.*) y quínoa (*Chenopodium quinoa Wild*) hidrolizadas con Flavourzyme (HHF y HQF respectivamente) para su aplicación como suplemento nutricional en polvo para deportistas. El proceso de hidrólisis aplicado permitió obtener mayor grado de hidrólisis en HQF (21,8%) respecto a HHF (12,6%). El rendimiento, recuperación proteica y contenido de proteínas fue significativamente mayor en HHF (32,1; 69,9 y 57,3% respectivamente). HQF presentó mayor contenido de fibra dietaria (23,18%) y cenizas (14,11%). Las actividades de agua de ambas harinas hidrolizadas no mostraron diferencias significativas y presentaron humedad <10%. Respecto a las propiedades físicas de importancia para productos en polvo, HQF mostró características de fluidez tolerable pero con mayor porosidad (29,50%), dispersabilidad (71,66%), solubilidad (62,34%) y termoestabilidad (34,30%) que HHF. Sin embargo, esta última presentó características de buena fluidez y menor higroscopicidad (18,15%). Debido al alto contenido proteico y adecuadas propiedades físicas, las harinas hidrolizadas en polvo podrían ser utilizadas como suplemento nutricional en la preparación de bebidas proteicas para deportistas.

Palabras claves: (quínoa – haba - harinas - hidrólisis - propiedades)

ABSTRACT

The production of protein flours from non-traditional raw materials intended for people with special diets has increased in recent years. The present objective is to evaluate the physical and chemical properties of bean flour (*Vicia Faba L.*) and quinoa (*Chenopodium quinoa Wild*) hydrolyzed with Flavourzyme (HHF and HQF respectively) for its application as a nutritional supplement in powder for athletes. The hydrolysis process applied to obtain a higher degree of hydrolysis in HQF (21.8%) compared to HHF (12.6%). The yield, protein recovery and protein content were significantly higher in HHF (32.1, 69.9 and 57.3% respectively). HQF presented higher content of dietary fiber (23.18%) and ash (14.11%). The water activities of both hydrolyzed flours did not show significant differences and showed humidity <10%. Regarding the physical properties of importance for powdered products, HQF showed characteristics of tolerable fluidity but with higher porosity (29.50%), dispersibility (71.66%), solubility (62.34%) and thermostability (34.30 %) than HHF. However, the latter presented characteristics of good fluidity and less hygroscopicity (18.15%). Due to the high protein content and adequate physical properties, hydrolyzed powdered flours could be used as a nutritional supplement in the preparation of protein drinks for athletes.

Keywords: (quinoa - bean - hydrolysis - properties)

1 INTRODUCCION

En la actualidad existe un gran interés por el uso de materias primas no tradicionales tales como, quínoa, amaranto, algarrobo, lupino, habas, etc. (Umaña, 2013; Velásquez, 2014) cuya finalidad es la obtención de harinas de alto contenido proteico de buena calidad. El haba (*Vicia Faba L.*) se caracteriza por tener un alto contenido proteico (más de 20%), carbohidratos, minerales y fibra (Żmudziński, 2021). La quínoa (*Chenopodium quinoa Wild.*) contiene 14-18% de proteína de buena calidad nutricional (Abugoch, 2009) y ha sido reconocida como un alimento completo debido a su composición nutricional equilibrada (Wang, 2015). Sus propiedades de absorción y digestibilidad proteica y las tecnofuncionales como solubilidad, poder emulsionante, espumante y otras, pueden ser mejoradas mediante procesos enzimáticos (Wouters, 2016; Samaei, 2020). La Flavourzyme (proteasa producida por *Aspergillus oryzae*) es una mezcla de endo y exopeptidasas con una amplia acción catalítica. Ésta junto con otras enzimas (alcalasa, papaína, bromelina, neutrasa, etc.) han sido ampliamente utilizadas para la producción de hidrolizados proteicos (Muhamyankaka, 2013; Schlegel, 2019). Generalmente los productos hidrolizados se utilizan ampliamente como ingredientes, aditivos o suplementos alimentarios en polvo destinados a grupos de personas con regímenes especiales debido a diversas patologías (Amador-Licon, 2018; De la Cruz-Góngora, 2019), o en personas con alto requerimiento de nutrientes como mujeres embarazadas o adultos mayores. También es el caso de deportistas de todas las edades que demandan de una ingesta de suplementos nutricionales para obtener una mejora o aumento en el rendimiento deportivo (Redondo, 2019; Herrero, 2016). Los suplementos en polvo tienen como condición fundamental una fácil y rápida reconstitución en un medio líquido. En este sentido, las propiedades físicas tales como densidad, actividad de agua, fluidez, porosidad, higroscopicidad, termoestabilidad, entre otras no solo influyen directamente en la calidad y aceptación de los consumidores sino también en las condiciones de envasado, transporte, mezclado, diseño de equipo y la predicción de su funcionamiento, interadherencia de partículas etc. (Cerezal Mezquita, 2008). El objetivo del presente trabajo fue la determinación de las propiedades físicas y químicas de harinas de haba y quínoa hidrolizadas enzimáticamente para su posible aplicación como suplemento nutricional en polvo para deportistas.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materia prima

La harina de haba (*Vicia Faba L.*) (HH) y los granos de quínoa (*Chenopodium quinoa wild.*) fueron provistos por pequeños productores de la Quebrada de Humahuaca, Jujuy. Para la obtención de la harina de quínoa (HQ), los granos fueron lavados 10 veces con agua para remover las saponinas (Calliope, 2015). Luego se secaron en estufa de aire forzado a 40°C durante 24 h y se molieron en un molinillo centrífugo (ARCANO. Modelo: FW 100, China). La HQ obtenida se desgrasó con Éter de petróleo (30-65°C). HH y HQ fueron almacenadas en bolsas de polietileno selladas herméticamente hasta su uso. La enzima utilizada fue Flavourzyme 500 L (Sigma Aldrich). Los productos químicos y solventes utilizados fueron de grado analítico.

2.2 Obtención de las harinas hidrolizadas

La hidrólisis de HH y HQ se realizó de acuerdo a Lee (2001) con algunas modificaciones. Se trabajó con 500 mL de una suspensión de harina en agua al 10%. Luego, cuando la temperatura de la suspensión alcanzó los 50°C, se añadió Flavourzyme (25 LAPU/g de proteína). La hidrólisis de las harinas se llevó a cabo por 1 y 3h para HH y HQ, respectivamente con agitación continua y manteniendo el pH en 8 (0.1 M NaOH). Las condiciones mencionadas anteriormente se seleccionaron a partir de ensayos preliminares evaluando el Índice de Nitrógeno Soluble (Lee, 2001) a diferentes valores de pH (5-8), temperatura (50-60°C) y tiempo (1-3 h). Las mezclas obtenidas se centrifugaron (HANIL Modelo: Combi 514R, Corea del Sur) a 4500 g durante 30 min (4°C). El sobrenadante se calentó a 85°C por 10 min para inactivar la enzima, se ajustó el pH a 7 y se determinó el grado de hidrólisis (GH) mediante la relación del porcentaje del nitrógeno soluble en ácido tricloroacético (TCA) al 20% del nitrógeno total del sobrenadante (Kong, 2007). El sobrenadante se secó a 35°C en estufa de convección de aire forzado y fue molido en un molinillo centrífugo hasta un tamaño de partícula <149 µm (malla n° 100). Al material seco se lo denominó harina de haba y quínoa hidrolizada con Flavourzyme (HHF y HQF respectivamente) y se almacenó a temperatura ambiente en bolsa de polietileno hasta su análisis.

2.3 Rendimiento en masa y recuperación proteica

El rendimiento y recuperación proteica de HHF y HQF se calculó de acuerdo a Noman (2018) y Bucko (2016), respectivamente con las siguientes ecuaciones:

$$R\% = \frac{m_h}{m_f} * 100 \quad (1)$$

Donde R%: rendimiento, mh: masa de la harina hidrolizada, y mf: masa de harina de haba utilizada.

$$RP\% = \frac{m_h c_h}{m_f c_f} * 100 \quad (2)$$

Donde RP%: recuperación proteica, ch: porcentaje de masa de proteína en la harina hidrolizada seca, y cf: porcentaje de masa de proteína en la harina de haba.

2.4 Composición química

Proteína, lípidos, cenizas y fibra dietaria total (FDT) se determinaron de acuerdo a técnicas AOAC (2015) y el contenido de hidratos de carbohidratos (HC) por diferencia = 100 - (proteína + cenizas + lípidos + FDT). Los azúcares solubles (AS) se determinaron por el método de Dubois (1956).

2.5 Propiedades físicas

2.5.1 Humedad y actividad de agua

La humedad de HHF y HQF se determinó de acuerdo a Sarabandi (2018). La actividad de agua (a_w) se determinó utilizando un analizador Aqua Lab (Decagon Devices, USA) a 25°C después de la estabilización de las muestras a dicha temperatura durante 40 min.

2.5.2 Densidad aparente y compactada

Ambas densidades (g/mL) se calcularon de acuerdo a Sarabandi (2018) con algunas modificaciones. La densidad aparente (ρ_A) se obtuvo agregando 1g de harina hidrolizada en un cilindro graduado vacío de 10 mL y, la relación de masa de dicha harina y el volumen ocupado en el cilindro se determinó como el valor de la densidad aparente. Luego, el cilindro se golpeó manualmente 10 veces sobre una superficie de goma desde una altura de 15 cm, se obtuvo el cambio de volumen leído directamente desde el cilindro y se determinó la densidad compactada (ρ_C).

2.5.3 Relación de Husner e Índice de Carr

Las características de fluidez de HHF y HQF se determinaron según la relación de Husner (RH) y el índice de Carr (IC) de acuerdo a Kaleem (2020) utilizando los valores densidad aparente y compactada determinadas anteriormente.

$$RH = \frac{\rho_C}{\rho_A} \quad (3)$$

$$IC = \frac{\rho_C - \rho_A}{\rho_C} * 100 \quad (4)$$

Se utilizó los valores de referencia de la Tabla 1 para determinar las características de fluidez.

Fluidez	RH	IC
Excelente	1.00 – 1.11	≤ 10
Buena	1.12 – 1.18	11 - 15
Adecuada	1.19 – 1.25	16 - 20
Tolerable	1.26 – 1.34	21 - 25
Pobre	>1.35	>26

Tabla 1. Características de fluidez

2.5.4 Densidad de partícula

La densidad de partícula (ρ_P) se calculó de acuerdo a Jinapong (2008). 1g de harina hidrolizada se transfirió a un cilindro medidor de 10 cm con un tapón de vidrio. Se añadió 5 mL de éter de petróleo y el cilindro se agitó hasta que se suspendieron todas las partículas de la muestra. Al finalizar, todas las partículas de la muestra que quedaron en las paredes del cilindro se enjuagaron con 1 mL adicional de éter de petróleo y se leyó el volumen total de éter con la muestra suspendida. La densidad de partícula se calculó de la siguiente manera:

$$\rho_P = \frac{\text{peso del hidrolizado (g)}}{\text{Volumen (mL) de éter de petróleo} - 6} \quad (5)$$

2.5.5 Porosidad

La porosidad (ξ) de HHF y HQF se calculó utilizando la relación entre la densidad de partícula y la densidad compactada según Jinapong (2008) como se muestra a continuación:

$$\xi = \frac{\rho_P - \rho_C}{\rho_P} * 100 \quad (6)$$

2.5.6 Dispersabilidad

La dispersabilidad (D) se determinó de acuerdo a Laokuldilok (2015) con algunas modificaciones. Se añadió 1g de harina hidrolizada a 10 mL de agua destilada y luego se agitó vigorosamente en un agitador magnético durante 25 s. El reconstituido se pasó a través de un tamiz de 210 μm . Una alícuota de 1 mL de la solución tamizada fue transferida a una caja de aluminio y se secó a 105°C durante 4h. Luego

los sólidos totales como porcentaje se utilizaron para el cálculo de la dispersabilidad siguiendo la ecuación:

$$\%D = \frac{(10 + a) + \%ST}{a + (100 - \frac{b}{100})} \quad (7)$$

Donde a: es la cantidad de harina hidrolizada utilizada (g), b: es el contenido de humedad de la harina hidrolizada y %ST: es el porcentaje de materia seca de la harina hidrolizada después de haber sido pasado por el tamiz.

2.5.7 Solubilidad

La solubilidad (S) se determinó de acuerdo a Jinapong (2008) con algunas modificaciones. 1 g de harina hidrolizada se disolvió en 10 mL de agua destilada y se agitó continuamente durante 30 min. La suspensión se centrifugó a 6000 rpm por 20 min. El sobrenadante se transfirió completamente a una caja de aluminio y se secó a 105°C durante 24 h. Después del secado, se midió el peso seco soluble y se utilizó para calcular la solubilidad como porcentaje.

2.5.8 Higroscopicidad

La higroscopicidad (Hg) se determinó de acuerdo a Sarabandi (2018) con ligeras modificaciones. Aproximadamente 2 g de cada harina hidrolizada se colocaron en un desecador que contenía solución saturada de NaCl (75% HR) almacenado a 25°C durante 7 días. La higroscopicidad se expresó como gramos de humedad adsorbida por 100 g de sólidos secos (g/100g).

2.5.9 Termoestabilidad

La termoestabilidad (TE) se determinó de acuerdo a Mohamed (2009). Se agitaron suspensiones de harina hidrolizada (2%, pH 6,8) en un agitador magnético durante 15 min y 2 alícuotas (10 mL) se analizaron por su contenido de proteínas por el método Kjeldahl. Otras 2 alícuotas (10 mL) se colocaron en tubos de ensayo con tapa y se calentaron en un baño de agua hirviendo durante 20 min. Después de enfriar rápidamente a 22°C y centrifugar a 2000 g por 20 min, se analizó el contenido de proteína del sobrenadante. La agregación térmica de las harinas hidrolizadas se representó por la diferencia en el contenido de proteína del sobrenadante causada por el calentamiento.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Grado de hidrólisis (GH)

HHF y HQF presentaron GH de 12.57 y 21.79%,

respectivamente (Tabla 2). El menor GH obtenido en HHF podría deberse al menor tiempo de hidrólisis empleado y a la liberación de péptidos de mayor tamaño insolubles en TCA (Sbroggio, 2016).

	HHF	HQF
GH (%)	12,57 ± 0,78 ^a	21,79 ± 0,69 ^b
R (%)	32,14 ± 1,23 ^b	21,02 ± 0,88 ^a
RP (%)	69,88 ± 0,36 ^b	67,28 ± 0,16 ^a
Proteínas	57,31 ± 0,29 ^b	54,69 ± 0,13 ^a
Lípidos	0,004 ± 0,000 ^a	0,003 ± 0,000 ^a
Cenizas	11,79 ± 0,42 ^a	14,11 ± 0,28 ^b
FDT	10,56 ± 0,41 ^a	23,18 ± 0,74 ^b
HC	20,34	8,02
AS	9,95 ± 0,87 ^a	8,46 ± 0,89 ^a

Tabla 2. Rendimiento en masa, recuperación proteica, grado de hidrólisis y composición proximal de las harinas hidrolizadas.

HHF: Harina hidrolizada de haba; HQF: Harina hidrolizada de quínoa. Los valores en cada fila seguidos de diferentes letras en superíndice son significativamente diferentes (p<0,05). Los valores son medias ± desviaciones estándar (g/100g bs) del análisis por triplicado. Los valores en cada fila seguidos de diferentes letras en superíndice son significativamente diferentes (p<0,05).

3.2 Rendimiento en masa y recuperación proteica

El rendimiento en masa y la recuperación proteica de las harinas hidrolizadas se muestran en la Tabla 2. Ambos parámetros fueron significativamente mayores (p<0,05) en HHF debido a su mayor solubilización y contenido de proteínas (Thamnarathip, 2016).

3.3 Composición proteica

En la tabla 2 se muestra la composición proximal de las harinas hidrolizadas. El contenido de proteínas en HHF es mayor (p<0,05) que en HQF, esto se debería al mayor contenido de proteínas del material de partida y a la mayor solubilización de proteínas y material de bajo peso molecular (Zhao, 2012) producido durante la hidrólisis a pesar de presentar un menor GH. El contenido de cenizas y fibra fueron

significativamente diferentes ($p < 0,05$). El alto contenido de cenizas podría ser debido a la adición de NaOH requerido para ajustar el pH durante la hidrólisis (Nwachukwu, 2019). El mayor contenido de fibra en HQF la convierte en una fuente importante de fibra para ser utilizada como ingrediente en diferentes formulaciones alimenticias. El contenido de azúcares no presentó diferencias significativas entre las harinas hidrolizadas. Las diferencias en la composición proximal de las harinas hidrolizadas se deben a las características propias de las materias primas de partida utilizadas.

3.4 Propiedades físicas

3.4.1 Humedad y actividad de agua

La tabla 3 muestra el contenido de humedad y actividad de agua (a_w) de las harinas hidrolizadas. HQF mostró el mayor contenido de humedad ($p < 0,05$), sin embargo ambas harinas hidrolizadas presentaron contenidos de humedad menor al 10%, valores adecuados para la estabilidad de los alimentos. Los valores de a_w cercanos a 0,35 no presentaron diferencias significativas. Esta actividad de agua (inferior a 0,6) indica estabilidad microbiológica y bioquímica durante un almacenamiento adecuado para las harinas hidrolizadas (Sarabandi, 2018; Arepally, 2019).

3.4.2 Densidad aparente y compactada

Los valores de ambas densidades se muestran en la Tabla 3. HHF presentó valores mayores en ambas densidades ($p < 0,05$). Esto indicaría una menor superficie de contacto para enlaces e interacciones entre partículas, disminuyendo la cohesión, mejorando la fluidez, lo que favorecería el empaque de la misma (Jinapong, 2008).

3.4.3 Relación de Husner e Índice de Carr

Las harinas hidrolizadas presentaron diferentes características de flujo (Tabla 3). Por la proporción de Husner e Índice de Carr (Tabla 1) HHF se caracterizó por una buena fluidez, mientras que HQF presentó características de fluidez tolerable. La característica de buena fluidez en HHF se debe a su mayor densidad aparente y compactada como se discute en el punto anterior (Jinapong, 2008). El valor de fluidez tolerable de HQF puede ser debido a su mayor contenido de humedad lo que conduce a un aumento en la cohesión y en la fuerza de fricción entre partículas (Bhusari, 2014).

3.4.4 Densidad de partícula

La tabla 3 muestra la densidad de partícula de las

harinas hidrolizadas. HHF presentó menor densidad de partícula respecto a HQF ($p < 0,05$). Esto se debería a la presencia de partículas más finas, con menos espacio entre ellas, lo que concuerda con su mayor densidad de compactación (Bhusari, 2014).

3.4.5 Porosidad

La porosidad en HQF fue significativamente mayor que HHF ($p < 0,05$) (Tabla 3) lo que favorecería la reconstitución de esta harina hidrolizada en un medio líquido (Arepally, 2019). La menor porosidad de HHF concuerda con su mayor densidad, compactación y menor densidad de partícula. Esta menor porosidad aumentaría la estabilidad de HHF en el almacenamiento (Premi, 2017).

3.4.6 Dispersabilidad

HQF presentó mayor dispersabilidad que HHF ($p < 0,05$) (Tabla 3). Sin embargo, ambas harinas hidrolizadas presentan valores de dispersabilidad que se encuentran dentro del rango ideal para alimentos (67,08-99,98) (Bhusari, 2014). De acuerdo a Abdalla (2010) un mayor contenido de azúcares podría mejorar esta propiedad.

3.4.7 Solubilidad

La solubilidad de HQF fue mayor que HHF ($p < 0,05$). Esto podría ser debido a su mayor GH, contenido de azúcar y porosidad. La mayor porosidad de HQF permitiría mejor absorción capilar de agua en la rehidratación (Ishwarya, 2015).

3.4.8 Higroscopicidad

Los porcentajes de higroscopicidad de las harinas hidrolizadas se muestran en la Tabla 3. HQF presentó una mayor higroscopicidad ($p < 0,05$) lo que indica que absorbió más rápidamente la humedad del medio ambiente comprometiendo su estabilidad (Laokuldilok, 2015). Esto se debería a que la totalidad de sus carbohidratos son azúcares, que llevó a la obtención de un material aglomerado y pegajoso (Sapper, 2015). Por otro lado, el mayor GH podría haber generado un mayor contenido de péptidos de bajo peso molecular que presentan una mayor higroscopicidad (Espejo-Carpio, 2013).

3.4.9 Termoestabilidad

HQF presentó una mayor termoestabilidad que HHF ($P < 0,05$) (Tabla 3). Esto indica que HQF presenta una mayor capacidad para mantener a sus proteínas y péptidos solubles cuando se someten a temperaturas de procesamiento elevadas, evitando la agregación y precipitación (Mohamed, 2009).

Tabla 3. Propiedades físicas de las harinas hidrolizadas.

	HHF	HQF
Humedad (%)	6,69 ± 0,28 ^a	9,52 ± 0,42 ^b
a _w	0,359 ± 0,01 ^a	0,345 ± 0,00 ^a
ρA (g/mL)	0,77 ± 0,03 ^b	0,50 ± 0,03 ^a
ρC (g/mL)	0,88 ± 0,00 ^b	0,65 ± 0,05 ^a
RH	1,14 ± 0,01 ^a	1,29 ± 0,06 ^b
IC (%)	12,52 ± 0,71 ^a	22,49 ± 3,54 ^b
ρP (g/mL)	1,25 ± 0,02 ^a	1,67 ± 0,04 ^b
ξ (%)	29,50 ± 0,73 ^a	61,13 ± 1,26 ^b
D (%)	66,46 ± 1,55 ^a	71,66 ± 1,46 ^b
S (%)	27,70 ± 3,05 ^a	62,34 ± 1,94 ^b
Hg (%)	18,15 ± 0,58 ^a	24,26 ± 0,59 ^b
TE (%)	17,56 ± 0,43 ^a	34,30 ± 2,45 ^b

HHF: Harina hidrolizada de haba; HQF: Harina hidrolizada de quínoa. Los valores en cada fila seguidos de diferentes letras en superíndice son significativamente diferentes (p<0,05).

4 CONCLUSIÓN

La hidrólisis enzimática permitió obtener harinas altamente proteicas, ricas en fibra dietaria y con adecuadas propiedades físicas. Las buenas características de porosidad y dispersabilidad en la harina de quínoa hidrolizada determinan su mejor solubilidad haciéndola aprovechable para su reconstitución en un medio líquido. Su alta higroscopicidad limitaría su estabilidad y vida útil, sin embargo se podría utilizar en productos de panadería, correctamente envasados, ya que la retención de agua es indispensable para mantener fresca y sensación de humedad en la boca, de los alimentos horneados. Por su mayor termoestabilidad podría ser sometida a tratamientos con elevada temperatura. Por otra parte las propiedades físicas de la harina de haba hidrolizada, podrían ser mejoradas

mediante la adición de agentes estabilizantes. Por lo tanto, estas harinas hidrolizadas podrían ser un ingrediente adecuado para la formulación de alimentos para deportistas como bebidas altamente proteicas y productos de panadería como galletas, bizcochuelos, etc.

5 REFERENCIAS

- AOAC, Association of Official Analytical Chemists. *Methods of Analysis*. <http://www.aoac.org/>. 2015.
- Abdalla, A.A., M.A. Mohammed, H.A. Mudawi, Production and quality assessment of instant baobab (*Adansonia digitata* L.). *Advance Journal of Food Science and Technology*, 2(2), 125-133, 2010.
- Abugoch, L., E. Castro, C. Tapia, M. C. Añón, P. Gajardo, A. Villarroel, Stability of quinoa flour proteins (*Chenopodium quinoa* Willd.) during storage. *International journal of food science & technology*, 44(10), 2013-2020, 2009.
- Amador-Licona, N., E.V. Moreno-Vargas, C. Martínez-Cordero, Ingesta de proteína, lípidos séricos y fuerza muscular en ancianos. *Nutrición Hospitalaria*, 35(1), 65-70, 2018.
- Arepally, D., T.K. Goswami, Effect of inlet air temperature and gum Arabic concentration on encapsulation of probiotics by spray drying. *Lwt*, 99, 583-593, 2019.
- Bhusari, S. N., K. Muzaffar, P. Kumar, Effect of carrier agents on physical and microstructural properties of spray dried tamarind pulp powder. *Powder technology*, 266, 354-364, 2014.
- Bučko, S., J. Katona, L. Popović, L. Petrović, J. Milinković, Influence of enzymatic hydrolysis on solubility, interfacial and emulsifying properties of pumpkin (*Cucurbita pepo*) seed protein isolate. *Food Hydrocolloids*, 60, 271-278, 2016.
- Calliope, S.R., M.O. Lobo, N.C. Sammán, Proceso de elaboración de hojuelas cocidas de quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 65(4), 234-342, 2015.
- Cerezal Mezquita, P., A. Carrasco Verdejo, K. Pinto Tapia, R. Arcos Zavala, Suplemento alimenticio de alto contenido proteico para niños de 2-5 años.: II. Propiedades físicas, químicas, reológicas y color. *Interciencia*, 33(4), 301-307, 2008.
- De la Cruz, V.G., B.T. Martínez, L.N. Cuevas, E.B. Rangel, M.C.Z. Medina, A.G. García, S. Villalpando, R. Rebollar, T.L. Shamah, Anemia, deficiencias de zinc y hierro, consumo de suplementos y morbilidad en niños mexicanos de 1 a 4 años: resultados de la Ensanut 100k. *Salud pública de México*, 61:821-832, 2019.
- Dubois, M.; K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Robers,

- F. Smith, Colorimetric method for the determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28(3), 350-356, 1956.
- Espejo-Carpio, F.J., A. Guadix, E.M. Guadix, Spray drying of goat milk protein hydrolysates with angiotensin converting enzyme inhibitory activity. *Food and bioprocess technology*, 7(8), 2388-2396, 2014.
- Ishwarya, S. P., C. Anandharamkrishnan, Spray-freeze-drying approach for soluble coffee processing and its effect on quality characteristics. *Journal of Food Engineering*, 149, 171-180, 2015.
- Jinapong, N., M. Supphantharika, P. Jamnong, Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of food engineering*, 84(2), 194-205, 2008.
- Kaleem, M.A., M.Z. Alam, M. Khan, S.H.I. Jaffery, B. Rashid, An experimental investigation on accuracy of Hausner Ratio and Carr Index of powders in additive manufacturing processes. *Metal Powder Report*, Article in press, 2020.
- Kong, X., H. Zhou, H. Qian, Enzymatic hydrolysis of wheat gluten by proteases and properties of the resulting hydrolysates, *Food Chemistry*, 102, 759-763, 2007.
- Herrero, J.R., A.J. Ortega, Alimentación del adolescente en situaciones especiales: embarazo, lactancia y deporte. *Revista de Formación Continuada de la Sociedad Española de Medicina de la Adolescencia*, 4(3), 31-44, 2016.
- Laokuldilok, T., N. Kanha, Effects of processing conditions on powder properties of black glutinous rice (*Oryza sativa* L.) bran anthocyanins produced by spray drying and freeze drying. *LWT-Food Science and Technology*, 64(1), 405-411, 2015.
- Lee, J.Y., H.D. Lee, C.H. Lee, Characterization of hydrolysates produced by mild-acid treatment and enzymatic hydrolysis of deffated soybean flour, *Food Research International*, 34(2-3), 217-222, 2001.
- Mohamed, G.F., F.S. Taha, S.S. Mohamed, Enzymatic protein hydrolysates of common carp fish: I. Functional properties and molecular weight distribution. *Alexandria Journal of Food Science and Technology*, 6, 49-60, 2009.
- Muhamyankaka, V., C. F. Shoemaker, M. Nalwoga, X.M. Zhang, Physicochemical properties of hydrolysates from enzymatic hydrolysis of pumpkin (*Cucurbita moschata*) protein meal. *International Food Research Journal*, 20(5), 2227, 2013.
- Noman, A., Y. Xu, W.Q. Al-Bukhaiti, S.M. Abed, A.H. Ali, A.H. Ramadhan, W. Xia, Influence of enzymatic hydrolysis conditions on the degree of hydrolysis and functional properties of protein hydrolysis obtained from Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*) by using papain enzyme. *Process Biochemistry*, 67, 19-28, 2018.
- Nwachukwu, I.D., R.E. Aluko, A systematic evaluation of various methods for quantifying food protein hydrolysate peptides. *Food Chemistry*, 270, 25-31, 2019.
- Premi, M., H.K. Sharma, Effect of different combinations of maltodextrin, gum Arabic and whey protein concentrate on the encapsulation behaviour and oxidative stability of spray dried drumstick (*Moringaoleifera*) oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, 105, 1232-1240, 2017.
- Redondo, R.B., C.J.C. Fernández, C. D.T. Galván, M. del Valle Soto, L.F. Bonafonte, A.G. Gabarra, T.A. Gaztañaga, P.M. Manonelles, B.M. González, N.G.A. Palacios, J.A.V. García, Suplementos nutricionales para el deportista. Ayudas ergogénicas en el deporte, *Revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, 36(1), 1-114, 2019.
- Samaci, S.P., M. Ghorbani, D. Tagliazucchi, S. Martini, R. Gotti, T. Themelis, E. Babini, Functional, nutritional, antioxidant, sensory properties and comparative peptidomic profile of faba bean (*Vicia faba*, L.) seed protein hydrolysates and fortified apple juice. *Food Chemistry*, 330, 127120, 2020.
- Sapper, M.; N. Martínez, M. Camacho, Medida de las propiedades físicas de productos de fruta en polvo. *Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural*. Tesis de master, 2015.
- Sarabandi, K., A.S. Mahoonak, H. Hamishekar, M. Ghorbani, S.M. Jafari, Microencapsulation of casein hydrolysates: Physicochemical, antioxidant and microstructure properties. *Journal of Food Engineering*, 237, 86-95, 2018.
- Sbroggio, M.F., M.S. Montilha, V.R.G.D. Figueiredo, S.R. Georgetti, L.E. Kurozawa, Influence of the degree of hydrolysis and type of enzyme on antioxidant activity of okara protein hydrolysates. *Food Science and Technology*, 36(2), 375-381, 2016.
- Schlegel, K., K. Sontheimer, A. Hickisch, A.A. Wani, P. Eisner, U. Schweiggert-Weisz, Enzymatic hydrolysis of lupin protein isolates—Changes in the molecular weight distribution, technofunctional characteristics, and sensory attributes. *Food science & nutrition*, 7(8), 2747-2759, 2019.
- Thamnarathip, P., K. Jangchud, A. Jangchud, S. Nitisinprasert, S. Tadakittisarn, B. Vardhanabhuti, Extraction and characterisation of R iceberry bran protein hydrolysate using enzymatic

- hydrolysis. *International Journal of Food Science & Technology*, 51(1), 194-202, 2016.
- Umaña, J., S. Lopera, C. Gallardo, Caracterización de harinas alternativas de origen vegetal con potencial aplicación en la formulación. *Alimentos Hoy*, 22(29), 33-46, 2013.
- Velásquez, L., V. Aredo, Y. Caipo, E. Paredes, Optimización por diseño de mezclas de la aceptabilidad de una galleta enriquecida con quinua (*Chenopodium quinoa*), soya (*Glycine max*) y cacao (*Theobroma cacao* L.). *Agroindustrial Science*, 4(1), 35-42, 2014.
- Wang, S., A. Opasathavorn, F. Zhu, Influence of Quinoa Flour on Quality Characteristics of Cookie, Bread and Chinese Steamed Bread. *Journal of Texture Studies*, 46(4), 281-292, 2015.
- Wouters, A. G., I. Rombouts, E. Fierens, K. Brijs, J.A. Delcour, Relevance of the functional properties of enzymatic plant protein hydrolysates in food systems. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(4), 786-800, 2016.
- Zhao, Q., H. Xiong, C. Selomulya, D. Chen, H. Zhong, S. Wang, W. Sun, Q. Zhou, Enzymatic hydrolysis of rice dreg protein: Effects of enzyme type on the functional properties and antioxidant activities of recovered proteins. *Food Chemistry*, 134, 1360-1367, 2012.
- Żmudziński, D., U. Goik, P. Ptaszek, Functional and Rheological Properties of *Vicia faba* L. Protein Isolates. *Biomolecules*, 11(2), 178, 2021.