

**Propiedades químicas, físicas y tecnofuncionales
de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum*) para
uso como extensor en productos cárnicos frescos
picados**

Noelia Paola Vega Montaña

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Noviembre, 2020

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Propiedades químicas, físicas y tecnofuncionales de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum*) para uso como extensor en productos cárnicos frescos picados

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Noelia Paola Vega Montaña

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2020

Propiedades químicas, físicas y tecno-funcionales de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum*) para uso como extensor en productos cárnicos frescos picados

Noelia Paola Vega Montaña

Resumen. La cáscara de papa es un subproducto con un alto potencial para usarse en formulaciones de alimentos. El objetivo del presente estudio fue evaluar las propiedades químicas físicas y tecno-funcionales, de la harina obtenida a partir de cáscara de papa, y compararla con la proteína de soya texturizada. Para lo cual, se evaluaron las capacidades de retención de agua (CRA), de retención de aceite (CRAC), de hinchamiento (CH), de gelificación (CG), y emulsificante (CE). También se analizó pH, color (L*, a*, b*, C, h), y composición química proximal. Se realizó un análisis por comparación de muestras independientes utilizando el programa SAS® y una prueba t-estudiante con una probabilidad < 0.05. Los resultados muestran que la composición química proximal presentó diferencias entre los componentes, ya que la cáscara de papa presentó el mayor contenido de carbohidratos, humedad y grasa, a diferencia de la proteína de soya, cuya composición mostró mayor contenido de proteína y ceniza. El pH de la cáscara de papa fue más bajo (ácido) que la proteína de soya. Con relación al color, los resultados presentaron diferencias estadísticas en los valores L*, b*, C y h. En las propiedades tecno-funcionales, la cáscara de papa mostró altos valores en CRA, CRAC, CH y CG, mientras que la proteína de soya resultó con alta CE. Por lo anterior, la cáscara de papa puede ser considerado como un ingrediente potencial para su uso como extensor en el desarrollo de productos cárnicos frescos picados.

Palabras clave: Almidones, carbohidratos, grasa, ligar agua, proteína de soya texturizada.

Abstract. Potato peel is a by-product with high potential for use in food formulations. The objective of the present study was to evaluate the physical and techno-functional chemical properties of the flour obtained from potato peel, and to compare it with textured soy protein. For which, the capacities of water retention (CRA), oil retention (CRAC), swelling (CH), gelling (CG), and emulsifying (CE) were evaluated. PH, color (L *, a *, b *, C, h), and proximal chemical composition were also analyzed. An analysis was performed by comparison of independent samples using the SAS® and a t-student test with a probability of < 0.05. The results show that the proximal chemical composition showed differences between the components, since the potato peel presented the highest content of carbohydrates, moisture and fat, unlike the soy protein, whose composition showed the highest content of protein and ash. The pH of the potato peel was lower (acidic) than the soy protein. In relation to color, the results presented statistical differences in the L *, b *, C and h values. In the techno-functional properties the potato peel showed high values in CRA, CRAC, CH and CG, while the soy protein had a high CE. Therefore, potato peel can be considered as a potential ingredient for use as an extender in the development of minced meat products.

Key words: Bind water, carbohydrates, fat, starches, textured soy protein.

ÍNDICE GENERAL

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
4. CONCLUSIONES.....	12
5. RECOMENDACIONES.....	13
6. LITERATURA CITADA.....	14
7. ANEXOS.....	19

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURA Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Resultados de análisis composición química proximal y pH de harina de cáscara de papa y proteína de soya texturizada.....	6
2. Resultados de análisis de color de la harina de cáscara de papa y la proteína de soya texturizada.....	8
3. Resultados de propiedades tecno-funcionales de harina de cáscara de papa y proteína de soya texturizada.....	10
4. Resultados de análisis de la capacidad de gelificación de harina de cáscara de papa y proteína de soya texturizada.....	11

Figura	Página
1. Color de la harina de cáscara de papa (a) y proteína de soya texturizada (b).	9

Anexos	Página
1. Harina de cáscara de papa.....	19
2. Evaluación de color instrumental de harina de cáscara de papa.	19
3. Análisis de proteínas de la harina de cáscara de papa.	20
4. Capacidad de gelificación de la harina de cáscara de papa.....	20

1. INTRODUCCIÓN

Los residuos de cáscara de papa son una preocupación constante en las plantas procesadoras de este tubérculo, generando la necesidad de buscar alternativas funcionales y ecológicas para solventar este problema. Este subproducto es denominado como desperdicio de valor cero en las industrias, aunque en estudios recientes se han descubierto algunas propiedades que podrían ser aprovechadas para incluirse como extensor en el desarrollo de productos cárnicos (Arapoglou *et al.* 2010).

Según Chang, en el 2011, anualmente se generaban alrededor de 70 a 140 mil toneladas de cáscara de papa en el mundo, atribuyendo gran parte de esta generación de residuos a los productos procesados como las papas fritas, los chips, los purés, alimentos congelados y entre otros (ZMP 2000). La cáscara de papa es una fuente potencial de componentes funcionales y bioactivos, no solamente reconocida por su capacidad antioxidante, sino también por sus pigmentos, fibra dietética, vitaminas y minerales; por estas razones se recomienda el consumo de este subproducto, ya que, los antioxidantes neutralizan los radicales del cuerpo y ayudan a reducir los efectos del estrés oxidativo (Teow *et al.* 2017).

La carne es un producto de origen pecuario el cual está compuesto de proteínas, aminoácidos, grasa, minerales, vitaminas y pequeñas cantidades de carbohidratos disponibles (FAO 2019). Para el desarrollo de productos cárnicos a nivel industrial, se utilizan extensores, los cuales pueden provenir de las semillas de plantas, tubérculos, sólidos de leche o procesos de fermentación, entre otros (Dikerman y Devine 2014). Estos se usan principalmente para reducir costos de producción. Sin embargo, dependiendo del ingrediente que se utilice, pueden tener un aporte nutricional al producto, aumentando el contenido de proteínas en el alimento (Blanno 2006).

Aunque, por otro lado, puede que estos ingredientes solo ocupen el lugar de la carne, ligando una cierta cantidad de agua, pero sin un aporte proteico y funcional (Andújar *et al.* 2000). Estas propiedades funcionales van a depender de la cantidad de proteína y carbohidratos presente en la composición de cada alimento, ya que, se ha demostrado que esto altera algunas características del producto (Dikerman y Devine 2014).

Uno de los ingredientes más utilizado como extensor es la soya, la cual se puede encontrar en varias presentaciones, y su uso va a depender del producto a desarrollar, del costo de producción, la cantidad a implementar y además de la funcionalidad que se desea impartir al producto cárnico. Entre los diferentes productos de soya se encuentran las harinas y sémolas, los concentrados de proteína de soya, la proteína texturizada y los derivados de soya (Guemes 2007).

La proteína de soya texturizada es la más utilizada para la elaboración de productos cárnicos, esto es gracias a su textura similar a la carne, además, aporta propiedades funcionales al producto, es baja en grasa, proporciona un aporte nutricional importante por el contenido de proteína y mantiene la calidad del producto cárnico (Ríaz 2004).

El optar por una dieta o un consumo variado ha desencadenado que se realicen diferentes investigaciones respecto al aprovechamiento y mejoramiento de los productos cárnicos; no

obstante, es necesario llevar un control de la elaboración de estos productos, manteniendo la calidad, sus características sensoriales, y actualmente inclinarse por productos que sean más saludables para el consumidor (Hleap *et al.* 2012). Por lo cual el uso de subproductos como la cáscara de papa como extensor en productos cárnicos, además de resolver un problema de posible contaminación por desechos, permite aprovechar las propiedades nutricionales, biológicas y funcionales que esta posee (Díaz-Orduño 2017).

Por lo antes mencionado, se realizó una investigación en el Laboratorio de Investigación en Carne y Productos Cárnicos del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., evaluando la utilización de la harina obtenida a partir de la cáscara de papa como extensor en un producto cárnico fresco picado, determinando sus propiedades químicas, físicas y tecno-funcionales, además de comparar estas con las de la proteína de soya texturizada.

Los objetivos de este estudio fueron:

- Evaluar la composición química proximal y propiedades físicas (color y pH) de harina de cáscara de papa y proteína de soya texturizada.
- Evaluar las propiedades tecno-funcionales (capacidad de retención de agua, capacidad de retención de aceite, capacidad hinchamiento, capacidad emulsificante y capacidad gelificante) de harina de cáscara de papa y proteína de soya texturizada.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio

El estudio se realizó en el Laboratorio de Investigación en Carne y Productos Cárnicos del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD), ubicado en Hermosillo, Sonora, México.

Materia prima

Para la obtención de la harina de cáscara de papa se siguió la metodología establecida por Torres-Martínez *et al.* (2019). La cáscara de papa húmeda fue obtenida en la empresa procesadora de vegetales La Costeña, ubicada en el municipio de Guasave, Sinaloa, México (25°28'32.0" N 108°35'23.7" W). La cáscara se obtuvo durante el pelado de la papa, para lo cual, se utilizó una peladora/lavadora abrasiva industrial (modelo War Horse, marca Lyco Manufacturing Inc., USA). Para su desinfección la cáscara de papa se enjuagó con una solución de hipoclorito de sodio a una concentración de 50 ppm. Una vez que se eliminó la solución sanitizante, la cáscara se colocó en bolsas de polietileno y se mantuvo en hielo durante su traslado hasta la ciudad de Hermosillo, Sonora. Una vez en las instalaciones del CIAD, la cáscara se guardó en refrigeración hasta ser deshidratada, para lo cual se utilizó un horno de secado (modelo CHU 150E, Enviro-Pak, Clackamas, OR, EUA) a una temperatura de 70 °C por 5 horas.

Una vez deshidratada, la cáscara se molió utilizando un molino (modelo 200, Pulvex, México), equipado con una malla con perforaciones de 0.4 mm de diámetro. En el caso de la proteína de soya texturizada, se utilizó el producto de la marca "Soi-Yah, Col-Pac" natural (COLPAC, Sonora, México).

En ambas materias primas se evaluó su composición química, propiedades fisicoquímicas, así como sus propiedades tecno-funcionales, para lo cual se utilizaron las siguientes metodologías:

Composición química proximal

Humedad. Para esta evaluación se usó el método 934.01. En cápsulas de porcelana previamente taradas, se pesaron alrededor de 10 g de muestra homogenizada, luego fueron introducidas en la estufa de secado (Yamato, DX402C, Japón) a 100 °C, donde se mantuvieron por no menos de 12 horas, luego se pasaron a un desecador por 30 min y finalmente se pesaron, para realizar el cálculo del contenido de humedad de acuerdo con la Ecuación 1 (AOAC 2000).

$$\% H = \frac{((\text{Peso cápsula} + \text{Peso muestra}) - \text{Peso seco})}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \quad [1]$$

Proteína. Para determinar el contenido de proteína en el producto se utilizó el método 960.52, para lo cual se pesó 0.2 g de muestra, más 1.5 a 2 g de mezcla de catalizadores, los cuales se vertieron en un matraz micro Kjeldahl, se les añadieron 3 mL de ácido sulfúrico. Enseguida la muestra se digirió mediante el uso de digestor (CRAFT, MKG-600, Lituana), posteriormente, se agregaron 10

mL de agua destilada, para disolver bien la muestra. Luego, se colocó en el destilador micro Kjeldahl (CRAFT, MKO-100, Lituana) y finalmente, se realizó la valoración de la muestra con HCl, hasta que la muestra cambió de color, se registró el volumen gastado y se calculó el porcentaje de proteína utilizando la Ecuación 2 (AOAC 2000).

$$\% P = \frac{((0.01401)(\text{Normalidad del HCl (0.1)})(\text{vol. gastado HCl (mL)})(\text{Factor proteico}))}{\text{Peso de la muestra}} \times 10 \quad [2]$$

Extracto etéreo. Se determinó por medio del contenido de grasa cruda del producto, siguiendo el método 991.36, utilizándose vasos Goldfish, previamente tarados. Para lo cual se pesaron alrededor de 2 g en un papel filtro Whatman #4, los cuales fueron colocados en un dedal de celulosa; posteriormente se agregaron 40 mL de éter, para colocarlos en el equipo de extracción Goldfish, donde se mantuvieron durante 4 horas. Luego los vasos se transfirieron a una estufa (Yamato, DX402C, Japón) a 100 °C, por 1 hora, se sacaron y dejaron enfriar y se anotó el peso de los vasos Goldfish; y con la Ecuación 3 se calculó el porcentaje de grasa del producto (AOAC 2000).

$$\% G = \frac{((\text{Peso vaso} + \text{Grasa}) - \text{Peso vaso})}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \quad [3]$$

Cenizas. Este análisis se realizó por el método 942.05, en el cual se determinó la cantidad de materia inorgánica del producto. Para llevar a cabo esta determinación se incineró la muestra a 550 °C en la mufla (Felisa, FE-361, México), por un tiempo no menor a 12 horas y mediante diferencias de peso se calculó el contenido de ceniza que contiene la muestra (AOAC 2000).

Evaluación fisicoquímica

pH. Para determinar el pH se siguió la metodología propuesta por Torrescano *et al.* (2003), utilizando un potenciómetro con electrodo de vidrio (modelo HI 3512, Hanna Instruments, España), para lo cual se pesaron 5 g de muestra, luego se añadieron 45 mL de agua destilada, para posteriormente homogenizar la muestra a 6000 rpm por 30 segundos, y finalmente medir el pH. Cabe recalcar que es necesario calibrar el equipo, antes de empezar a utilizarlo.

Color. Para evaluar el color se utilizó un espectrofotómetro (modelo CM508d, Konica Minolta, Japón) donde se consideraron los parámetros L, a, b, chroma y hue (Espinoza 2014). Para la evaluación se realizaron al menos seis mediciones en cada muestra, en diferentes puntos de la superficie, para obtener resultados que abarquen toda la muestra.

Evaluación de las propiedades tecno-funcionales

Capacidad de retención de agua (CRA). Esta evaluación se realizó según Robertson *et al.* (2000) con ligeros cambios, para lo cual se pesó 1.5 g de muestra, el cual se mezcló con 30 mL de agua destilada, se agitó en un Vortex a 10,000 rpm durante 1 min. Posteriormente se dejó en reposo por 24 horas, se centrifugó (Allegra, X-12R, Estados Unidos) a 3000 rpm durante 20 min y finalmente

se eliminó el sobrenadante. El precipitado que contenía el tubo se pesó, y se calculó la capacidad de retención de agua utilizando la Ecuación 4.

$$\% \text{ CRA} = \frac{(\text{Peso final} - \text{Peso inicial})}{\text{Peso inicial}} \times 100 \quad [4]$$

Capacidad de retención de aceite (CRAC). Esta determinación se realizó pesando 1.5 g de muestra en cada tubo graduado, agregando 15 g de aceite de maíz, se agitó en un vortex a 10,000 rpm durante 1 min, se dejó en reposo por 24 horas, posteriormente se centrifugó a 3000 rpm por 20 min, finalmente se eliminó el sobrenadante y se pesó el tubo graduado. Para obtener la capacidad de retención de aceite de la muestra, se utilizó la Ecuación 5 propuesta por Robertson *et al.* (2000).

$$\% \text{ CRAC} = \frac{(\text{Peso final} - \text{Peso inicial})}{\text{Peso inicial}} \times 100 \quad [5]$$

Capacidad de hinchamiento (CH). Para evaluar la capacidad de hinchamiento se utilizó el método de Femenia *et al.* (1997), para lo cual se colocó 0.5 g de muestra, en un tubo graduado, se adicionaron 5 mL de agua destilada, posteriormente se agitó en un Vortex, durante 1 minuto, se dejó en reposo por 24 horas, y finalmente se midió el volumen de agua captado por la muestra.

Capacidad emulsificante (CE). Para determinar la capacidad emulsificante se colocó 1 g de muestra, añadiendo 50 mL de agua destilada a cada tubo graduado, se homogenizó a 8000 rpm durante 2 min, luego se le añadió 50 mL de aceite de maíz a cada vaso, para homogenizarlos nuevamente a 8000 rpm por 1 minuto. De la mezcla se tomó 30 mL y se transfirió a tubos de ensayo, luego se centrifugó a 1500 rpm por 5 min y según el volumen de los tubos falcon se midió la emulsión (Chau *et al.* 1997).

Capacidad de gelificación (CG). Para determinar la capacidad de gelificación de la muestra se generaron suspensiones con la muestra a diferentes concentraciones (4, 8, 10, 12, 14, 16, 18 y 20%), pesando por duplicado cada concentración. En tubos de ensayo, se adicionaron 5 mL de agua destilada a cada tubo, luego fueron introducidos en un baño de agua a 100 °C durante 1 hora. Posteriormente se transfirieron a un baño de hielo durante 1 hora y finalmente se colocaron los tubos invertidos para observar si la muestra presenta o no gel al estar expuesta a esas concentraciones (Chau y Cheung 1998).

Diseño experimental. Se utilizó una Comparación de muestras independientes usando el software Sistema de Análisis Estadístico versión 9.6 (SAS por sus siglas en inglés) realizándose dos repeticiones experimentales en el estudio. Se utilizó una prueba t de estudiante para evaluar las propiedades físicas, químicas y tecno-funcionales, a un nivel de significancia de $P < 0.05$.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición química proximal

En el Cuadro 1, se muestran los resultados del análisis de composición química proximal, incluyendo los contenidos de humedad, proteína, grasa, ceniza y carbohidratos, siendo estos últimos calculados por diferencia del total de los demás componentes. Además, en este mismo cuadro, se incluyen los resultados de la determinación de pH de ambos extensores.

Cuadro 1. Resultados de análisis composición química proximal y pH de harina de cáscara de papa y proteína de soya texturizada.

Composición química proximal	Cáscara de papa Media ± D.E.	Proteína de soya texturizada Media ± D.E.	P < 0.05
Humedad (%)	9.37 ± 0.14	6.35 ± 0.20	<0.0001
Proteína (%)	6.97 ± 0.16	40.82 ± 0.19	<0.0001
Grasa (%)	1.77 ± 0.10	0.61 ± 0.03	<0.0001
Ceniza (%)	4.22 ± 0.13	6.89 ± 0.04	<0.0001
Carbohidratos (%)	77.64 ± 0.16	45.31 ± 0.16	<0.0001
pH	4.30 ± 0.014	6.41 ± 0.005	<0.0001

D.E.: Desviación Estándar.

Los resultados de la composición química de las harinas mostraron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) en todos los componentes de ambas muestras. En el caso de la humedad, la proteína de soya texturizada presentó el valor más alto, siendo este de 6.35, lo cual podría deberse a las altas temperatura a la que es sometida la proteína de soya en el proceso de extrusión, tal y como lo expone Chiang (2007), quien reportó que la proteína de soya es expuesta a temperaturas entre 96 y 136 °C, durante la extrusión del producto.

Por otro lado, los valores de humedad encontrados en la harina de cáscara de papa de variedad Duquesa, son similares a lo reportado por Klang *et al.* (2019), quienes en sus resultados mostraron 9.39% en la harina de papa blanqueada de variedad Dosa. El bajo contenido de humedad es una característica muy favorable para la harina, ya que la hace menos susceptible al ataque microbiano (Ndangui 2015).

La diferencia entre las dos harinas se debe al uso de temperaturas en el proceso de secado, como se observa en el Cuadro 1, la proteína de soya obtuvo un menor porcentaje de humedad, ya que, para el proceso de extrusión la temperatura usada es hasta 136 °C, en comparación con el secado de la cáscara de papa alcanza hasta 70 °C. El contenido de humedad presentado por ambas harinas es adecuado, porque, en la formulación de productos cárnicos se considera la composición de cada ingrediente (Morón 2020).

Con relación a los resultados de proteína, la harina de proteína de soya mostró un alto contenido con 40.82% en comparación con la cáscara de papa que mostró un 6.97%. Estos valores elevados según Ridner (2006) se deben a la presencia de todos los aminoácidos esenciales y en cantidades

suficientes para suplir las necesidades alimenticias. Esto también concuerda con el IOM (2000), que describen a este alimento como uno de los que presenta un excelente perfil de aminoácidos. Por otra parte, los resultados del contenido de proteína de la harina de cáscara de papa no concuerdan con lo encontrado por Zhu y He (2020), ya que en este estudio se obtuvieron valores entre 0.44 a 0.65% en todas las variedades de papa Maorí que se investigaron, cuya diferencia podría deberse a que se utilizaron diferentes variedades o a los factores externos a los cuales la cáscara de papa fue sometida, esto se refiere al tipo de suelo, las condiciones climáticas, la topografía del lugar, entre otros.

La proteína dentro de la formulación de productos cárnicos le puede dar un valor agregado al producto final, en este caso la proteína de soya texturizada presenta altos valores, ya que de acuerdo con Mizubiti *et al.* (2000) la cantidad de proteína es un componente importante, que puede determinar la funcionalidad de la harina como gelificante, emulsionante o espumante.

La harina de proteína de soya texturizada presentó el menor contenido de grasa, al mostrar un valor de 0.61%, en comparación con la cáscara de papa que presentó 1.77%. Estos resultados concuerdan con Ríaz (2004), ya que, en la literatura la composición de grasa de esta harina es <1%, lo cual se puede deber a que en algunos casos se trabaja con harina de soya desgrasada. Por otro lado, Chiang (2007) mencionó que al utilizar la extrusión con alta humedad se reduce el contenido de grasa en la soya. Los resultados de la cáscara de papa demostraron similitud con lo encontrado por Sampaio *et al.* (2020), quienes mencionan que incluso entre las diferentes variedades el contenido de grasa en este producto es muy bajo y que en algunos casos puede llegar a ser cero; aunque en este estudio de referencia se encontraron valores de hasta 2.6%. El contenido de grasa según Aguilera (2009) puede afectar al producto final, porque, altos contenidos pueden inducir a la rancidez; aunque en estudios previos se ha demostrado que la cáscara presenta una alta capacidad antioxidante (Sampaio *et al.* 2020).

En el caso del contenido de ceniza, la harina de cáscara de papa fue la que presentó un menor valor con 4.22%, en comparación con la proteína de soya texturizada que obtuvo un 6.89%, lo cual se debe a que la cáscara de papa, posee una menor cantidad de minerales en su composición como lo describen Zhu y He (2020), al encontrar Mg, Ca, Mn, Fe, Al, Na, Zn y Cu en las harinas de papa provenientes de Maorí. De acuerdo a Ríaz (2004) la composición de la soya texturizada en cuanto al contenido de ceniza, esta se encuentra en alrededor del 6%; resultados que son similares con los del presente estudio, con 6.89%. El encontrar un alto porcentaje de ceniza es muy bueno dentro de un producto, porque muestra un alto valor nutricional al aportar minerales beneficiosos en el producto cárnico final (Olmedilla y Jiménez 2014).

La harina de cáscara de papa fue la que demostró una mayor cantidad de carbohidratos con 77.64%, en comparación con la proteína de soya texturizada que mostró 45.31%. Los resultados concuerdan con los de Sampaio *et al.* (2020), quienes encontraron entre 69 y 88% en el contenido para la cáscara de papa, siendo el almidón el responsable de este valor, ya que representa del 30-52% del peso seco (Arapoglou 2010). Por otro lado, respecto a los resultados del contenido de carbohidratos de proteína de soya texturizada mostraron un 45.31%, datos que no concuerdan con lo mencionado por Peng *et al.* (2019), quienes reportaron un contenido de 34.5% en su composición. Esto es muy importante en la elaboración de productos cárnicos, porque dependiendo del contenido de almidón será la funcionalidad del ingrediente, como capacidad de hinchamiento y de emulsión, además de que puede mejorar la calidad del producto al ligar agua en este (Hleap y Rodríguez 2015).

Evaluación fisicoquímica

En el caso del pH la cáscara de papa presentó un valor de 4.30, resultado que no coincide con lo encontrado por Klang *et al.* (2019), donde el pH oscilaba entre 5 a 7, lo cual muy probablemente se debe a la diferencia entre las variedades de papas evaluadas, las condiciones climáticas, las técnicas de cultivo empleadas en la producción de este tubérculo y, por último, el tipo de suelo (Olatunde *et al.* 2016). Respecto a la proteína de soya texturizada los resultados de los análisis mostraron un pH de 6.41, valor similar al encontrado en el estudio de Shin *et al.* (2013) en el cual se obtuvo un valor de 6.28. Por otro lado, Ríaz (2004) menciona que un aumento extremo en el pH eleva la solubilidad y disminuye la integridad de la textura en el producto final, pero al tener un bajo pH la proteína se vuelve más difícil de procesar. Este es un factor con el que debe tenerse mucho control, porque su variación puede afectar el punto isoeléctrico de la proteína cárnica, lo que generaría características no deseadas al producto cárnico; aunque en este caso las harinas no se considera que pudieran afectar la formulación de un producto cárnico picado (Guerrero y Nova 2016).

En el Cuadro 2 se observan los valores obtenidos a partir de la medición del color, en el cual se observa que los valores L* (70.12), b* (24.83), C (25.51) y h (76.69) de la cáscara de papa presentan diferencias significativas ($P < 0.05$) respecto a los resultados de la proteína de soya texturizada que fueron los siguientes L* (74.27), b* (27.38), C (27.89) y h (78.99). Por otro lado, los valores de a* no mostraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre las dos harinas, lo cual significa que las dos harinas presentan un ligero tono rojizo en su color como se observa en la Figura 1, el cual fue obtenido por medio de un convertidor de color (nixsensor.com 2020), en donde se utilizaron los valores del Cuadro 2.

Cuadro 2. Resultados de análisis de color de la harina de cáscara de papa y la proteína de soya texturizada.

Parámetro	Cáscara de papa Media \pm D.E.	Proteína de soya texturizada Media \pm D.E.	P
L*	70.12 \pm 1.06	74.27 \pm 0.29	0.0004
a*	5.88 \pm 0.39	5.32 \pm 0.15	0.06
b*	24.83 \pm 0.75	27.38 \pm 0.17	0.0002
C	25.51 \pm 0.82	27.89 \pm 0.18	0.0005
h	76.69 \pm 0.49	78.99 \pm 0.26	<0.0001

D.E.: Desviación Estándar. L*: coordenadas (0) negro/ (100) blanco, a*: coordenadas (+) rojo/ (-) verde, b*: coordenadas (+) amarillo/ (-) azul, C: croma, h: matiz. $P < 0.05$.

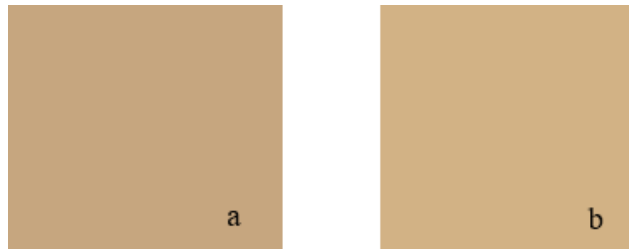


Figura 1. Color de la harina de cáscara de papa (a) y proteína de soya texturizada (b).

Los resultados obtenidos de la harina de cáscara de papa en el Cuadro 2 difieren de los obtenidos por López *et al.* (2019), lo cual podría deberse a la diferencia de variedades o a la temperatura de secado utilizada en la obtención de la harina de cáscara de papa. De igual manera los resultados de la proteína de soya texturizada son diferentes a lo encontrado con Nishinari *et al.* (2014), ya que, en su investigación estos autores mencionan que la proteína de soya presenta un color ligeramente más oscuro, lo que podría deberse al pardeamiento no enzimático (reacción de Maillard) que se genera durante la extrusión.

Los colores de las harinas influyen en el producto final, pero esto va a depender de la concentración a la que se le agrega la harina al producto, ya que, en un estudio realizado por Britez *et al.* (2019), se demostró que, al incluir la harina de amaranto en bocaditos de carne, se observa un color más claro en el producto, lo que podría influir en la aceptación del consumidor al momento de adquirir el producto.

Evaluación de las propiedades tecno-funcionales

En el Cuadro 3 se muestran los resultados obtenidos en la evaluación de las propiedades tecno-funcionales, en el cual se observa que se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en todos los parámetros evaluados.

La CRA determina el comportamiento de los almidones en relación con el contenido de agua, se obtuvo un 92.61% para la cáscara de papa, resultados que no concuerdan con lo encontrado por Klang *et al.* (2019), debido a que las variedades de papa utilizadas son diferentes, en este caso la variedad usada en la literatura es Dosa en comparación con este estudio que fue Duquesa. Por otro lado, la proteína de soya texturizada presentó más baja CRA, esto difiere con lo encontrado por Ríaz. (2004) el cual encontró 45% en esta propiedad, esta diferencia pudo deberse al tipo de método utilizado para evaluar esta propiedad.

Por lo que la diferencia entre las dos harinas se debe a la temperatura utilizada en el procesamiento, la variedad y las condiciones externas como, por ejemplo: el tipo de suelo, las condiciones topográficas, el uso de fertilizantes, entre otros (Sing *et al.* 2008). Estos resultados están relacionados con el contenido de carbohidrato en las harinas, porque el almidón se encarga de ligar el agua al producto y al observar los valores, la harina de cáscara de papa es una buena opción para retener el agua de los productos cárnicos.

Cuadro 3. Resultados de propiedades tecno-funcionales de harina de cáscara de papa y proteína de soya texturizada.

Tecno-funcionales	Cáscara de papa Media ± D.E.	Proteína de soya texturizada Media ± D.E.	P
CRA (%)	92.61 ± 1.50	51.31 ± 3.14	<0.0001
CRAC (%)	89.72 ± 1.56	15.91 ± 1.46	<0.0001
CH (%)	2.23 ± 0.15	1.0 ± 0.06	<0.0001
CE (%)	-	24.35 ± 1.04	<0.0001

D.E.: Desviación estándar. % CRA: Capacidad de retención de agua, % CRAC: Capacidad de retención de aceite, % CH: Capacidad de hinchamiento, % CE: Capacidad de emulsificación, (-): No mostró resultados para esta propiedad. P < 0.05

Respecto a la CRAC la cáscara de papa presentó un 89.72%; resultados que no concuerdan con lo encontrado por Jeddou *et al.* (2016) quienes obtuvieron valores de 4.39%, cuya diferencia se debe a que en la literatura citada se utilizaron diferentes variedades de papa y a las condiciones externas en las que se desarrolló la papa (suelo, clima, entre otros). Por otro lado, según Biswas *et al.* (2009) la CRAC es una propiedad importante de los polisacáridos, lo cual en parte se debe a su composición química y a la afinidad de la molécula con el aceite. Los valores encontrados en la cáscara de papa son muy altos, por lo que pueden aportar al producto palatabilidad, siendo una buena opción para retener el aceite (Islam *et al.* 2012).

La CH de la proteína de soya texturizada presentó un valor bajo (1.0%), resultado que no concuerda con lo encontrado por Suman *et al.* (2018) el cual fue de 3.65%, esto puede deberse a que, en el estudio de estos autores, se utilizó la soya entera, mientras que en estudio la soya se encuentra texturizada. En la cáscara de papa, los valores de la CH fueron de 2.23%, lo cual concuerda con lo encontrado por Mudondo (2019). Por otro lado, Dlamini y Salomon (2016) nos explican que la capacidad de hinchamiento es debido a la interacción entre los almidones calentados y el exceso de agua, que provoca la unión de las moléculas de agua a los grupos hidroxilos expuestos de la amilosa y la amilopectina). Los valores de la cáscara de papa presentan una mayor funcionalidad, porque, esta propiedad se utiliza para aumentar el volumen dentro de un producto cárnico (Ruiz *et al.* 2017).

Los resultados de la CE de la proteína de soya texturizada mostraron un 24.35%, resultados que no concuerdan con lo encontrado por Whetstone (1975), quien reportó 1.74%, y cuya diferencia puede deberse a la diferencia de temperatura y el pH de la soya, ya que, en la literatura citada se evaluó el comportamiento de la proteína de soya texturizada a diferentes condiciones de pH y temperatura.

Por otro lado, según Singh *et al.* (2008), el proceso y equipo utilizados para elaborar las emulsiones pueden influir en el comportamiento de la emulsión. Respecto a la cáscara de papa, esta no presentó CE, lo cual no concuerda con lo encontrado por Jeddou *et al.* (2016), ya que, en la literatura citada se observó una CE de 90%, utilizando una concentración del 4%; no obstante, a una concentración mayor la capacidad emulsificante tendió a bajar, lo cual pudo deberse a una reducción de la hidrofobicidad de la superficie de las proteínas (Sila *et al.* 2014). Por lo tanto, aunque la cáscara de

papa no presentó resultados, se puede utilizar en un producto cárnico picado fresco, debido a que no es tan necesaria esta capacidad dentro del producto (Morón 2020).

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de la CG, donde se puede observar que en la concentración del 4% no se observó presencia de gel en ninguna de las harinas, a la concentración del 8% solo se formó gel en la harina de cáscara de papa, mientras que a partir del 12%, ambos ingredientes mostraron la formación de geles. Esto puede estar influenciado por el contenido de carbohidratos que se relaciona con la presencia de almidones dentro de las harinas (Arapoglou *et al.* 2010). Al observar los resultados, tanto la cáscara de papa como la proteína de soya texturizada se puede utilizar en un producto cárnico, debido a la capacidad de formación de gel que presentan, aunque para un producto cárnico picado, esta propiedad no es tan importante.

Cuadro 4. Resultados de análisis de la capacidad de gelificación de harina de cáscara de papa y proteína de soya texturizada

Concentración (%)	Cáscara de papa	Proteína de soya texturizada
4	-	-
8	*	-
12	*	*
16	*	*
20	*	*

(*) Concentración a la cual se observa la formación de gel.

(-) No se observó formación de gel.

Según Iqbal *et al.* (2011), la capacidad de gelificación de la cáscara de papa está determinada por la temperatura y la presencia de almidones; mientras que Vaclavick (2012) afirma que los almidones céreos (almidones de raíces) espesan más pronto a temperaturas bajas, aunque esto también va a depender del contenido de agua, el pH, la presencia de sal, azúcar, grasa o proteína. La CG de la proteína de soya puede ser afectada por tres factores; la concentración de la proteína, la duración del calentamiento y las condiciones de enfriamiento, debido a que, la desnaturalización de las proteínas y la habilidad de formar nuevos enlaces determina la formación de geles (Mangino 1984).

4. CONCLUSIONES

- En los resultados de composición química de la cáscara de papa, el contenido de humedad, grasa y carbohidratos fueron mayores que el de proteína de soya texturizada, mientras que la soya, presentó un alto valor en proteína y ceniza.
- En las propiedades físicas la cáscara de papa presentó pH ácido en comparación con la proteína de soya texturizada, mientras que, en el análisis de color, se presentaron diferencias en los valores L^* , b^* , C y H, pero no en el valor a^* , el cual, mostró tono rojizo en ambas muestras, aunque a simple vista se observa que la cáscara de papa presenta un color más oscuro por su baja luminosidad en comparación con la harina de proteína de soya texturizada.
- La cáscara de papa mostró mejores propiedades tecno-funcionales que la proteína de soya texturizada en CRA, CRAC, CH y CG, mientras que la proteína de soya resultó con una alta CE. Por lo anterior, la cáscara de papa puede ser considerado como un ingrediente potencial para su uso como extensor en el desarrollo de productos cárnicos frescos picados.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar análisis microbiológicos y toxicológicos a la cáscara de papa para potenciar el uso de esta harina en el desarrollo de formulaciones alimenticias.
- Incluir la harina de cáscara de papa en el desarrollo de la formulación de un producto cárnico picado, aprovechando los resultados obtenidos en la evaluación de las propiedades tecno-funcionales incluidas en este estudio.
- Estudiar otras variedades de papa, ya que, este es un factor que tiene influencia en los resultados de composición química, así como propiedades físicas y tecno-funcionales.

6. LITERATURA CITADA

- Albishi T, John JA, Al-Khalifa AS y Shahidi F. 2013. Contenido fenólico y actividades antioxidantes de variedades seleccionadas de papa y sus subproductos de procesamiento. *Journal of Functional Foods*. 5(2): 590–600. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2012.11.019>.
- Andújar G, Guerra A, Santos R. 2000. La utilización de extensores cárnicos. Experiencias de la Industria cárnica Cubana. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. Habana, Cuba. [consultado el 20 de octubre del 2020]. http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/pdf/extensor.pdf.
- AOAC. 2000. Official methods Of Analysis of AOAC International (17th ed) Gaithersburg, M.D. Association of Official Analytical Chemists.
- Arapoglou D, Varzakas T, Vlyssides A, Israilides C. 2010. Ethanol production from potato peel waste (PPW). *Waste Manag.* 30(10):1898–1902. eng. doi:10.1016/j.wasman.2010.04.017.
- Biswas AK, Kumar V, Bhosle S, Sahoo J, y Chatli MK. 2009. Dietary fibre as functional ingredients in meat products and their role in human health. *International Journal Livestock Production*. 2(4):45–54.
- Blanno ML. 2006. Extensores Cárnicos: Consideraciones de Funcionalidad y Valor Nutricional. *Mundo Lácteo y Cárnico* 1: 9-13.
- Britez M, Rolhaiser F, Romero A, Romero M. 2019. Incorporación de harina de amaranto para la obtención de bocaditos de carne con bajo contenido de grasa. *Universidad Tecnológica Equinoccial. Enfoque UTE*. 11(3). doi: <https://doi.org/10.29019/enfoque.v11n3.558>.
- Chang KC. 2011. Polyphenol antioxidants from potato peels: Extraction optimization and application to stabilizing lipid oxidation in foods. In *Proceedings of the National Conference on Undergraduate Research (NCUR)*, New York, NY, USA.
- Chau CF, Cheung K y Wong YS. 1997. Functional properties of protein isolates from three Chinese indigenous legume seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 45: 2500-2503.
- Chau CF y Cheung PCK. 1998. Functional properties of flours prepared from three Chinese indigenous legume seeds. *Food Chemistry*. 61: 429-433.
- Chiang A. 2007. Protein–protein interaction of soy protein isolate from extrusion processing. Thesis of University of Missouri-Columbia. [consultado el 10 de octubre del 2020]. <https://mospace.umsystem.edu/xmlui/bitstream/handle/10355/5099/research.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
- Díaz-Orduño GR. 2017. Desarrollo y evaluación de películas de quitosano y extracto de cáscara de papa (*Solanum tuberosum*) para aplicación en carne. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Sonora, Hermosillo. 27-30 p.
- Dikeman M y Devine C. 2014. *Encyclopedia of meat sciences*. Second edition. Oxford [England]: Elsevier. 1 online resource. ISBN: 978-0-12-384734-8.
- Dlamini NS, Solomon WK. 2016. Effect of Ingredients Ratio on Physicochemical and Sensory Properties of Sorghum, Maize and Soya Protein Concentrate Blend Extrudates.

- International Journal of Food Science and Nutrition Engineering. 6(5): 112-120. doi:10.5923/j.food.20160605.02.
- Espinoza D. 2014. Utilización de residuos agroindustriales de papa (*Solanum tuberosum*) en el desarrollo de un producto cárnico de cerdo. Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Guasave, Sinaloa. 1-81 p.
- FAO. 2019. Carne y productos cárnicos. Departamento de Agricultura y Protección del Consumidor. [consultado el 20 de octubre del 2020]. <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/home.html>.
- Femenia A, Lefebvre A-C, Thebaudin J-Y, Robertson JA, Bourgeois C-M. 1997. Physical and Sensory Properties of Model Foods Supplemented with Cauliflower Fiber. J Food Science. 62(4): 635–639. doi:10.1111/j.1365-2621.1997.tb15426.x.
- Guemes N. 2007. Utilización de los derivados de cereales y leguminosas en la elaboración de productos cárnicos. NACAMEH. 1(2): 110-117.
- Guerrero E, Nova J. 2016. Evaluación de las propiedades texturales y funcionales de una emulsión cárnica empleando mezclas de harina de arroz (*Oryza sativa*) partido y almidón de yuca (*Manihot esculenta*). Universidad de Córdoba. Departamento de ingeniería de alimentos. Berástegui, Córdoba, Argentina. [consultado el 5 de octubre de 2020]. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/1025/ELKIN%20GUERRERO%20Y%20JULIO%20NOVOA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Hleap J, Rodríguez G. 2015. Propiedades texturales y sensoriales de salchichas de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) con adición de harina de chontaduro (*Bactris gasipaes*). Revista Científica Ingeniería y Desarrollo. 33(2): 198-215.
- Hleap J, González J, y Mora M. 2012. Evaluación Bromatológica, Sensorial y Microbiológica de salchichas de Tilapia roja (*Oreochromis spp.*) con adición de harina de lombriz (*Eisenia foetida*). Vitae Universidad de Antioquia, S2101-S2012. [consultado el 5 de octubre de 2020]. <http://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914061.pdf>.
- IOM (Institute of Medicine). 2000. Dietary Reference Intakes: Applications in Dietary Assessment. Washington, DC: National Academy Press. doi: 10.17226/9956.
- Iqbal M, Akbar J, Saghir S, Karim A, Koschella A, Heinze T, Sher M. 2011. Thermal studies of plant carbohydrate polymer hydrogels. Carbohydrate Polymers. 1775-1783 p.
- Islam M, Taneya M, Shams-Ud-Dim, Syduzzaman M. 2012. Physicochemical and Functional Properties of Brown Rice (*Oryza sativa*) and Wheat (*Triticum aestivum*) Flour and Quality of Composite Biscuit Made Thereof. A Scientific Journal of Krishi Foundation The Agriculturists. 10(2): 20-28. ISSN-1729-5211.
- Jeddou K, Chaari F, Maktouf S, Nouri-ellouz O, Helbert CB, y Ghorbel RE. 2016. Structural, functional, and antioxidant properties of water-soluble polysaccharides from potatoes peels. Food Chemistry. 205: 97–105. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.02.108>.
- Klang JM, Tene ST, Nguemguo-Kalamo LG, Boungo GT, Ndomou-Houketchang SC, Kohole-Foffe HA y Womeni HM. 2019. Effect of bleaching and variety on the physico-chemical, functional and rheological properties of three new Irish potatoes (Cipira, Pamela and Dosa)

- flours grown in the locality of Dschang (West region of Cameroon). *Heliyon*, 5(12), e02982. doi:10.1016/j.heliyon.2019.e02982.
- Lin MJ, Humbert ES y Sosulski FW. 1974. Certain functional properties of sunflower meal products. *J. Food Sci.* 39: 368. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1974.tb02896.x>.
- López-Silva CB, Rodríguez-Jiménez J y Amaya-Guerra CA. 2019. Aprovechamiento de cáscara de papa generada en la cafetería de Ciencias Biológicas de la UANL para la elaboración de harina rica en antioxidantes. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias. [consultado el 10 de octubre de 2020]. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/9/125.pdf>.
- Mangino M. 1984. Physicochemical aspects of the whey protein functionality. *Diary Scientific*. 67: 2711-2722. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(84\)81629-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81629-X).
- Mizubuti I, Biondo Júnior O, de Oliveira Souza L, Santos Ferreira da Silva. 2000. Propriedades funcionais da farinha e concentrado protéico de feijao guandu (*Cajanus cajan* (L) Millsp). *Arch. latinoam. nutr.* 50(3): 274-280.
- Mohajan S, Orchy TN, Farzana T. 2018. Effect of incorporation of soy flour on functional, nutritional, and sensory properties of mushroom-moringa-supplemented healthy soup. *Food science & nutrition*. 6(3): 549–556. eng. doi:10.1002/fsn3.594.
- Morón M. 2020. Factores de estabilidad cárnica. Universidad Nacional de Río Negro, Argentina. Departamento de Bromatología. Agricultura y ganadería periódico virtual del sector agropecuario. [consultado el 20 de septiembre de 2020]. <https://www.agriculturayganaderia.com/website/factores-de-estabilidad-en-la-emulsion-carnica/>.
- Mudondo J. 2019. Production of instant soup flour from potato peels. College of agricultural and environmental sciences school of food technology, nutrition and bioengineering department of food technology and nutrition. [consultado el 10 de octubre de 2020]. http://dissertations.mak.ac.ug/bitstream/handle/20.500.12281/6324/Mudondo_CAES_B.F.ST.pdf?sequence=5&isAllowed=y.
- Ndangui C. 2015. Production and Characterization of Sweet Potato Flour (*Ipomoea Batatas* Lam): Optimization of Bread-Making technology. Doctoral Thesis in Food Processes and Biotechnologies Defended at the University of Lorraine and the University of Marien Ngouabi, Brazzaville, Congo. 135-140 p.
- Nishinari K, Fang Y, Nagano T, Guo S, Wang R. 2017. Soy as a food ingredient, Second Edi. ed, *Proteins in Food Processing: Second Edition*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100722-8.00007-3>.
- Nixsensor.com. 2020. Color Sensor. [consultado el 20 de septiembre de 2020]. <https://www.nixsensor.com/free-color-converter/>.
- Olatunde GO, Folake O, Henshaw MA, Idowu Tomlins K. 2016. Quality attributes of sweet potato flour as influenced by variety, pretreatment and drying method. *Food Sci. Nutr.* 4(4): 623–635.
- Olmedilla B, Jiménez F. 2014. Alimentos cárnicos funcionales: desarrollo y evaluación de sus propiedades saludables [Functional meat products; development and evaluation of their

- health-promoting properties]. *Nutr Hosp.* 29(6):1197–1209. spa. doi:10.3305/nh.2014.29.6.7389.
- Peng Y, Kersten N, Kyriakopoulou K, y Jan van der Goot A. 2019. Functional properties of mildly fractionated soy protein as influenced by the processing pH. *Journal of Food Engineering*, 109875. doi:10.1016/j.jfoodeng.2019.109875.
- Pham CB, Rosario RRD. 1984. Studies on the development of texturized vegetable products by the extrusion process. Effects of extrusion variables on the available lysine, total and reducing sugars. *Int J Food Sci Technol* 19(5): 549-59.
- Ríaz MN. 2004. Texturized soy protein as an ingredient. *Proteins in Food Processing*. 517–558. doi:10.1533/9781855738379.3.517.
- Ridner E. 2006. Soja propiedades nutricionales y su impacto en la salud. Sociedad Argentina de Nutrición. [consultado el 15 de octubre de 2020]. <http://www.sanutricion.org.ar/files/upload/files/soja.pdf>.
- Robertson J, De Monredon F, Dyssele P, Guillon F, Amado R, Thibault JF. 2000. Hydration Properties of Dietary Fibre and Resistant Starch: a European Collaborative Study. *LWT – Food Science and Technology*. 3(2): 72-79.
- Sampaio SL, Petropoulos SA, Alexopoulos A, Heleno SA, Santos-Buelga C, Barros L y Ferreira IC. 2020. Potato peels as sources of functional compounds for the food industry: A review. *Trends in Food Science & Technology*. doi:10.1016/j.tifs.2020.07.015
- Saucier L. 2016. Microbial spoilage, quality and safety within the context of meat sustainability. *Meat Sci*. 120: 78–84. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2016.04.027.
- Shimelis AE, Meaza M y Rakshit S. 2006. Physico-chemical properties, pasting behaviour & functional characteristics of flours & starches from improved bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in East Africa. *CIGRE Journal*. 8: 1–18.
- Shin DJ, Kim W, y Kim Y. 2013. Physicochemical and sensory properties of soy bread made with germinated, steamed, and roasted soy flour. *Food Chemistry*. 141(1): 517–523.
- Sila A, Bayar N, Ghazala I, Bougatef A, Ellouz-Ghorbel R, y Ellouz-Chaabouni S. 2014. Water-soluble polysaccharides from agro-industrial by-products: Functional and biological properties. *International Journal of Biological Macromolecules*. 69: 236–243. doi:10.1016/j.ijbiomac.2014.05.052.
- Singh P, Kumar R, Sabapathy SN, y Bawa AS. 2008. Functional and Edible Uses of Soy Protein Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 7(1): 14–28. doi:10.1111/j.1541-4337.2007.00025.x.
- Teow VD, Truong RF, McFeeters RL, Thompson KV, Pecota GC, Yencho. 2007. Antioxidant activities, phenolic and β -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours, *Food Chem*. 103(3): 829–838.
- Torrescano G, Sánchez-Escalante A, Giménez B, Roncalés P, y Beltrán JA. 2003. Shear Values of Raw Samples of Fourteen Bovine Muscles and Their Relation to Muscle Collagen Characteristics. *Meat Science*, 64(1): 85-91. doi: 10.1016/s0309-1740(02)00165-1.
- Torres-Martínez D, De la Rosa-Alcaraz A, Leyva J, Ugalde A, Berrelleza Y, Aguilar L, Vargas-Sánchez RD, Torrescano-Urrutia G, Sánchez-Escalante A, y Huerta-Leidenz N. 2019.

- Potato peel power as a functional ingredient in breakfast pork sausages. International Congress of Meat Science and Technology, Potsdam, Alemania. 4-8 p.
- Vaclavick V. 2002. Fundamentos de ciencia de los alimentos. Zaragoza, ES, Editorial Acribia. 485 p. ISBN: 978-84-200-0976-6.
- Whetstone H. 1975. Functional Properties of a Soy Isolate and a Soy Concentrate in Simple Systems as Related to Performance in a Food System. University of Tennessee. [consultado el 10 de octubre de 2020] [.https://trace.tennessee.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=5509&context=utk_graddiss](https://trace.tennessee.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=5509&context=utk_graddiss).
- Zhu F y He J. 2020. Physicochemical and functional properties of Maori potato flour. Food Bioscience, 33, 100488. doi:10.1016/j.fbio.2019.100488.
- ZMP. 2000. ZMP – Marktbilanz Kartoffeln. Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle GmbH. ISSN: 0170-8422; 1864-2977.

7. ANEXOS

Anexo 1. Harina de cáscara de papa.



Anexo 2. Evaluación de color instrumental de harina de cáscara de papa.



Anexo 3. Análisis de proteínas de la harina de cáscara de papa.



Anexo 4. Capacidad de gelificación de la harina de cáscara de papa.

