



Valorización de las cáscaras de *Mangifera indica* (variedad “uvilla”) para la producción de extruidos saludables en el municipio de Riberalta

Valorization of *Mangifera indica* (Uvilla variety) peels for the production of healthy extrudates in the municipality of Riberalta

Elsa ALCOCER VARGAS^{1*}



¹Universidad Autónoma del Beni José Ballivián, Dirección de Investigación y Extensión DIE Pregrado, Trinidad, Beni, Estado Plurinacional de Bolivia.

Autor para correspondencia*: ealcocerv@uabjb.edu.bo

RESUMEN

El municipio de Riberalta es reconocido por la producción de mango, que deja gran cantidad de residuos entre ellos las cáscaras. La investigación plantea el aprovechamiento de estos residuos para la formulación de alimentos extruidos para consumo humano aplicando la tecnología de extrusión sistema HTST. Así como el desarrollo de mezclas con gritz de maíz que sirve como base de almidón, se realizaron análisis bromatológicos de las materias primas para posteriormente realizar las formulaciones, asimismo, se ha desarrollado el barrido fitoquímico para verificar la presencia de los principales componentes bioactivos presentes en el fruto y sus residuos y también del extruido para evidenciar la presencia de los fitoquímicos en el extruido que lo caracterizan como un alimento saludable. Las pruebas han establecido la presencia de flavonoides, carotenoides, taninos, y una cantidad importante de antocianinas, siendo el de los polifenoles con mayor valor (1.98 ug/100g). La orientación hacia su aprovechamiento por el proceso de cocción extrusión HTST, permite la transformación en harinas, bocadillos o pasabocas saludables o simplemente polvos espesantes por el alto contenido de pectinas y otros ingredientes alimenticios, mejorando la palatabilidad del producto final. El producto final se sometió a una evaluación sensorial por panel entrenado de 26 personas de la Universidad Autónoma del Beni José Ballivián. Los resultados al extruido mostraron valores de 4.14% en proteína, 4.21% en grasa y 2.88% en fibra; además de 1.03 ug/100g en fenoles totales, en la formulación de 15% de cáscara de mango y 85% de gritz de maíz.

PALABRAS CLAVE: Bioactivos, extrusión, flavonoides, antocianinas, carotenoides, taninos.

ABSTRACT

The municipality of Riberalta is known for its mango production, which generates a large amount of waste, including peels. This research proposes utilizing this waste to formulate extruded foods for human consumption using HTST extrusion technology. In addition to developing mixture with corn grits as the starch base, bromatological analyses of the raw materials were conducted to inform subsequent formulation development. Furthermore, a phytochemical screening was conducted to verify the presence of the main bioactive components in the fruit, its waste, and the extruded product, demonstrating the presence of phytochemicals that characterize it as a healthy food. The tests have confirmed the presence of flavonoids, carotenoids, tannins, and a significant amount of anthocyanins, with anthocyanins being the polyphenol with the highest concentration (1.98 µg/100g). The focus on utilizing the fruit through the HTST extrusion cooking process allows it to be transformed into flours, healthy snacks, or simply thickening powders due to its high content of pectins and other food ingredients, thereby improving the palatability of the final product. The final product underwent a sensory evaluation by a panel of 26 trained participants from the José Ballivián Autonomous University of Beni. The

extrusion results showed values of 4.14% protein, 4.21% fat, and 2.88% fiber, as well as 1.03 µg/100g of total phenols, in the formulation consisting of 15% mango peel and 85% corn grits.

KEYWORDS: Bioactive, extrusion, flavonoids, anthocyanins, carotenoids, tannins.

INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera indica*) es una de las frutas tropicales más importantes; ha ganado gran popularidad en todo el mundo y cada vez mayor importancia también en el mercado europeo (Gandhi *et al.*, 2014; Kammalla *et al.*, 2014).

El procesamiento agroindustrial de la manga (*Mangifera indica*) genera una gran cantidad de subproductos como son el hueso y la cáscara, los cuales representan del 35 al 60% del peso del fruto dependiendo de la variedad. Diferentes reportes han evidenciado el potencial de estos residuos agroindustriales para la obtención de fibra (Blancas-Benitez *et al.*, 2015), pigmentos (Barreto *et al.*, 2017) y compuestos bioactivos (Pacheco-Ordaz *et al.*, 2018). Particularmente, la cáscara es considerada una fuente importante para la obtención de carotenoides y compuestos fenólicos; encontrando dímeros de ácido gálico, ácido p-cumárico, quercetina como los de mayor concentración en la fracción ligada y mangiferina en la fracción libre. También se ha reportado un alto contenido de galotaninos, siendo el pentagaloil-glucósido el principal de estos compuestos (Sáyago-Ayerdi *et al.*, 2019). Estas características descritas permiten establecer que la cáscara de mango se considera un alimento funcional. Se define como alimento funcional como un alimento que aporta con componentes bioactivos, los cuales al momento de incorporarse al bolo alimenticio aportan con compuestos que van a cuidar el organismo de las enfermedades y de la degeneración oxidativa de las células (Vásquez *et al.*, 1998).

En la actualidad, el desarrollo agroindustrial conlleva la producción de residuos y, por consiguiente, la implementación y el perfeccionamiento de nuevas técnicas o métodos para un mejor aprovechamiento. En el procesado e industrialización de los alimentos, además del producto deseado, se generan subproductos, residuos y productos que en algunos casos están fuera de norma o estándares de calidad, cada uno de los cuales puede servir para consumo humano o animal y aplicación industrial, por lo que se buscan el aprovechamiento integral y obtener ventajas económicas, de esta manera establecer una economía circular con sus correspondientes beneficios sean estos económicos, ambientales e institucionales.

Debido a las exigencias crecientes del mercado, la transformación de los productos agrícolas se ha convertido en parte importante de los procesos industriales de las empresas. Dichos procesos ocasionan de forma ineludible residuos causantes de contaminación ambiental en aguas, suelos y atmósfera, que además ponen en peligro la salud humana y el nicho ecológico de muchas especies animales y vegetales. Conscientes de esta problemática, varios investigadores han dedicado sus esfuerzos a evaluar las propiedades y usos de estos materiales con el fin de mitigar su impacto ambiental, además de buscar posibles aplicaciones industriales que representan beneficios económicos. Algunas de las áreas dentro de las que se han centrado estas investigaciones son la obtención de combustibles (Parawira *et al.*, 2008), de saborizantes y compuestos aplicables a la industria de alimentos (DiGioia *et al.*, 2007; Rivas-Cañedo *et al.*, 2009).

y de pesticidas (Cayuela *et al.*, 2008), entre otras. Asimismo, la utilización de residuos agroindustriales, como materia prima de bajo costo para obtener insumos y materiales para la industria química y de alimentos, representa una opción para transformar los desechos en nuevas materias primas que se perfilan como una alternativa atractiva para conseguir compuestos con propiedades benéficas.

El mango es fuente de pectina, taninos y ácidos orgánicos; también contiene antioxidantes como la vitamina C, vitamina E, carotenoides y fenoles, compuestos bioactivos como la vitamina A y minerales como el hierro, fósforo, calcio, potasio y magnesio (Sumaya-Martínez *et al.*, 2012). Además, este fruto contiene un compuesto comercialmente llamado mangiferina, utilizado con fines cosméticos, nutricionales y medicinales. En animales se ha reportado su potencial antioxidante, antiviral, antitumoral e inmunomodulador (Sethiva *et al.*, 2015).

El mango es rico en vitaminas A, C y, en menor proporción, E, B y K. Además, el alto contenido y la capacidad antioxidante reportada de los ácidos gálico, protocatecuico, clorogénico y vanílico en este tipo de mango se han relacionado con su capacidad para combatir enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer.

Con base en su estructura, los compuestos fenólicos se pueden clasificar en ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos y lignanos (Balasundram *et al.*, 2006). La cáscara de mango Ataulfo es fuente potencial para la extracción de ácidos fenólicos como el ácido gálico, ácido digálico, ácido p-cumárico, flavonoides como quercetina, catequina y xantonas como la mangiferina, cuyo consumo regular ha sido asociado con el mantenimiento y mejora de la salud, debido a su

potencial biológico como antioxidantes, antiinflamatorios, antiproliferativos, entre otros (Pacheco-Ordaz *et al.*, 2018). Zhang y Wang (2018) observaron una disminución de la proliferación de células de cáncer de tiroides al aplicar mangiferina en concentraciones de 2 y 4 μM , lo cual se atribuyó a la reducción en la expresión del antígeno nuclear de células en proliferación (PCNA), el cual está involucrado en el proceso de síntesis de ADN.

En Bolivia, las variedades de mango más cultivados son conocidas como “manga manzana”, también la conocen como “manga uvilla”, esto debido a que se produce en racimos, sin embargo no es otra que la variedad conocida mundialmente como Tommy Atkins, que es una variedad muy resistente a climas extremadamente calientes y posee un sabor dulce predominante, otras variedades como la “manga banana”, y otras como la Keitt, Kent, Osteen, Irwin, Palmer y la muy conocida “manga rosa” o también denominada “mango brasileiro”.

Por otro lado, la bibliografía técnica se refiere a que el consumo del mango principalmente es como fruta fresca, elaboración de helados, ensaladas mixtas y un sinnúmero de postres; siendo que su industrialización ocupa tan solo el 12% de su producción. Datos del IBCE (2022), aproximadamente alcanza 17.546 t anuales, con un rendimiento de 8 t/ha, además, indica que del total de la producción el 10% se destina a la industrialización o a la agroindustria obteniéndose como desperdicios cáscaras, huesos y fibra pulposa. En nuestro país los desechos o subproductos agrícolas representan un problema ambiental debido a que no se realiza un aprovechamiento integral; en el caso particular de la ciudad de Riberalta donde existe una alta producción de esta fruta que está en las jardineras de las calles, plazas y

veredas de casi todos los vecindarios locales de la ciudad de Riberalta al norte del Departamento del Beni y a los cuales no les dan un aprovechamiento adecuado y oportuno ninguno de los estratos sociales de la población local.

Asimismo, la cáscara de mango representa una fuente potencial para la extracción de carotenoides, principalmente β -caroteno, los cuales, además de dar coloración a la cáscara, han sido relacionados con la regulación del sistema inmune, prevención de la ceguera nocturna, enfermedades de la piel, entre otros (Saini *et al.*, 2015).

El proceso seleccionado para la elaboración del alimento complementario para escolares es el de extrusión, sistema HTST (Alta Temperatura y Corto Tiempo).

Según Guy (2002) y Mian (2004), el proceso de extrusión HTST es un proceso industrial de gelatinización o cocción a bajos contenidos de humedad; durante el proceso, las materias primas sufren modificaciones en sus estructuras para otorgarles una reorganización molecular de modo que facilita la digestión.

La intención de la investigación consistió en elaborar un alimento extruido saludable que cumpla con los requisitos organolépticos y nutricionales, aprovechando los principios bioactivos contenidos en las cáscaras de mango por el método de extrusión HTST, como alternativa para solucionar el problema planteado por la falta de técnicas industriales para el aprovechamiento de las cáscaras de mango, que contienen importantes compuestos bioactivos, y procesar un aperitivo funcional orientado a la ración sólida del desayuno escolar.

La investigación se enfocó en: 1) caracterizar los componentes nutricionales como la proteína, grasa, sales minerales, fibra y carbohidratos de la cáscara de mango para su aplicación en la alimentación, 2) determinar los componentes bioactivos como los alcaloides, taninos, carotenoides, saponinas y antocianinas presentes en la cáscara de mango, para su aplicación y uso en la elaboración de alimentos y, 3) aplicar el proceso de extrusión en el procesamiento de un alimento extruido saludable y que cumpla requisitos organolépticos y nutritivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue del tipo experimental con enfoque cuantitativo, porque en el análisis de parámetros físicoquímicos y fitoquímicos se plantean datos cuantitativos.

La búsqueda de la información técnica se realizó con base en los gestores de referencias bibliográficas Zotero y Mendeley, seleccionados por su cobertura internacional que abarca el periodo 1999–2025, con el fin de capturar una evolución longitudinal del tema de investigación desarrollado.

Inicialmente se realizó la recolección de los frutos de mango con el apoyo de los estudiantes de tercer año de la carrera de ingeniería de Industrias Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma del Beni José Ballivián, unidad académica de Riberalta con coordenadas 10°59'43" S 66°03'41" W.

Materias primas

Se utilizaron los siguientes materiales:

- Gritz de maíz (*Zea mays*), variedad vitreo, con alto contenido de almidón resistente del grado III.

- Material vegetal: Se obtuvieron frutos de mango (*Manguijera indica*) de las variedades Tommy Atkins, llamada comúnmente como manga Uvilla o manga manzana, recolectados en la zona de la “Plazuela del Médico en Riberalta”; la variedad Osteen (comúnmente denominada mango boliviano) en la zona del humedal Centenario; y la variedad “manga rosa”, llamada comúnmente como “mango brasileiro”, se colectó en la zona de la Florida, Riberalta.

Para realizar la colecta de las muestras se utilizó el protocolo de toma de muestras donde se explica la forma de tomar la muestra que incluye hojas y frutos para análisis fitoquímico debido a que la bibliografía técnica revisada lo referencia como un potencial de principios bioactivos para el control de la diabetes tipo II.

Los frutos fueron seleccionados (sin daños físicos y microbiológicos visibles) y fueron transportados en bolsas plásticas a las instalaciones del Laboratorio de Química de la carrera de Industrias Forestales y al Instituto de Investigaciones Forestales de la Amazonia. Los frutos fueron desinfectados con hipoclorito de sodio (200 ppm) y se retiró el exceso de humedad con toallas de papel. Se removió la cáscara de los frutos con un pelador de frutas de acero inoxidable, separándose las cáscaras de las pulpas y las correspondientes pepas.

Los frutos de mango se cortaron, separándose la pulpa de la cáscara y el hueso. El hueso fue abierto con tijeras para extraer la almendra.

Las cáscaras fueron deshidratadas en un horno secador por convección a 40° C por un tiempo de 24 horas. Una vez secas, las cáscaras fueron molidas en un procesador de alimentos hasta obtener una harina áspera con 2.0 mm de granulometría. La harina se almacenó a

5° C después de ser envasada al vacío y protegida de la luz hasta su uso.

Las muestras deshidratadas fueron analizadas en el laboratorio LA Y SAA SRL de la ciudad de Cochabamba, realizándose el análisis bromatológico y fitoquímico según se muestra en las tablas 3 y 4.

Entre los métodos empleados para el desarrollo del proyecto de investigación se describen los siguientes:

- Métodos de la AOAC para determinar proteína, grasa, humedad, fibra, cenizas, energía y carbohidratos.
- Método cualitativo para el análisis fitoquímico de compuestos bioactivos de materias primas y producto final, denominado barrido fitoquímico.
- Cromatografía en capa fina para la determinación de clorofila, xantonas y carotenoides en el fruto de la manga y en el producto extruido.
- Aplicando cocción por extrusión en sistema HTST a partir de una base de almidones.

Una vez obtenidos los análisis físicoquímicos, se procedió a la formulación, como se muestra en la Tabla 1, para posteriormente realizar la cocción por el proceso de extrusión en sistema HTST, en porcentajes de aplicación de 10 y 15% de cáscara con mezcla de griz de maíz (maíz semitriturado a 2 cm de espesor), para lo cual se ha usado la infraestructura de la unidad industrial WARA de la empresa Laboratorio de Análisis y Servicios de Asesoramiento en Alimentos de la ciudad de Cochabamba según se muestra en la Figura 3, donde se ha obtenido un extruido llamados snacks extruidos al cual también se ha realizado el estudio físicoquímico y fitoquímico donde se ha valorado su contenido de

pectina y taninos que son aptitudes para control del azúcar en la sangre (Barreto *et al.*, 2017).

Tabla 1. Formulación de pruebas para extrusión HTST

Nº de prueba	Porcentaje de cáscara de manga	Porcentaje de gritz de maíz
1	10	90
2	15	85

El proceso metodológico experimental de la investigación se ha dividido en dos partes principales que son:

Procesamiento primario:

La Figura 1 muestra la secuencia fotográfica del proceso de la investigación realizado en la ciudad de Riberalta en los laboratorios de la carrera de Industrias Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma del Beni José Ballivián, correspondiente al procesamiento primario hasta el

proceso de deshidratación de las cáscaras de la manga de las tres variedades con las que se trabajó.

Es importante establecer que, en los procesos preliminares, como la deshidratación, es fundamental controlar las variables de proceso, ya que esta es diferente al secado. Por tratarse de compuestos bioactivos, la deshidratación es más técnica y controlada con equipo especializado, con flujo de aire continuo, para reducir la humedad a niveles bajos y temperaturas no mayores de 50° C.

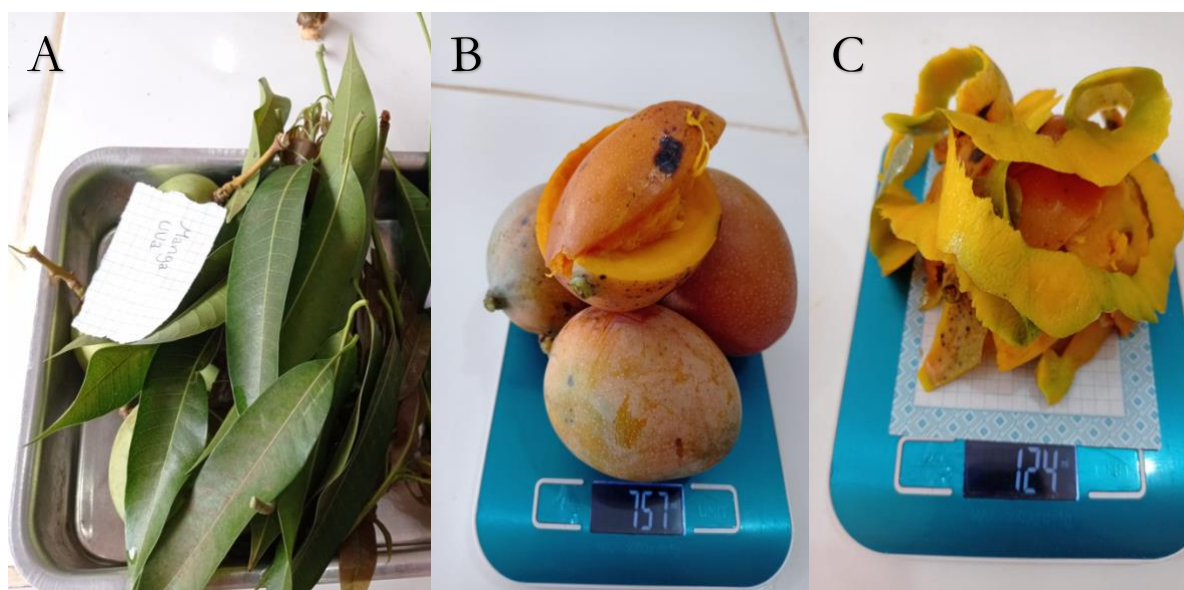


Figura 1. Etapas del trabajo de investigación de aplicación de cáscara de mango. **A.** Tratamiento preliminar para el procesamiento. **B.** Obtención de la masa de las frutas para obtener los rendimientos de cada parte del producto. **C.** Proceso de deshidratación de las cáscaras de la manga.

Procesamiento final o de transformación tecnológica

La Figura 2 plantea cada detalle del proceso de extrusión en un diagrama de bloques, ya considerando las operaciones preliminares realizadas a las materias primas.

El proceso técnico de procesamiento comprende el homogenizado de las materias primas, humidificación con agua purificada hasta 18% de humedad, cocción por extrusión a una temperatura de 100° C, grajeado o recubrimiento con edulcorante hasta un 12% de almíbar de azúcar, finalmente se procede al envasado en bolsas de polipropileno; según se describe en la Figura 2, permitiendo procesar materiales relativamente secos, húmedos o incluso viscosos; y presenta varias ventajas que lo constituyen como una técnica eficiente del procesamiento, entre las cuales destacan que:

- Es un proceso continuo.
- Permite hacer ajustes al procesamiento.
- No tiene efluentes.
- Es energéticamente eficiente.
- Existe mayor eficiencia al ejecutar diferentes procesos en un mismo equipo.
- Minimiza desperdicios.
- Los productos son homogéneos.
- Elimina los factores antinutricionales como las saponinas, los taninos y otras sustancias fenólicas que inhiben la digestión de las proteínas y la absorción de hierro.
- Elimina las cargas bacterianas.
- Las vitaminas son reducidas en porcentajes muy pequeños.

La combinación de calor y esfuerzo mecánico que se ejerce durante la extrusión proporciona: i) gelatinización de los gránulos de almidón, ii) desnaturalización de las

proteínas, iii) inactivación de enzimas que afectan negativamente la vida en anaquel, iv) desarrollo de pardeamiento enzimático e incluso la aparición de ciertos aromas.

El proceso de cocción por extrusión HTST es un sistema que cumple con las especificaciones técnicas para la elaboración de alimentos funcionales, manteniendo en mayor grado los nutrientes y principios bioactivos más que cualquier proceso de transformación aplicado a alimentos vegetales (Guy, 2002).

La extrusión convierte la base de almidón y las mezclas de proteína en una pasta. Los componentes con almidón gelatinizan dando como resultado una captación sustancial de la humedad y un aumento de la viscosidad de la pasta. Los constituyentes proteicos pueden impactar la elasticidad y las propiedades de retención de gas que son características de las pastas glutinosas hidratadas y desarrolladas (Mian, 2004).

Minimizando la temperatura y el cizallamiento dentro del extrusor, se protege la mayoría de las vitaminas (Killeit, 1994). Entre las vitaminas liposolubles, las vitaminas D y K son medianamente estables. Las vitaminas A y E y sus compuestos correlacionados, carotenoides y tocoferoles, respectivamente, no son estables en presencia de oxígeno y calor. En cuanto a los principios bioactivos o metabolitos secundarios o compuestos químicos no nutricionales, como los compuestos fenólicos en granos, frutas y vegetales, actúan como antioxidantes y pueden ser beneficiosos para la salud. Los compuestos fenólicos totales libres, sobre todo el ácido clorogénico, disminuyeron de modo significativo; este fenómeno es aprovechado para eliminar los factores antinutricionales.



Figura 2. Proceso de extrusión.

El producto extruido debe estar además dentro de los rangos exigidos en los ensayos microbiológicos y en los referidos a la calidad organoléptica de los productos alimenticios, por lo que existen más parámetros a analizar para las formulaciones obtenidas.

El proceso de transformación aplicado a la investigación correspondiente a la extrusión sistema

HTST en mono tornillo tiene una relación L/D (longitud/diámetro) igual a 20 ; las variables del proceso son detalladas en la Tabla 2. Estos parámetros obtenidos de las pruebas experimentales realizadas permitirán continuar nuevas investigaciones dirigidas al estudio de especies similares, que también pueden encontrarse en la región de recolección.

Tabla 2. Planteamiento de variables del proceso

Proceso de elaboración	Sistema extrusión HTST
Temperatura de proceso	100 – 102° C
Tiempo de residencia	10 segundos
Humedad inicial	17%
Humedad final del producto	6%

La Figura 3 muestra la secuencia fotográfica desde el proceso de molienda, formulación y proceso de extrusión, actividades que fueron desarrolladas en las

instalaciones del laboratorio de la empresa LA Y SAA SRL.

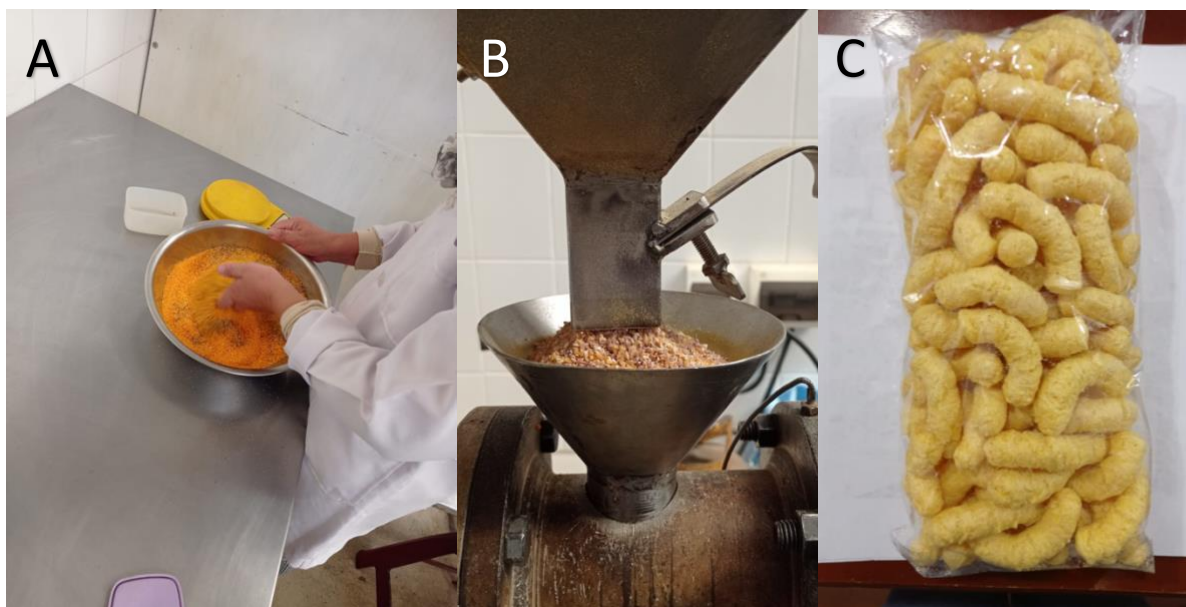


Figura 3. Proceso de transformación. **A.** Proceso de molienda de las cáscaras de la manga para su posterior aprovechamiento. **B.** Elaboración de las pruebas de aprovechamiento de las cáscaras de la manga a través de la cocción por extrusión. **C.** Producto extruído tipo botana o pasabocados saludables.

El proceso de cocción por extrusión en sistema HTST cumple con las especificaciones técnicas para la elaboración de alimentos extruidos saludables que mantengan sus propiedades nutricionales y funcionales, sin someterse al pardeamiento no enzimático (reacciones de Maillard) durante la cocción más que cualquier proceso de transformación aplicado a alimentos vegetales. El producto extruido debe estar además dentro de los rangos exigidos en los ensayos microbiológicos y en los referidos a la calidad organoléptica de los productos alimenticios, por lo que existen más parámetros a analizar para las formulaciones obtenidas.

Luego de terminado el proceso de extrusión y grajeado se procedió a la evaluación sensorial realizado por panel entrenado compuesto por 26 estudiantes de la carrera de Ingeniería de Industrias Forestales de la Universidad Autónoma del Beni José Ballivián, unidad

académica de Riberalta usando el método hedónico de 7 puntos, cuyo resultado fue de aprobación por el panel.

RESULTADOS

El proceso de transformación aplicado a la investigación corresponde a la cocción por extrusión en sistema HTST (Tabla 1). Estos parámetros obtenidos de las pruebas experimentales realizadas permitirán continuar nuevas investigaciones dirigidas al estudio de especies similares, que también pueden encontrarse en la región de recolección.

El mango se divide principalmente en tres partes, de las cuales solo una es aprovechada: la pulpa; las otras dos partes, que son el hueso y las cáscaras, son desechadas.

El hueso, también llamado semilla, alberga la almendra, que es rica en contenido de grasa. El rendimiento del mango fresco se detalla en valores

porcentuales de la pulpa, cáscara, hueso y merma, principalmente en el proceso de pelado o descascarado (Tabla 3).

Los resultados del análisis bromatológico y fitoquímico se muestran en la Tabla 3 y la Tabla 4, respectivamente.

Tabla 3. Rendimiento de extracción de las partes de la manga uvilla

Parte del fruto fresco	Rendimiento de extracción (%)
Pulpa	59.70
Cáscara	17.49
Hueso	4.24
Merma de producción	12.25

La Tabla 4 muestra los resultados obtenidos del análisis físicoquímico que se realizó a las diferentes partes del material vegetal tales como hojas, pulpa, cáscara, pepa o hueso y el extruido final, donde se puede ver que cada uno de los componentes de la manga, tienen diferentes valores, sobresaliendo la composición de las proteínas en la pulpa y el extruido de 5.32% y 4.14% y el extracto

etéreo de 4.61% en la pulpa y 4.21% del extruido que está relacionado con el contenido de grasa o compuestos volátiles como aceites esenciales que otorgan las características aromáticas y de sabor a la fruta, lo que demuestra que no se ha utilizado ningún saborizante artificial en el proceso.

Tabla 4. Resultados del análisis bromatológico del material vegetal de la manga variedad Tommy Atkins (manga uvilla o manga manzana) y el producto del extruido final.

Descripción	Energía (Kcal/100g)	Humedad (%)	Ceniza (%)	Proteína (%)	Extracto etéreo (%)	Hidratos de carbono (%)	Fibra (%)
Pulpa	409.25	26.55	1.68	5.32	4.61	54.39	7.45
Cáscara	317.19	22.65	2.51	5.88	2.11	55.87	11.58
Hueso	384.54	10.16	1.97	6.31	9.94	69.07	2.55
Extruido	369.17	6.09	3.22	4.14	4.21	83.53	2.88

La Tabla 5 muestra los resultados del análisis fitoquímico realizado en las diferentes partes del fruto y de la planta de mango, motivo de la presente investigación, y muestra claramente el potencial de compuestos bioactivos presentes no solo en la pulpa, sino en mayor proporción en las hojas y cáscaras, que generalmente son desechadas.

Los resultados también muestran que el proceso de extrusión no deteriora en gran proporción los fitoquímicos de la fruta, manteniéndose en regular cantidad los taninos, flavonoides y carotenoides, y el contenido de fenoles totales muestra que el producto tiene hasta 1.03 microgramos por kilogramo de producto final.

Tabla 5. Resultados del análisis fitoquímico de la manga de la variedad Tommy Atkins (manga uvilla o manga manzana). ‘+= Poca cantidad, ‘++= Regular cantidad, ‘+++ = Bastante cantidad, ‘- = Ausencia.

Metabolitos secundarios	Hojas	Pulpa	Cáscara	Pepa	Extruido
Taninos	‘+++	‘+	‘+++	‘+	‘++
Flavonoides	‘+++	‘+	‘+++	‘-	‘++
Antocianinas	‘-	‘+	‘++	‘-	‘+
Carotenoides	‘+	‘++	‘+++	‘+	‘++
Saponinas	‘+++	‘+	‘+	‘++	‘+
Alcaliodes	‘+	‘+	‘++	‘+	‘+
Fenoles totales		1.11	1.89	0.12	1.03

DISCUSIÓN

La investigación muestra claramente las diferencias sustanciales entre cada una de las partes del material vegetal analizado, aunque el contenido de sustancias fenólicas es un indicativo de la actividad antioxidante de una muestra, es conveniente realizar la determinación de algunos polifenoles específicos como los flavonoides en general o en cada uno de los grupos presentes como los flavanoles, las flavonas e isoflavonoles y en específico de las antocianinas.

Brito *et al.* (2003) y Siller *et al.* (2009) muestran resultados del rendimiento de la fruta que coinciden con los encontrados en los análisis de laboratorio para la variedad uvilla producida en Riberalta.

Para la harina de cáscara de manga, los parámetros de color son similares, con tendencia a grises, lo cual se comprueba en el grado de madurez de la fruta, planteado por Brito *et al.* (2003).

Jibaja Espinoza y Sánchez González (2015), reportaron que la composición química de la harina de cáscara de mango es: 5.44% de proteína, 1.99% de grasa, 11.20% de fibra y 2.84% de cenizas. Si comparamos estos valores son similares con los encontrados en este trabajo

que corresponden al 5.88% de proteína, 2.51% de cenizas, 2.11% de grasas, 11.58% de fibra.

Por otro lado, Moreno-Álvarez *et al.* (1999) reportaron que la composición química de la harina de la pepa o hueso de mango es de: 6.90% de proteína, 9.61% de grasa, 3.12% de fibra, 1.72% de ceniza y 58.19% de carbohidratos totales. Al comparar estos valores con los encontrados en este estudio se reporta el 6.31% de proteína, 1.97% de cenizas, 9.94% de grasa, 2.55% de fibra. Si bien no se realizó una comparación que permita analizar si existe una posible variación significativa, los valores reportados en esta investigación son similares a las anteriores investigaciones. Con ello podemos concluir que la caracterización de las harinas no afectó los valores de la composición química, utilizando los mismos métodos de análisis bromatológico.

El contenido de antocianinas y flavonoides fue significativamente alto en las cáscaras y en las hojas, y en las cáscaras de la manga variedad Tommy Atkins o comúnmente llamada en Riberalta variedad uvilla.

El trabajo, además de realizar el análisis bromatológico y fitoquímico de los residuos de la manga variedad uvilla, realizó el proceso de aplicación de tecnología de cocción por extrusión para demostrar el

uso que se le puede dar a las cáscaras de mango, llevando el trabajo a un tema de economía circular, por medio del aprovechamiento de residuos provenientes de un cultivo subutilizado en las comunidades amazónicas, tal es el caso del norte amazónico de Bolivia.

Los resultados obtenidos indican que con las cáscaras se pueden aplicar procesos tecnológicos que permiten el aprovechamiento integral de los frutos amazónicos, y obtener alimentos funcionales de gran valor, orientado incluso a la ración seca del desayuno escolar en comunidades locales, con tendencia a mitigar de forma indirecta los efectos de la desnutrición, además las cáscaras y el hueso o pepa contienen altos valores en los componentes fitoquímicos que pueden usarse para control de la diabetes tipo II.

Por otro lado, el estudio orienta a la utilización de la cáscara de mango como una alternativa para el manejo sustentable de desechos provenientes de la agroindustria, de los cuales se puede destacar el valor agregado que se les puede dar como fuente de compuestos bioactivos de interés por presentar un mayor potencial para la reutilización en la alimentación humana o en la industria farmacéutica.

Los taninos son considerados antioxidantes por su capacidad para eliminar radicales libres, previniendo la aparición de enfermedades degenerativas como el cáncer. Tienen una función antibacteriana que se produce al privar a los microorganismos del medio para que puedan desarrollarse. También reducen el colesterol al inhibir su absorción y expulsarlo. Del análisis fitoquímico podemos ver que no existe detrimento de algunos metabolitos secundarios, por lo que se puede afirmar que el proceso de extrusión es el más adecuado en el procesamiento del mango.

El análisis fitoquímico del producto extruido muestra que los taninos y flavonoides se mantienen intactos luego del proceso de extrusión, y gracias a las propiedades de estos metabolitos secundarios antes mencionados se pudo dar un valor agregado a este producto. Además de poseer los macronutrientes principales (proteínas, hidratos de carbono), estos extruidos tipo bocadillo contienen compuestos con propiedades biológicas de interés para contribuir en mayor medida a la salud de los consumidores.

La literatura que se revisó ha mostrado que las cáscaras del fruto del mango tienen un potencial importante para el control y la prevención de la diabetes, por lo que se recomienda realizar un estudio de validación de estos atributos en enfermos con diabetes y prediabetes, debido a que esta enfermedad está ampliamente difundida en la población de Riberalta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balasundram, N.; Sundram, K. & Samman, S. 2006. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry* 99: 191–203. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.042>
- Barreto, G. E.; Púa, A. L.; De Alba, D. D. & Pión, M. M. 2017. Extracción y caracterización de pectina de mango de azúcar (*Mangifera indica* L.). *Temas Agrarios* 22: 79–86.
- Blancas-Benitez, F. J.; Mercado-Mercado, G.; Quirós-Sauceda, A. E.; Montalvo-González, E.; González-Aguilar, G. A. & Sáyago-Ayerdi, S. G. 2015. Bioaccessibility of polyphenols associated with dietary fiber and *in vitro* kinetics release of polyphenols in Mexican ‘Ataulfo’ mango (*Mangifera indica* L.) by-

products. *Food & Function*, 6: 859–868. <https://doi.org/10.1039/c4fo00982g>

Brito, B.; Vaillant, F.; Espín, S.; Lara, N.; Valarezo, O.; ... & Pontón, B. 2003. Aplicación de nuevas tecnologías agroindustriales para el tratamiento de frutas tropicales y andinas para exportación. Informe Final del Proyecto INIAP-PROMSA IQ-CV-077. Quito. Ecuador.

Cayuela, M. L.; Millner, P. D.; Meyer, S. L. F. & Roig, A. 2008. Potential of olive mil waste and compost as biobased pesticides against weeds, fungi, and nematodes. *Science of the Total Environment* 399: 11–18. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.03.031>

Di Giola, D.; Sciubba, L.; Setti, L.; Luziatelli, F.; Ruzzi, M.; ... & Fava, F. 2007. Production of biovanillin from wheat bran. *Enzyme and Microbial Technology* 41: 498–505. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2007.04.003>

Gandhi, P. J.; Jothi, G. R.; Antony, G.; Balakrishna, K.; Paulraj, M. G.; ... & Al-Dhabi, N. A. 2014. Gallic acid attenuates high-fat diet fed-streptozotocin-induced insulin resistance via partial agonism of PPAR γ in experimental type 2 diabetic rats and enhances glucose uptake through translocation and activation of GLUT4 in PI3K/p-Akt signaling pathway. *European Journal of Pharmacology* 745: 201–216. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2014.10.044>

Guy, R. 2002. Extrusión de los Alimentos. Editorial Acribia S.A. España.

IBCE Instituto Boliviano de Comercio Exterior. 2022. Glosario Técnico de Comercio Exterior. Santa Cruz, Bolivia.

Jibaja Espinoza, L. M. & Sánchez González, J. 2015. Determinación de la capacidad antioxidante y análisis composicional de harina de cáscara de mango (*Mangifera indica*) variedad “Criollo” procedente de la

provincia de Sullana en Piura. *Tecnología & Desarrollo* 13: 23–26.

Kammalla, A. K.; Ramasamy, M. K.; Inampudi, J.; Dubey, G. P.; Agrawal, A. & Kaliappan, I. 2014. Comparative pharmacokinetic study of mangiferin after oral administration of pure mangiferin and US patented polyherbal formulation to rats. *AAPS PharmSciTech* 16: 250–258. <https://doi.org/10.1208/s12249-014-0206-8>

Mian, N. R. 2004. Extrusores en las Aplicaciones de Alimentos. Editorial Acribia. España.

Moreno-Alvarez, M. J.; Graterol, L. & Alvarado, J. 1999. Carotenoides totales del pericarpio de algunos frutos. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología* 17: 100–107.

Pacheco-Ordaz, R.; Wall-Medrano, A.; Goñi, M. G.; Ramos-Clamont-Montfort, G., Ayala-Zavala, J. F. & González-Aguilar, G. A. 2018. Effect of phenolic compounds on the growth of selected probiotic and pathogenic bacteria. *Letters in Applied Microbiology* 66: 25–31. <https://doi.org/10.1111/lam.12814>

Parawira, W.; Read, J. S.; Mattiasson, B. & Björnsson, L. 2008. Energy production from agricultural residues: High methane yields in pilot-scale two-stage anaerobic digestion. *Biomass & Bioenergy* 32: 44–50. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2007.06.003>

Rivas-Cañedo, A.; Fernández-García, E. & Nuñez, M. 2009. Volatile compounds in fresh meats subjected to high pressure processing: Effect of the packaging material. *Meat Science* 81: 321–328. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.08.008>

Saini, R. K., Nile, S. H. & Park, S. W. 2015. Carotenoids from fruits and vegetables: Chemistry, analysis, occurrence, bioavailability and biological activities. *Food Research International* 76: 735–750. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.07.047>

Sáyago-Ayerdi, S. G.; Zamora-Gasga, V. M. & Venema, K. 2019. Prebiotic effect of predigested mango peel on gut microbiota assessed in a dynamic in vitro model of the human colon (TIM-2). *Food Research International* 118: 89–95.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.024>

Sethiya, N. K.; Trivedi, A. & Mishra, S. H. 2015. Rapid validated high performance thin layer chromatography method for simultaneous estimation of mangiferin and scopoletin in *Canscora decussata* (South Indian *Shankhpushpi*) extract. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 25: 193–198.

<https://doi.org/10.1016/j.bjp.2015.04.002>

Siller-Cepeda, J.; Muy-Rangel, D.; Báez-Sañudo, M.; Araiza-Lizarde, E. & Ireta-Ojeda, A. 2009. Calidad poscosecha de cultivares de mango de maduración temprana, intermedia y tardía. *Revista Fitotecnica Mexicana* 32: 45–52.

Sumaya-Martínez, M. T.; Sánchez Herrera, L. M.; Torres García, G. & García Paredes, D. 2012. Red de valor del mango y sus desechos con base en las propiedades nutricionales y funcionales. *Revista Mexicana de Agronegocios* 30: 826–833.

Vázquez, C.; Cos, A. I. & López Nomdedeu, C. (Eds.). 1998. Alimentación y Nutrición: Manual Teórico Práctico. Díaz de Santos. Madrid, España.

Zhang, L. & Wang, M. 2018. Growth inhibitory effect of mangiferin on thyroid cancer cell line TPC1. *Biotechnology and Bioprocess Engineering* 23: 649–654.

<https://doi.org/10.1007/s12257-018-0212-x>