

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Industrial



**DEVELOPMENT OF EXTRUDED SNACKS WITH
PROTEIN HYDROLYSED FROM JUMBO SQUID
(DOSIDICUS GIGAS) BY-PRODUCT AND
CAÑIHUA (CHENOPODIUM PALLIDICAULE
AELLEN)**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Mateo Tapia Chasquibol

Código 20191971

Sebastián José Marimón Ortiz

Código 20192310

Asesor

Nicolás Francisco Salazar Medina

Lima – Perú

Abril de 2025

Propuesta
Carrera Ingeniería Industrial

Título

Development of Extruded Snacks with Protein Hydrolysed from Jumbo Squid (*Dosidicus gigas*) by-Product and Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)

Autor(es)

20191971@aloe.ulima.edu.pe

20192310@aloe.ulima.edu.pe

nsalazar@ulima.edu.pe

Universidad de Lima

Resumen: La pesquería de Pota en Perú es la segunda más importante después de la pesquería de anchoveta. Durante su proceso de fabricación, solo se utiliza entre el 50% y el 60% del total de la Pota, por lo que los residuos podrían emplearse para desarrollar alimentos funcionales. La cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es un pseudocereal andino de las zonas altas andinas de Perú, caracterizado por su alto valor nutricional. Este trabajo tuvo como objetivo desarrollar snacks extruidos enriquecidos con proteína hidrolizada de residuos de Pota (PHRP), debido a su alto contenido proteico, bajo costo y amplia disponibilidad. Se desarrollaron cuatro snacks extruidos con harina de maíz (55%), harina de arroz (20% a 30%) y harina de cañihua (15%) enriquecidos con PHRP (4% a 10%) utilizando un extrusor de doble tornillo. Los snacks extruidos se caracterizaron por sus propiedades físicas (densidad, índice de expansión, índice de absorción de agua) y vida útil. La adición de PHRP incrementó el contenido de proteína (11.20% a 15.39%); minerales (1.40% a 1.66%), grasa (1.10% a 1.18%) y el contenido de humedad (4.46% a 5.81%); en comparación con la muestra de control. Además, los snacks extruidos mostraron una alta concentración de compuestos fenólicos, (5633 µg GAE/g de snack a 7315 µg GAE/g de snack), actividad antioxidante, (698 mg trolox/g de snack a 1274 mg trolox/g de snack), digestibilidad proteica in vitro, (72.58% a 74.40%), bajo índice de acidez (0.095 mg KOH/g de snack a 0.105 mg KOH/g de snack) y de peróxidos (0.00 meq O₂/kg de snack a 0.063 meq O₂/kg de snack), respectivamente. Los snacks fueron aceptados por el panel de evaluadores, cumplieron con la NTP-209.226 y los requisitos microbiológicos. Por lo tanto, estos snacks pueden ser una alternativa de un producto más saludable y satisfacer las tendencias del mercado.

Palabras Clave: Pota, cañihua, snack extruido, proteína hidrolizada, antioxidantes.

Abstract: The jumbo squid fishery in Peru is the second most important after the anchovy fishery. During its manufacturing process, only 50% to 60% of the total jumbo squid is used, thereby, the residues could be used to develop functional foods. Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) is an Andean pseudocereal from the highlands of Peru characterized by its high nutritional value. This work aimed to develop extruded snacks with protein hydrolysed (PH) from jumbo squid by-product (JSBP) due to its high protein content, low price, and high availability. Four extruded snacks with corn flour (55%), rice flour (20% to 30%) and cañihua flour (15%) were enriched with PH from JSBP (4% to 10%) and developed using a twin-screw extruder. The extruded snacks were characterized by their physical properties (density, expansion ratio, water absorption index) and shelf life. The addition of PH from JSBP increased the protein content from 11.20% to 15.39%; ash content from 1.40% to 1.66% and fat content ranged from 1.10% to 1.18% compared to the control sample, the moisture content was from 4.46% to 5.81%. Also, the extruded snacks showed high phenolic concentration, 5633 µg GAE/g snack to 7315 µg GAE/g snack, high antioxidant activity, 698 mg trolox/g snack to 1274 mg trolox/g snack, high in vitro protein digestibility, 72.58% to 74.40%, and low acid index (0.095 mg KOH/g snack to 0.105 mg KOH/g snack) and peroxide index (0.00 meq O₂/kg snack to 0.063 meq O₂/kg snack), respectively. The snacks were accepted by the panel evaluators, complied with the Peruvian standard NTP-209.226 and microbiological requirements. Therefore, these snacks can be a healthier alternative product and satisfy market trends.

Keywords: Jumbo squid; cañihua; extruded snack; protein hydrolysate; antioxidants.

Línea de investigación IDIC – ULIMA

Productividad y Empleo - Innovación: tecnologías y productos

Área y Sub-áreas de Investigación:

Product Design & Development & Desarrollo de producto

Objetivo (s) de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionado (s) al tema de investigación.

ODS 2 – HAMBRE CERO

ODS 9 – INDUSTRIA, INNOVACIÓN & INFRAESTRUCTURA

ODS 12 - PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES

ODS 14 – VIDA SUBMARINA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La pota (*Dosidicus gigas*) es un recurso de valioso interés en el Perú. Según Gutiérrez Flores et al. (2021), el calamar gigante o pota, *Dosidicus gigas* (D'Orbigny), es un cefalópodo con gran relevancia comercial y nutricional por su alto contenido proteico y bajo contenido de grasa. La pesquería del calamar gigante en el Perú es la segunda más importante después de la anchoveta, en términos de volumen, así como en ingresos de divisas. Entre los años 2010 y 2019, el desembarque promedio ha sido de casi 430 000 Tm anuales, llegando a un máximo de 556 000 en 2014 (Produce, 2020). Además, el Perú ha producido más del 50% de los desembarques mundiales de este recurso; sin embargo, en las últimas temporadas, este porcentaje ha ido disminuyendo (FAO, 2020; Rovegno, 2021).

La pota tiene muchos compuestos de interés, entre ellos se encuentra el contenido de proteína (10-13%) en la materia prima fresca (Gutiérrez Flores et al., 2021; Pariona-Velarde & Barriga-Sánchez, 2022). Carranco-Jáuregui et al. (2020) reportaron que la proteína de pota contiene todos los aminoácidos esenciales necesarios para el consumo del ser humano, destacando la leucina ($6,56 \pm 0,02$ g/100 g proteína), lisina ($10,16 \pm 0,03$ g/100 g proteína), isoleucina ($4,26 \pm 0,01$ g/100 g proteína), entre otros.

Durante el procesamiento, solo se aprovecha el 50% o 60% del total de la pota, el resto son residuos que podrían ser aprovechados para transformarlos en bioactivos funcionales con alto valor agregado como concentrados proteicos, gelatina, colágeno, quitina, proteasas, entre otros (Ezquerria-Brauer & Aubourg, 2019). Por lo general, estos residuos se eliminan o se destinan para la producción de harina para consumo animal (Loo-Kung Baffigo et al., 2021). La gran cantidad de residuos generados durante el procesamiento industrial de la pota requiere de una revolución verde, amigable con el medio ambiente, rentable y con una baja huella ecológica (Mutalipassi et al., 2021). A través de procesos químicos, tecnologías enzimáticas y procesos de fermentación, secado y modificaciones químicas, se pueden obtener alimentos funcionales con propiedades antioxidantes, antimicrobianas, anticancerígenas, antihipertensivas, antidiabéticas y con efectos anticoagulantes (Ezquerria-Brauer & Aubourg, 2019).

Los snacks extruidos son uno de los alimentos más populares entre los consumidores de todas las edades, especialmente entre los niños, sin embargo, muchos de ellos presentan un alto contenido de sal, grasa y azúcar, bajos en proteínas, antioxidantes, aminoácidos esenciales, vitaminas, minerales, fibra dietética, y otros compuestos bioactivos funcionales (Pariona-Velarde & Barriga-Sánchez, 2022, Renoldi et al., 2020).

La tendencia mundial hacia una dieta más saludable cada vez se está incrementando en todos los niveles de la sociedad, cultura y educación, y se está expandiendo entre nacionalidades (Popkin et al., 2021). La oferta de alimentos que satisfacen este tipo de demandas de los consumidores está cambiando para satisfacer estas necesidades del mercado. En este sentido, los snacks (especialmente los extruidos) se han convertido en una parte importante de la dieta de los consumidores, siendo una excelente matriz alimentaria para incorporar al organismo bioactivos con propiedades funcionales que ayuden a mejorar la salud del consumidor (Félix-Medina et al., 2020).

En nuestro país existen normas técnicas para el procesamiento y etiquetado de snacks, pero falta actualizar las normas por los Comités Técnicos de Normalización. La última revisión de la Norma Técnica Peruana NTP 209.226:1984 para snacks, fue en el 2016. En esta Norma Técnica además de los requisitos organolépticos (color, olor, textura y sabor), solo se exigen como características fisicoquímicas la humedad, cenizas totales, índice de peróxido e índice de acidez.

Existe un avance significativo en la modificación de extrusoras para el procesamiento de alimentos. Las tecnologías novedosas incluyen extrusión de fusión en caliente, extrusión asistida por fluido supercrítico e impresión 3D, proceso de alta temperatura y corto tiempo; con estudios sobre parámetros de extrusión (temperatura, humedad, tiempo, velocidad del tornillo, presión, etc.), composición de la materia prima y

conservación de la calidad del extruido en términos de nutrición, propiedades funcionales y tiempo de vida (Prabha et al, 2021).

Se ha desarrollado una barra nutritiva a partir de la mezcla extruida de maíz, arroz, kiwicha y concentrado de proteína del manto de la pota, obteniéndose una elevada aceptabilidad (93,3%) con ausencia de olor y sabor a pota para niños de 3 a 10 años, digestibilidad proteica alta (90,53%) y un índice de gelatinización del almidón del 95,4% (Roldán Acero et al., 2022). Roldán Acero et al. (2021), desarrolló un snack extruido con una mezcla de harinas de cereales (cebada, maíz y arroz) harina de arveja, leche en polvo y un concentrado de proteína de manto de pota que no afectó las características sensoriales del producto extruido; los parámetros óptimos del proceso de extrusión fueron: caudal de inyección de agua de 2 GPH y temperatura de extrusión de 140 °C; el producto extruido presentó muy buena aceptación y cumplió con la NTP-209.260 respecto a la cantidad de proteínas, aminoácidos esenciales y aporte energético. Por ello, los snacks extruidos presentan un potencial antioxidante elevado y con características de mayor calidad tales como color y textura, aceptabilidad del consumidor, siendo una alternativa de la industria alimentaria para desarrollar productos más saludables y satisfacer las tendencias del mercado.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un snack extruido enriquecido con proteína hidrolizada de residuos de pota (*Dosidicus gigas*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)

Objetivo 1: Realizar el análisis y diagnóstico del procesamiento de la pota y la falta de alimentos con altos porcentajes de proteína hidrolizada.

Objetivo 2: Diseñar, optimizar y desarrollar snacks extruidos con proteína hidrolizada de residuos de pota y cañihua según parámetros de la NTP-209.226.

Objetivo 3: Validar la formulación y el procesamiento del snack desarrollado mediante su viabilidad económica y su impacto en los stakeholders relevantes.

JUSTIFICACIÓN

El diseño de los snacks extruidos con alto contenido de proteína, obtenido por el método de hidrólisis enzimática de los residuos de pota, vienen como respuesta a una serie de antecedentes y necesidades existentes. Existe en la actualidad una tendencia global para buscar alimentos con alto contenido de proteína, teniendo como recursos entre otros a los residuos acuícolas (Fontes Zepeda et al., 2022). Asimismo, debido al crecimiento de la demanda del sector acuícola, como consecuencia directa, existe también un gran incremento en la cantidad de residuos que genera esta industria; siendo aproximadamente que dos tercios de ellos simplemente se descartan, impactando negativamente en la economía y en el medioambiente (Laso et al., 2018; Coppola et al., 2021). Por ello se buscan en la actualidad usos alternativos para estos residuos, debido a que son ricos en: enzimas, péptidos bioactivos y biopolímeros, pudiendo tener aplicaciones en distintos sectores económicos (Coppola et al., 2021). Por lo tanto, elaborar snacks extruidos a base de residuos de pota pueden generar beneficios para el medio ambiente al aprovechar residuos que se desechan y contaminan; así como beneficios para los consumidores ya que son residuos que aún contienen proteínas, minerales, péptidos bioactivos, entre otros.

Respecto al contenido de proteína, existen referencias respecto a la extracción de proteína de residuos acuícolas por el método de hidrólisis enzimática, en función de los datos del grado de hidrólisis obtenido (% de proteína que se hidrolizo respecto al total de proteína) los cuáles se emplearon como referente. Por ejemplo, Tacias-Pascacio et al. (2021) menciona que para un hidrolizado a base de atún se alcanza un grado de hidrólisis máximo de 15.83%; por otro lado, Nurdiani et al. (2022) para el hidrolizado a base de residuos de caballa, obtuvo un máximo grado de hidrólisis del 32.63%. Finalmente, Ezquerra-Brauer y Aubourg (2019) mencionan que, para un hidrolizado a base de residuos de tentáculos de calamar gigante, el grado de hidrólisis máximo sería de 37.23%; siendo que nuestros snacks extruidos están desarrollados en base a residuos de pota o calamar gigante, es con este grado de hidrólisis que se pudo realizar una comparación más directa. Es de suma importancia alcanzar un alto grado de hidrólisis en nuestros snacks ya que mientras mayor sea este, mayor será el contenido de proteína en los snacks.

Según lo mencionado por Sun et al. (2022) las proteínas hidrolizadas derivadas de algas marinas presentan propiedades antihipertensivas, anticancerígenas e inmunorreguladoras. De igual manera Le Faouder et al. (2022) menciona que las proteínas hidrolizadas mejoran las propiedades funcionales de los alimentos, permitiendo que se liberen péptidos con bajo peso molecular, los cuales tienen propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antihipertensivas, antiinflamatorias, antihiperlipémicas, ansiolíticas, y que contribuyen a retrasar el envejecimiento de la piel. Por último, Singh et al. (2022) menciona que el proceso de hidrólisis mejora las propiedades nutricionales, fisicoquímicas, y funcionales de la proteína original, siendo el proceso de hidrólisis enzimática el método más efectivo para obtener péptidos bioactivos en comparación con otros métodos químicos y físicos. Es por ello que un snack extruido desarrollado con proteína hidrolizada sería más beneficioso para el ser humano que un snack extruido con otros tipos de proteína.

DISEÑO METODOLÓGICO

El diseño de ingeniería propuesta para el desarrollo de snacks extruidos se realizó de acuerdo con el esquema experimental detallado en la Figura 1.1:

Figura 1.1

Diseño experimental para la obtención de snacks extruidos con proteína hidrolizada de residuos de Pota (PHRP),

ETAPA	RECEPCIÓN	LAVADO	SECADO	MOLIENDA	HIDROLISIS ENZIMÁTICA	SECADO POR ASPERSIÓN	MEZCLADO	EXTRUSIÓN
TRATAMIENTO								
PARÁMETROS	T: -18 °C	Agua	T: 60 °C t: 12 h	D: <300 μm	T°: 30 – 60 °C t: 30 – 60 min E/S: 0.1 – 0.5	In T°: 180 °C Out T°: 90 °C	200 RPM 15 min	T: 60, 90, 120 y 150 °C 20 hz tornillo 10 hz alimentación
CONTROL CALIDAD	Análisis proximal pH			A. proximal	Grado de hidrólisis	A. proximal Rendimiento	A. proximal Rendimiento	A. proximal Rendimiento Actividad antioxidante -DPPH Fenólicos totales Aminoácidos A. físicos

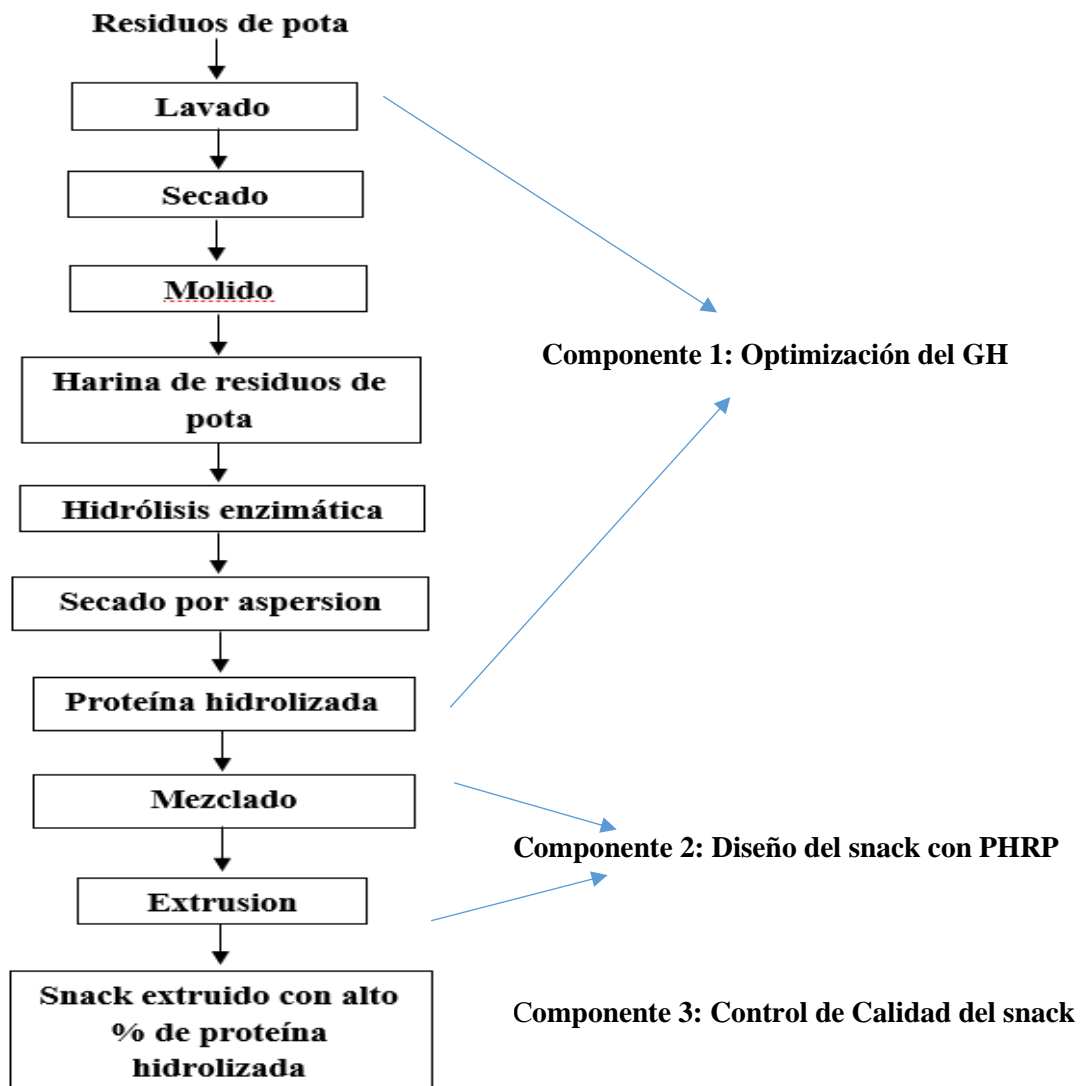
Nota. MP: materia prima, RPH: residuo de pota hidrolizado, C: control, M1: muestra 1, M2: muestra 2, M3: muestra 3; M4: muestra 4. A. proximal hace referencia al análisis proximal, en la cual se determinará el % de humedad, lípidos, cenizas, proteína y carbohidratos que tengan los snacks extruidos.

Los diferentes tratamientos experimentales se analizaron y procesaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95%, y las diferencias entre experimentos para la determinación de los parámetros fisicoquímicos, formulaciones e ingredientes se realizaron mediante la prueba estadística de comparaciones múltiples de Tukey usando el software Minitab 19.0. La determinación de desarrollar 4 formulaciones fue sugerida por el trabajo elaborado por Espinoza et al. (2021), en donde, se elaboró snacks con concentrados proteicos con un porcentaje mayor al 15% en mezcla, obteniendo un snack muy duro como para ser comestible. Las formulaciones se compararon contra una muestra control que no tuvo en su formulación a la proteína hidrolizada de los residuos de pota. De igual forma, solo se decidió trabajar con 4 formulaciones conteniendo proteína hidrolizada de residuos de pota porque a mayor porcentaje de este, menor es el índice de expansión del snack, afectando directamente al producto final (Roldán et al., 2022).

El desarrollo del proyecto de investigación se basó en el diagrama de bloques de la Figura 1.2 y se basó en tres componentes principales.

Figura 1.2

Proceso de desarrollo del snack extruido con PH de residuos de pota



Componente 1: Optimización del grado de hidrólisis de proteína de residuos de pota

Acondicionamiento de la materia prima.

Los residuos de pota se recolectaron de la bahía de Sechura, Piura-Perú; mientras que la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), maíz y harina de arroz se obtuvieron de un mercado en Lima. Los residuos de pota fueron descongelados y lavados en el Laboratorio de Alimentos Funcionales de la Universidad, donde se realizó su control de calidad, según las características organolépticas y fisicoquímicas reportadas por Briceño (2018) (Tabla 1.1).

Tabla 1.1*Control de calidad residuos de pota***Características organolépticas y fisicoquímicas**

Olor	Fresco, marino, característico de la especie
Color	Brillante sin decoloraciones
Textura	Firme y relativamente elástica
Temperatura interna	-18°C

Nota. De Briceño, aclara que temperatura interna es con la que debe llegar al laboratorio

Una vez realizado el control de calidad, se procedió a congelar la pota a -18°C para su posterior uso. Luego, los residuos de pota se descongelaron y deshidrataron mediante un secador infrarrojo (IRC D18, Irconfort, Sevilla, España) a 60°C durante 12 h, y se molieron en la trituradora de alimentos (Grindomix GM200, Restch, Haan, Alemania) para obtener harina de residuos de pota.

Optimización y extracción de proteína hidrolizada de residuos de pota.

Antes de realizar la extracción de la proteína hidrolizada, se optimizó el grado de hidrólisis a partir de la harina de residuos de pota, para obtener los parámetros óptimos de extracción y maximizar el grado de hidrólisis. Para optimizar el grado de hidrólisis (GH: %), se empleó el diseño de experimento (DOE) mediante la metodología de superficie de respuesta (MSR) con un diseño Box-Behnken (BBD) (Box & Behnken, 1960), utilizando el software Minitab 19 (Stat-Ease, Inc., Minneapolis, MN, USA). Se emplearon tres variables independientes (X1 – temperatura, °C; X2 – tiempo, minutos; y X3- pH) a tres niveles equidistantes (-1, 0 y +1). Esto es importante, porque los parámetros de extracción varían de acuerdo con el origen de la materia prima (Gao et al., 2021; Henriques et al., 2021; Hua et al., 2021). Nurdiani et al. (2022) reporta para considerar como sostenible la hidrólisis enzimática, el grado de hidrólisis debe ser mayor al 20%. Es de suma importancia encontrar los parámetros optimizados de temperatura, tiempo y pH para obtener un alto porcentaje de grado de hidrólisis y los snacks desarrollados tengan un alto contenido de proteína.

El proceso de hidrólisis se realizó de acuerdo con el método descrito por Chasquibol et al. (2023), mediante la determinación de grupos aminos libres en reacción con ácido 2,4,6-trinitrobenzensulfónico (TNBS). La harina de residuos de pota se disolvió en agua ultrapura (10% p-v, g harina/mL agua) en un vaso de 100 mL y se emplearon las condiciones (temperatura, tiempo y pH) de cada corrida según el modelo Box Behnken, con agitación a 600 rpm. Se ajustó el pH con HCl 1N, NaOH 1N, y la relación enzima flavourzima/substrato que se empleó fue de 0.3 Anson Unit (AU)/g harina. Pasado el tiempo de hidrólisis, se inactivó la enzima a 80°C por 15 minutos. Luego, se centrifugó el hidrolizado a 10,000 rpm por 10 min para conseguir la separación del sobrenadante del precipitado o sólido. El sobrenadante, (proteína hidrolizada de residuos de pota, PHRP) se separó por filtración y se guardó en tubos de ensayo de 15 ml para su análisis posterior.

Para calcular el grado de hidrolisis se calculó a través de la determinación de grupos aminos libres en reacción con ácido 2,4,6-trinitrobenzensulfónico (TNBS), (Chasquibol et al., 2023). Se tomó una alícuota de 50 mL del hidrolizado, en un tubo de ensayo de 15 mL, se añadió 1.9 mL de dodecil sulfato de sodio (SDS) (1%) hasta completar 2 mL de solución, se agitó por 30 segundos en un equipo vortex. El mismo procedimiento se realizó para la muestra control sin la enzima flavourzima. Las diluciones se prepararon en base a la siguiente relación y se determinaron por triplicado:

$$100 \mu\text{L Control} + 150 \mu\text{L SDS (1\%)} = 250 \mu\text{L solución}$$

$$25 \mu\text{L Hidrolizado} + 225 \mu\text{L SDS (1\%)} = 250 \mu\text{L solución}$$

A estas disoluciones se agregaron 250 mL de SDS (1%) (Blanco), este proceso se realizó para cada una de las 30 corridas. A las cuales se les añadió 2 mL del tampón fosfato de sodio (Na_3PO_4 , 0.2125M, pH = 8.2) y 2 ml de TNBS, e inmediatamente se agitó por 30 segundos y se llevó a baño maría por 50°C a 60 min. Transcurrido el tiempo se retiró del baño, se agregó 4 mL de HCl y se guardó a oscuras por 10 min. Se tomó una muestra de cada solución y se leyó su absorbancia en un espectrofotómetro (UV 1280 Vis Spectrophotometer Shimadzu, Kyoto, Japón) a una longitud de onda de 420 nm. La ecuación para obtener el grado de hidrólisis (%GH) fue:

$$\%GH = \frac{AN_2 - AN_1}{N_{pb}}$$

Donde, AN_1 es la cantidad de grupos aminos libres en la proteína del sustrato antes de ser hidrolizado (control) (mEq-NH₂/g proteína), AN_2 es la cantidad de grupos aminos libres en la proteína del sustrato después de ser hidrolizado (mEq-NH₂/g proteína), y N_{pb} es la cantidad de nitrógeno formado en los enlaces péptidos del sustrato de proteína (mEq-NH₂/g proteína) (Chasquibol et al., 2023). Para calcular N_{pb} se utilizó el método de Chasquibol et al. (2023), donde se determinó el contenido total de proteína usando un equipo Kjeldahl (UDK 139, VELP, Usmate Velate. Italia):

$$N_{pb} = \%Nitrógeno \times 6.25$$

Con la metodología descrita, se procedió a determinar el grado de hidrólisis para cada una de las 30 corridas experimentales del diseño Box-Behnken de metodología de superficie de respuesta.

Los datos obtenidos se procesaron con el software Minitab 19, usando la MSR con el diseño Box-Behnken para obtener los parámetros óptimos del grado de hidrólisis (Tabla 1.2). Todos los términos tienen un valor p (P-Value) inferior o igual a $\alpha = 0.05$, por lo tanto, tienen un grado de relación entre ellos; es decir, las tres variables, temperatura, tiempo y pH, influyen en el grado de hidrólisis (variable de respuesta). Sin embargo, no existe una asociación entre el tiempo y el pH (Tiempo*pH), por lo tanto, no tiene un impacto en la modelo cuadrática de optimización. De igual forma, el coeficiente de determinación, R^2 (92.65%), el coeficiente de determinación ajustado, R^2_{ajust} (89.35%), y el coeficiente de determinación predictivo, R^2_{pred} (81.28%), muestran un grado de relación entre el modelo y la variable de respuesta.

Tabla 1.2

Coefficientes del diseño Box-Behnken

Variables	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	FIV
Constant	36.41	1.38	26.43	0.000	-
Temperatura	-3.468	0.844	-4.11	0.001	1.00
Tiempo	2.986	0.844	3.54	0.002	1.00
pH	-1.995	0.844	-2.37	0.028	1.00
Temperatura*Temperatura	-6.20	1.24	-5.00	0.000	1.01
Tiempo*Tiempo	-7.97	1.24	-6.42	0.000	1.01
pH*pH	-14.14	1.24	-11.39	0.000	1.01
Temperatura*Tiempo	-5.21	1.19	-4.37	0.000	1.00
Temperatura*pH	-5.54	1.19	-4.64	0.000	1.00
Tiempo*pH	-1.61	1.19	-1.35	0.192	1.00

Nota. Coef: Coeficiente, SE Coef: Error estándar del coeficiente, FIV: Factor de inflación de la varianza.

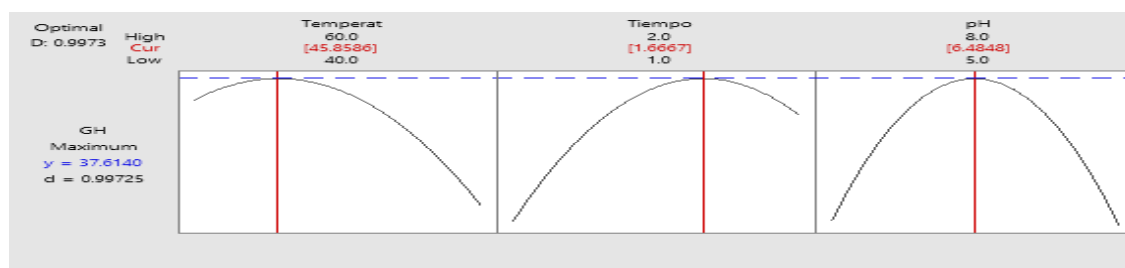
Los variables de respuesta se relacionaron con las variables a través de la siguiente ecuación cuadrática de segundo grado:

$$GH(\%) = -658.0 + 9.82\text{Temperatura} + 167.7\text{Tiempo} + 102.04\text{pH} - 0.062\text{Temperatura} \\ * \text{Temperatura} - 31.87\text{Tiempo} * \text{Tiempo} - 6.284\text{pH} * \text{pH} - 1.043\text{Temperatura} \\ * \text{Tiempo} - 0.3694\text{Temperatura} * \text{pH} - 2.15\text{Tiempo} * \text{pH}$$

Finalmente, los parámetros óptimos (Figura 1.3) obtenidos a través del diseño Box-Behnken fueron: temperatura (45.86 °C), tiempo (1.67h), y pH (6.48), con un grado de hidrólisis de 37.61%. Por consiguiente, los parámetros optimizados para la hidrólisis de residuos de pota fueron los siguientes: 46 °C, 1.40 min y pH 6.5.

Figura 1.3

Parámetros óptimos obtenidos del diseño Box-Behnken



Obtención de la proteína hidrolizada

La harina de residuos de pota se disolvió en agua ultrapura (10% p-v, g harina/mL agua) en un biorreactor (TEC-BIO-FLEX-II, Tecnal, Sao Paulo, Brasil) de capacidad de 2 L, para extraer una mayor cantidad de proteína hidrolizada. Los parámetros optimizados que se emplearon fueron: 46 °C, 1:40 min y pH de 6.5. Se ajustó el pH con HCl 1N, NaOH 1N, y la relación enzima flavourzima/substrato que se empleó fue de 0.3 Anson Unit (AU)/g harina. Pasado el tiempo de hidrólisis, se inactivó la enzima a 80°C por 15 minutos. Luego, se centrifugó el hidrolizado a 10,000 rpm por 10 min y se filtró para conseguir la separación del sobrenadante del precipitado o sólido. El sobrenadante, (proteína hidrolizada de residuos de pota, PHRP) se secó por atomización (spray-drying) en un equipo Büchi B-290 (Buchi Labortechnik AG, Flawil, Suiza) con un 91 diámetro de boquilla de 0.7 mm, flujo de aire de 55 m³/h, presión de aire a 50 mbar, temperatura de salida de 90 °C, y flujo de alimentación de 55 mL/min. La harina de PHRP se conservó en bolsas de aluminio, herméticamente cerradas, y se guardó para su posterior análisis y empleo en las formulaciones de los snacks. El rendimiento del proceso de la obtención de la proteína hidrolizada de los residuos de pota (PHRP) fue del 26.82%.

Componente 2: Diseño del producto extruido alto en proteínas hidrolizadas de residuos de pota

El snack extruido se desarrolló con la inclusión de PHRP, en diferentes porcentajes: 2, 4, 6 y 10% siguiendo la metodología desarrollada por Espinoza et al. (2021). Estas formulaciones se compararon contra una muestra control, al cual no se añadió PHRP. El propósito de la muestra de control fue para comparar el efecto de la PHRP en las formulaciones y en sus diferentes propiedades nutricionales, físicas y químicas, así como, el

impacto que tendría el incremento de PHRP en el análisis sensorial (Roldán et al., 2022). Todos los ingredientes adicionales fueron comprados en tiendas mayoristas locales, buscando asegurar el grado de calidad e inocuidad que requiere la NTP 209.226:1984 (Revisada el 2016).

Para establecer diferencias significativas, se evaluaron las formulaciones con un Diseño Completamente al Azar (DCA) (Tabla 1.3) con un nivel de significancia del 95%, así como para establecer diferencias entre pares se empleó el modelo estadístico de Tukey al 95% de significancia (Espinoza et al., 2021).

Tabla 1.3.

Diseño completamente al azar para el desarrollo de snacks rico en proteína hidrolizada de residuos de pota.

Formulación	C	M1	M2	M3	M4
Repetición 1	X _{e1}	X _{M11}	X _{M21}	X _{M31}	X _{M41}
Repetición 2	X _{e2}	X _{M12}	X _{M22}	X _{M32}	X _{M42}
Repetición 3	X _{e3}	X _{M13}	X _{M23}	X _{M33}	X _{M43}

Nota. Adaptado de “Elaboración de snack extruido a partir de cereales y concentrado de proteína de pota (*dosidicus gigas*) y determinación de su vida útil”, C. K. Espinoza et al, 2021, *nales Científicos*, 82 (1).

El modelo se ajustó a la siguiente ecuación:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde Y_{ij} es la variable aleatoria que representa la observación j -ésima del i ésimo tratamiento (nivel i -ésimo del factor). μ es un efecto constante, común a los niveles, denominado media global, o efecto de la media general. τ_i es la parte de Y_{ij} debida a la acción del nivel i -ésimo, que serán común a todos los elementos sometidos a ese nivel del factor, es decir efecto del tratamiento i -ésimo. ε_{ij} es el efecto del error experimental asociado a la i -ésima unidad experimental (Espinoza et al., 2021).

En base al diseño completamente al azar se formularon cuatro muestras con diferentes cantidades de PHRP, harinas de maíz, arroz y cañihua (Tabla 1.4) y una muestra control sin PHRP. Los ingredientes de cada muestra se homogeneizaron utilizando una batidora planetaria (FPSTSMPL1-053, Oster, Guangdong, China) y se conservaron en bolsas aluminizadas a temperatura ambiente.

Table 1.4

Formulaciones de snack extruidos

Formulaciones	Harina de maíz (%)	Harina de arroz (%)	Harina de cañihua (%)	PHRP (%)
Control	55	30	15	-
SE1	55	26	15	4
SE2	55	24	15	6
SE3	55	22	15	8

Nota. SE = Snacks Extruidos. PHRP = Proteína hidrolizada residuos de pota

Proceso de extrusión

El proceso de extrusión se realizó en un extrusor de doble tornillo Modelo SLYE32-II (Saibainuo, China) a escala de planta piloto a 400 rpm de velocidad de los tornillos. Las temperaturas del proceso de extrusión fueron 60, 90, 120 y 150° C. Las muestras y la muestra control se alimentaron ($498,76 \pm 0.01$ g a $502,34 \pm 0,01$ g) al extrusor a una velocidad de 200 g/min. La boquilla de salida del extrusor fue de 5 mm. Los productos extruidos se almacenaron en condiciones ambientales (25° C, HR = 65%) en bolsas de polietileno para su posterior análisis. Todos los parámetros de extrusión se controlaron durante el proceso (Roldán et al., 2022). Por otra parte, el rendimiento del proceso de extrusión fue en promedio de 82.31%, siendo el más alto en el SE1 (84.86%) y el más bajo en SE2 (79.95%). Esto fue ocasionado por el acondicionamiento y limpieza del extrusor; el cual se realizó con la harina de la formulación que se desarrolló; ocasionando disminución en el rendimiento y afectando en la calidad del snack, al no expandirse lo suficiente y/o se obtuvo el snack mezclado con pequeñas cantidades de la formulación anterior, perdiendo rendimiento del proceso en total.

Componente 3: Evaluación de las características de calidad fisicoquímicas, sensorial y microbiológico

Este componente se desarrolló para evaluar las características de calidad fisicoquímicas, sensorial y microbiológico y asegurar la inocuidad del snack; del mismo modo, para evaluar las propiedades del producto final y comparar con la literatura resultados similares. Este componente se realizó según el cumplimiento de la **Norma Técnica Peruana. NTP 209.226:1984, Revisada en 2026.**, el cual establece los requisitos para los snacks extruidos y los define como aquellos que se obtienen de una mezcla de materias primas previamente tratadas y que son sometidas a un proceso de extrusión.

Caracterización física

a. Índice de Expansión (IE)

El índice de expansión (IE) fue determinado dividiendo el diámetro de 15 snacks extruidos escogidos al azar por el diámetro de la boquilla de salida del extrusor, el cual fue de 5 mm (Roldán et al., 2022). El IE es importante porque tiene influencia directa en la textura del snack, a mayor IE, más suave es el snack, a menor IE, más crocante (mayor dureza) es el snack (Roldán et al., 2022).

$$IE = \frac{\text{Diámetro snack}}{\text{Diámetro boquilla}}$$

b. Densidad

La densidad fue determinada usando un grano de un cereal (quinua) por el método de desplazamiento (Roldán et al, 2022). Se pesaron 20 g de granos de quinua y fueron agregados a una probeta de 100 mL con agua, midiendo el desplazamiento de este en volumen (V1). Se repitió este proceso con 20 g de snacks (P1) y se midió de nuevo el volumen (V2). La densidad fue calculada de la siguiente manera:

$$\text{Densidad} = \frac{V2 - V1}{P1}$$

De igual forma, Espinoza (2017) resalta que la densidad es una propiedad importante para tener en cuenta para el desarrollo del producto comercial porque los productos no se envasan por volumen, sino por peso, teniendo una influencia directa en el tipo de packaging que se tendría que usar.

c. Índice de Absorción de Agua (IAA)

Se colocó 1 gramo del snack extruido en un tubo de centrifuga con 50 mL de agua destilada, dejándolo reposar por 30 minutos a temperatura ambiente (20°C) y se centrifugó por 15 minutos a 4000 rpm usando una centrifuga (HettichZentrifugen-Mikro, Alemania) (Roldán et al. (2022)). El IAA es el peso del gel obtenido luego de remover el sobrenadante por unidad de peso de sólidos secos originales. Las mediciones se realizaron por triplicado. El IAA es importante porque es un indicador del grado de gelatinización de la harina al momento de la extrusión, e indirectamente, también es un indicador de la expansión de la harina en la etapa de cocción (Suthart et al., 2021).

$$IAA = \frac{\text{Peso del gel}}{\text{Peso de muestra seca}}$$

Con ello, los valores que se esperaban para el IE es que sea mayor o igual que 1.90 cm/cm, la densidad mayor o igual que 0.24 g/cm, y IAA mayor o igual que 4.84 g/g (Roldán et al., 2022; Suthart et al., 2021).

Determinación composición proximal

La determinación de la composición proximal (humedad, cenizas, lípidos, proteína y carbohidratos) se realizó para cumplir con las exigencias de la NTP 209.224:1984 (Revisada en 2016), los snacks pueden tener como máximo 6% de humedad y 4% de cenizas, y los requisitos de la FAO (1981) para considerar un alimento como alto en proteína, cantidad de proteína mayor al 10% en un alimento.

Por ello, la composición proximal se determinó de acuerdo con los procedimientos establecidos por la AOAC (Association of Official Agricultural Chemists) (Valenzuela-Lagarda et al., 2021; Roldán et al., 2022; Chasquibol et al., 2023). Todas las mediciones se hicieron por triplicado.

a. Humedad

La humedad de los snacks extruidos fue determinada a 110°C con peso constante de muestra en una balanza de humedad (Sartorius MA 30, Gottingen, Germany) (Chasquibol et al., 2023).

b. Cenizas

El contenido de ceniza se determinó por el método de ignición (550 °C por 72h) en una mufla (Linn High Therm, VMK-80, Germany). (Chasquibol et al., 2023).

c. Lípidos

El contenido de lípidos se determinó con hexano por 9h por el método de Soxhlet (Chasquibol et al., 2023)

d. Proteína

El total de proteína se determinó con un factor de conversión de 6.25 (%N x 6.25), usando un equipo Kjeldahl (UDK 139, VELP, Usmate Velate, Italy) (Roldán et al., 2022).

e. Carbohidratos

Los carbohidratos se determinaron por diferencia (Valenzuela-Lagarda et al., 2021).

Determinación del contenido de fenólicos totales

La importancia del contenido de fenólicos totales (CFT) es que a mayor cantidad de CFT en un alimento, mayor es su poder antioxidante, en consecuencia, tiene un mayor beneficio para la salud, porque sirve como protección contra el estrés oxidativo, previniendo enfermedades como cáncer, inflamaciones crónicas, y enfermedades virales y otros tipos de enfermedades (Luo et al., 2020). El valor esperado para el CFT es que sea mayor o igual 205.45 µg GAE/ g snack (Suthart et al., 2021).

El contenido de fenólicos totales se determinó por el método de Folin-Ciocalteu (Chasquibol et al., 2023). Una muestra de 0.2g de snack se disolvió con 8 mL de agua ultrapura y 0.5 mL de Folin-Ciocalteu, agitando la mezcla por 1 minuto. Se dejó reposando por 6 minutos, se añadieron 1.5 mL de carbonato de sodio (20%) y se dejó reposando por 30 minutos a oscuras. La absorbancia de la solución se midió a 760 nm usando un espectrofotómetro (UV 1280 Vis Spectrophotometer Shimadzu, Kyoto, Japón). Las unidades se expresaron en µg de ácido gálico equivalente (GAE)/g snack. Los análisis se realizaron por triplicado.

Evaluación de la actividad antioxidante

La actividad antioxidante de los snacks extruidos se determinó por el método de radical DPPH y por el método de radicales libres ABTS. Todos los análisis fueron realizados por triplicado. Asimismo, los métodos DPPH y ABTS han sido aprobados por el Codex Alimentario que evalúan y cuantifican la capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos (Chasquibol et al., 2021). El valor esperado para el DPPH es que sea mayor o igual que 135.42 µg Trolox/g de snack y para el ABTS que sea mayor o igual que 101.26 µg Trolox/g de snack (Suthar et al., 2021).

a. Método radical DPPH

El método de radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo) se realizó de acuerdo con el método de Chasquibol et al. (2022) con algunas modificaciones. El control ($Abs_{control}$) fue preparado con 250 µL de metanol mezclado con una solución 3.9 mL de DPPH (25 ppm) y guardado en oscuras a 25 °C. Por otra parte, se mezcló 1 g de muestra de los snacks extruidos ($Abs_{muestra}$) con 4.5 mL de una solución compuesta por metanol/ácido acético/agua (50:8:42, v/v/v), se agitó por 1 minuto y fue dejado en baño María a 80 °C por 20 minutos. Luego, se añadió una solución de 3.9 mL de radical DPPH (25ppm) y se guardó en oscuras a 25 °C. La absorbancia se midió a 517 nm en un espectrofotómetro (UV 1280 Vis Spectrophotometer Shimadzu, Kyoto, Japón). El porcentaje de inhibición del radical DPPH (I%) se calculó con la siguiente formula:

$$(I\%) = \frac{Abs_{control} - Abs_{muestra}}{Abs_{control}} \times 100$$

b. Radicales libres ABTS

El método de radicales libres ABTS (2,2-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline6-sulfonic acid)) se realizó de acuerdo con el método de Chasquibol et al. (2022), con ligeras modificaciones. 0.01, 0.05, 0.1 y 0.2 g de muestra de snacks extruidos ($Abs_{muestra}$) fueron disueltos en 290, 250, 200, 100 µL de metanol respectivamente, asimismo, se preparó un blanco ($Abs_{control}$) con 300 µL de metanol. Se agregó 1.0 mL de la solución de ABTS y se agitó por 6 minutos. Se leyó la absorbancia a 734 nm en un espectrofotómetro (UV 1280 Vis Spectrophotometer Shimadzu, Kyoto, Japón). El porcentaje de inhibición del radical libre ABTS (A%) se calculó con la siguiente formula:

$$(A\%) = \frac{Abs_{control} - Abs_{muestra}}{Abs_{control}}$$

Análisis de la digestibilidad de la proteína *in vitro*

La digestibilidad de la proteína *in vitro* se realizó de acuerdo con el método de Tinus et al. (2012) (como se citó en Chasquibol et al., 2023) con ligeras modificaciones. Todas las mediciones se realizaron por triplicado. Lo importante de esta medición es conocer la biodisponibilidad de la proteína de los snacks en el cuerpo, es decir, que cantidad de proteína ha sido asimilada por el cuerpo al momento de ingerir los snacks, se esperaba una digestibilidad mayor que 41.11% (Sutharut et al., 2021). Los resultados fueron expresados como:

$$IVPD \text{ (Digestibilidad (\%))} = 65.66 + 18.10 \times (\text{pH } 0 \text{ min} - \text{pH } 10 \text{ min})$$

Determinación del perfil de aminoácidos esenciales

La determinación del perfil de aminoácidos esenciales se realizó de acuerdo con el método de Alaiz et al. 1992 con ligeras modificaciones. El perfil de aminoácidos se determinó en un HPLC (ARC Waters HPLC Chromatograph, Milford, Massachusetts, USA), con diámetro interno de 150 mm x 3.9 mm, columna C18 de fase reversa y se cuantificó con triptófano después de una hidrólisis básica. Todas las mediciones se realizaron por triplicado.

Tiempo de vida

El tiempo de vida es el parámetro que se emplea para determinar el tiempo máximo que los componentes nutricionales, tales como compuestos fenólicos, grasa y proteínas, no se han degradado o el tiempo máximo en donde el alimento está apto para su consumo (Espinoza et al., 2021). Por ello, el tiempo de vida se determinó usando un 892 Professional Rancimat© (Metrohm, Herisau, Suiza) (Chasquibol et al., 2022). Por ende, para determinar el tiempo de vida a 25 °C, se llevó las muestras a periodos de inducción de 80, 100 y 120 °C. De igual forma, el tiempo de vida se esperaba que esté por encima de los 105 días (Espinoza et al., 2021).

Estabilidad oxidativa

La estabilidad oxidativa consiste en la determinación del índice de acidez (IA) (NTP 206.103, 2011) y el índice de peróxido (IP) (NTP 201.016, 2017) para evaluar el estado de oxidación de las muestras a temperatura ambiente. Por consiguiente, es un indicador de calidad del alimento, para demostrar que durante las operaciones unitarias que se llevaron a cabo, la grasa y componentes fenólicos no se oxidaron y la proteína no se desnaturalizó (Ezquerro-Brauer, 2019). La NTP 209.224:1984 (Revisada en 2016) indica que el IA puede ser como máximo de 0.30% de ácido oleico y para la IP como máximo de 5 meq O₂/Kg muestra sólida.

Análisis sensorial

Se tomó como población muestral un panel de 50 personas (entre estudiantes universitarios de 18 a 26 años), en donde, se decidió evaluar los atributos de la apariencia, el sabor, la textura y la aceptación de los snacks extruidos. La prueba consistió en la evaluación de los atributos evaluados en una escala hedónica de 9 valores (1 = me desagrada y 9 = me gusta mucho) (Roldán et al., 2022). El panel de cata recibió muestras completamente al azar, servidas en vasos de plástico, y estas estaban codificadas con 5 dígitos diferentes (Chasquibol et al., 2022).

NOTAS (AGRADECIMIENTOS)

Quisieramos agradecer al Laboratorio de Alimentos Funcionales, perteneciente a la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Lima, por brindarnos las facilidades y el apoyo técnico para elaborar nuestro proyecto de investigación. Asimismo, agradecer el apoyo del profesor Dr. Nicolás Francisco Salazar Medina y la profesora Dra. Nancy Ascención Chasquibol Silva, al igual que, a todo el equipo del Laboratorio de Alimentos Funcionales

REFERENCIAS

Briceño, Z. (2018). Gestión de operaciones en el proceso de producción de papa (*Dioscorea esculenta*) congelada. Informe de trabajo de suficiencia profesional de ingeniería. Proyecto PNIPA-PES-SIADE-PP-000277 37 Universidad Nacional de Santa. Chimbote, Perú. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3269>

- Carranco-Jáuregui, M., Fuente-Martínez, B., Ramírez-Poblano, M., Calvo-Carrillo, M., Ávila-González, E. (2020). Inclusión de harina de calamar gigante *Dosidicus gigas* como fuente de proteína en dietas para gallinas ponedoras. *Abanico veterinario*, 10. <https://doi.org/10.21929/ABAVET2020.14>
- Chasquibol N., Alarcón R., Gonzales B., Sotelo A., Landoni L., Gallardo G., García B., and Pérez-Camino MC. (2022). Design of Functional Powdered Beverages Containing Co-Microcapsules of Sacha Inchi P. huayllabambana Oil and Antioxidant Extracts of Camu Camu and Mango Skins. *Antioxidants* 11(8), 1420. <https://doi.org/10.3390/antiox11081420>
- Chasquibol, N., Gonzales, B.F., Alarcón R., Sotelo, A., Márquez-López, J., Rodríguez-Martin, N.M., Millán-Linares, M.C., Millán, F. & Pedroche, J. (2023). Optimisation and Characterization of the Protein Hydrolysate of Scallops (*Argopecten purpuratus*) Visceral By-Products. *Foods*, 12, 2023. <https://doi.org/10.3390/foods12102003>
- Coppola, D., Lauritano, C., Esposito, F. P., Riccio, G., Rizzo, C., & de Pascale, D. (2021). Fish Waste: From Problem to Valuable Resource. In *Marine Drugs* (Vol. 19, Issue 2). MDPI. <https://doi.org/10.3390/MD19020116>
- Espinoza, C. K., Roldán, A. D., & Martínez, O. N. (2021). Elaboración de snack extruido a partir de cereales y concentrado de proteína de pota (*Dosidicus gigas*) y determinación de su vida útil. *nales Científicos*, 82(1), 180–191. <https://doi.org/10.21704/ac.v82i1.1754>
- Ezquerria-Brauer, J. M., & Aubourg, S. P. (2019). Recent trends for the employment of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) by-products as a source of bioactive compounds with nutritional, functional and preservative applications: a review. In *International Journal of Food Science and Technology* (Vol. 54, Issue 4, pp. 987–998). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14067>
- [FAO] Food and Agriculture Organization. (2020). Base de datos de desembarques globales. FAO. FishStatJ. [Internet]. Disponible en: <https://www.fao.org/statistics/es/>
- Félix-Medina, J. V., Montes-Ávila, J., Reyes-Moreno, C., Perales-Sánchez, J. X. K., Gómez-Favela, M. A., Aguilar-Palazuelos, E., & Gutiérrez-Dorado, R. (2020). Second-generation snacks with high nutritional and antioxidant value produced by an optimized extrusion process from corn/common bean flours mixtures. *LWT*, 124, 109172. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109172>
- Fontes Zepeda, A., Domínguez Avila, J. A., Lopez Martinez, L. X., Cruz Valenzuela, M. R., Robles Sánchez, R. M., Salazar López, N. J., Ramírez Wong, B., López Díaz, J. A., Pareek, S., Villegas Ochoa, M. & González Aguilar, G. A. (2023). The Addition of Mango and Papaya Peels to Corn Extrudates Enriches Their Phenolic Compound Profile and Maintains Their Sensory Characteristics. *Waste and Biomass Valorization* 14:751–764 <https://doi.org/10.1007/s12649-022-01898-4>
- Gao, R., Yu, Q., Shen, Y., Chu, Q., Chen, G., Fen, S., Yang, M., Yuan, L., McClements, D. J., & Sun, Q. (2021). Production, bioactive properties, and potential applications of fish protein hydrolysates: Developments and challenges. *Trends in Food Science and Technology*, 110, 687–699. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2021.02.031>
- Gutiérrez Flores, L. A., Calle Grados, J. F., Guevara Pérez, R., Reátegui Quispe, A., & Solari Godiño, A. (2021). Hidrolizado de músculo de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) apto para el consumo humano características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales. *Agroindustrial Science, ISSN-e 2226-2989, Vol. 11, N°. 1 (enero - abril), 2021, págs. 47-55, 11(1), 47-55.* <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.01.06>

- Henriques, A., Vázquez, J. A., Valcarcel, J., Mendes, R., Bandarra, N. M., & Pires, C. (2021). Characterization of Protein Hydrolysates from Fish Discards and By-Products from the North-West Spain Fishing Fleet as Potential Sources of Bioactive Peptides. *Marine Drugs*, 19(6), 338. <https://doi.org/10.3390/md19060338>
- Hua, K., Cobcroft, J. M., Cole, A., Condon, K., Jerry, D. R., Mangott, A., Praeger, C., Vucko, M. J., Zeng, C., Zenger, K., & Strugnell, J. M. (2019). The Future of Aquatic Protein: Implications for Protein Sources in Aquaculture Diets. In *One Earth* (Vol. 1, Issue 3, pp. 316–329). Cell Press. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.10.018>
- [INACAL] Instituto Nacional de Calidad. (2016). Norma Técnica Peruana. NTP 209.226:1984 (Revisada 2016) 1ª Edición. Bocaditos. Requisitos. Snack Food. Requirements.
- Laso, J., Margallo, M., Serrano, M., Vázquez-Rowe, I., Avadí, A., Fullana, P., Bala, A., Gazulla, C., Irabien, Á., & Aldaco, R. (2018). Introducing the Green Protein Footprint method as an understandable measure of the environmental cost of anchovy consumption. *Science of the Total Environment*, 621, 40–53. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.148>
- Loo-Kung Baffigo, T. M., León Chang, M. J., Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura, Castellacci, A.-A., Gomez Morillo, H. J., & Ferreyros Hernando, P. (2021). *Estudio de prospectiva: la cadena de valor de la pota*. Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura. <https://repositorio.pnipa.gob.pe/handle/20.500.12864/326>
- Mutalipassi, M., Esposito, R., Ruocco, N., Viel, T., Costantini, M., & Zupo, V. (2021). Bioactive Compounds of Nutraceutical Value from Fishery and Aquaculture Discards. <https://doi.org/10.3390/foods10071495>
- Nurdiani, R., Ramadhan, M., Prihanto, A. A., & Firdaus, M. (2022). Characteristics of Fish Protein Hydrolysate from Mackerel (*Scomber Japonicus*) By- Products. *Journal of Hunan University (Natural Sciences)* , 49(1), 75–83. <http://www.jonuns.com/index.php/journal/article/view/929>
- Pariona-Velarde, D., & Barriga-Sánchez, M. (2022). Cambios sensoriales, químicos y microbiológicos durante el almacenamiento de manto de calamar gigante. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 33(5), 23307. <https://doi.org/10.15381/RIVEP.V33I5.23307>
- Popkin, B. M., Barquera, S., Corvalan, C., Hofman, K. J., Monteiro, C., Ng, S. W., Swart, E. C., & Taillie, L. S. (2021). Towards unified and impactful policies to reduce ultra-processed food consumption and promote healthier eating. *The Lancet. Diabetes & Endocrinology*, 9(7), 462-470. [http://dx.doi.org/10.1016/S2213-8587\(21\)00078-4](http://dx.doi.org/10.1016/S2213-8587(21)00078-4). PMID:33865500.
- Prabha, K., Ghosha, P., Abdullah, S., Rosmin, M., Josepha, R. K., Sandeep, S. R. & Rama C.P. 2021. Recent development, challenges, and prospects of extrusion technology. *Future Foods*. *Future Foods* 3 (2021) 100019. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100019>
- [PRODUCE] Ministerio de la Producción. (2020). Boletín del Sector Pesquero: Desenvolvimiento productivo de la actividad pesquera de diciembre 2019. [Internet]. Disponible: <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oee-documentos-publicaciones/boletines-pesca/item/diciembre-2019-boletin-del-sector-pesquero>

- Renoldi, N., Peighamardoust, S. H., & Peressini, D. (2020). The effect of rice bran on physicochemical, textural and glycaemic properties of ready-to-eat extruded corn snacks. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(7), 3235-3244. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14939>
- Roldán Acero, D., Omote-Sibina, J.R, Osorio-Lescano C.M., y Molleda Ordoñez, A. (2021). Desarrollo de un producto extruido a base de cereales y concentrado de proteína de calamar gigante (*Dosidicus gigas*). *INTROPICA*, 16 (1): 34-42 Doi: <https://doi.org/10.21676/23897864.3777>
- Roldán Acero, D., Omote-Sibina, J. R., Molleda Ordoñez, A., & Olivares Ponce, F. (2022). Desarrollo de barras nutritivas utilizando cereales, granos andinos y concentrado proteico de pota. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 24(1), 17–26. <https://doi.org/10.18271/ria.2022.383>
- Rovegno N. 2021. Pota. En: Sociedad Peruana de Derecho Ambiental, Wikipesca Perú. Plataforma colaborativa sobre la pesca en el Perú. [Internet]. Disponible en: <https://www.mardelperu.pe/pesca/13/pesquería-pota>
- Tacias-Pascacio, V. G., Castañeda-Valbuena, D., Morellon-Sterling, R., Tavano, O., Berenguer-Murcia, Á., Vela-Gutiérrez, G., Rather, I. A., & Fernandez-Lafuente, R. (2021). Bioactive peptides from fisheries residues: A review of use of papain in proteolysis reactions. In *International Journal of Biological Macromolecules* (Vol. 184, pp. 415–428). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.06.076>
- Singh, A., Putri, G. A. U., Mittal, A., Hong, H., Yesilsu, A. F., & Benjakul, S. (2022). Protein Hydrolysate from Splendid Squid (*Loligo formosana*) Fins: Antioxidant, Functional Properties, and Flavoring Profile. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 22(6). <https://doi.org/10.4194/TRJFAS21005>
- Sun, K. L., Gao, M., Wang, Y. Z., Li, X. R., Wang, P., & Wang, B. (2022). Antioxidant Peptides From Protein Hydrolysate of Marine Red Algae *Eucheuma cottonii*: Preparation, Identification, and Cytoprotective Mechanisms on H2O2 Oxidative Damaged HUVECs. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.791248>
- Sutharut Jiapong and Khanitta Ruttarattanamongkol. (2021). Development of direct expanded high protein snack products fortified with sacha inchi seed meal- *J Microbiol Biotech Food Sci / Jiapong and Ruttarattanamongkol*. 10.15414/jmbfs.2021.10.4.680-684.
- Valenzuela-Lagarda, J. L., Pacheco-Aguilar, R., Gutiérrez-Dorado, R., Mendoza, J. L., López-Valenzuela, J. Á., Mazorra-Manzano, M. Á., & Muy-Rangel, M. D. (2021). Interaction of squid (*Dosidicus giga*) mantle protein with a mixtures of potato and corn starch in an extruded snack, as characterized by ftir and dsc. *Molecules*, 26(7). <https://doi.org/10.3390/molecules26072103>

ANEXOS.

Datos del artículo publicado

- **Nombre del artículo:** Development of Extruded Snacks with Protein Hydrolysed from Jumbo Squid (*Dosidicus gigas*) by-Product and Cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*)
- **Autores:** Mateo Tapia Chasquibol & Sebastián José Marimón Ortiz
- **Co autor(es):** Nicolás Francisco Salazar Medina

Publicación en revista

- **Nombre de la revista:** Biology and life science forum
- **Volumen:** 25

- **Número:** 4
- **Año:** 2023
- **Pp:** 1 - 6
- **Enlace web donde se encuentra publicado el artículo (identificador DOI, ISBN, ISSN o equivalentes):** <https://doi.org/10.3390/blsf2023025004>

Presentación en congreso

- **Nombre del congreso:** V International Conference Ia ValSe-Food and VII Symposium Chia-Link
- **Organizador:** Ia ValSe Food Network
- **Sede:** Valencia, España
- **Año:** 2023
- **Pp:** 1 - 6
- **Enlace web donde se encuentra publicado el artículo (identificador DOI, ISBN, ISSN o equivalentes):** <https://doi.org/10.3390/blsf2023025004>

7% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 7%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 1%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.